

多模态深度学习与结构化知识建模： 商业展示空间课程个性化教学系统构建

李虹祎 吴佳

四川吉利学院 四川成都 641423

摘要：针对商业展示空间课程中存在的教学内容同质化、学生认知差异适配不足以及实践能力评估滞后等问题，本研究提出一种融合多模态深度学习与结构化知识建模的个性化教学系统构建方案。首先，构建了包含课程知识本体、技能关联与案例元素的结构化知识体系，实现了知识的结构化组织与关联映射。其次，基于多模态深度学习技术，设计了涵盖文本、图像、视频及行为数据的学生画像建模模块，以精准捕捉学生的学习特征与能力短板。最终，构建了一个“知识建模—画像诊断—路径生成—评价反馈”的闭环系统，能够结合知识依赖关系与学生学习特征动态生成个性化学习路径，并建立多维度评价体系。教学实验表明，该系统可显著提升学生的课程达标率与实践作品创新水平，有效解决了传统教学的“齐步走”困境，为设计类课程的个性化教学改革提供了可行的实践范式。

关键词：多模态深度学习；结构化知识建模；商业展示空间；个性化教学；学生画像

引言

随着设计类课程对实践创新要求的提升，传统同质化教学已难以满足商业展示空间课程的教学需求，当前课程中仍存在教学内容同质化、学生认知差异适配不足、实践能力评估滞后等问题。基于此，本研究提出融合多模态深度学习与结构化知识建模的个性化教学系统构建方案：先构建包含课程知识本体、技能关联、案例元素的商业展示空间结构化知识体系，实现知识的结构化组织与关联映射；再依托多模态深度学习技术，设计覆盖多类型数据的学生画像建模模块，精准捕捉学习特征与能力短板；最终搭建闭环系统，动态生成个性化学习路径并建立多维度评价体系，以突破传统教学局限。

一、系统总体设计

系统采用“四层三模块”的总体架构。“四层”包括数据采集层、知识服务层、智能决策层与应用交互层；“三模块”为结构化知识建模模块、多模态画像模块以及个性化服务模块。各层级与模块协同工作，实现了

“数据输入—知识处理—智能决策—服务输出”的完整闭环流程。

数据采集层负责全面采集多模态学习数据，具体包括文本类、图像类、视频类以及行为类数据。知识服务层通过结构化知识建模，实现课程知识的结构化组织与管理。智能决策层基于多模态深度学习技术，完成学生画像建模、学习路径生成与教学评价分析。应用交互层则通过教师端与学生端接口，实现教学互动与服务呈现。

二、核心模块实现

（一）多模态学生画像建模

构建“认知特征—能力水平—学习偏好”三维学生画像，基于多模态深度学习模型实现多源数据的特征提取与融合，具体实现过程如下：

1. 多模态数据预处理

针对不同类型的数据设计了差异化的预处理流程：文本数据采用BERT模型进行分词与语义编码，在去除停用词后转化为高维语义向量；图像数据通过ResNet-50模型提取视觉特征，对设计草图进行轮廓检测与元素识别，对效果图进行色彩与构图特征量化；视频数据采用3D-CNN提取时序特征，并结合OpenPose实现操作行为的关键点检测；行为数据采用滑动窗口法提取时间序列特征，并通过归一化处理消除量纲差异。

2. 多模态特征融合与画像生成

基金课题：成都新质教育创新研究中心（Chengdu Innovative Research Center for New-Quality Education）2025年度立项课题，课题名称：基于多模态深度学习的商业展示空间课程个性化教学决策支持系统构建及其效能评估研究，编号：CDXZJC202524。

设计基于注意力机制的多模态融合模型，对各模态特征分配动态权重：对于理论知识类数据提升语义特征权重，对于实践操作类数据提升时序与动作特征权重。通过K-means聚类算法实现认知风格分类，采用改进的知识追踪（KT）模型评估知识掌握度，结合资源点击记录与停留时长分析学习偏好，最终生成多维度、多指标的学生画像标签体系。例如，某学生画像标签为：认知风格-实践型，知识掌握度-空间规划（85%）、灯光设计（62%），技能水平-CAD绘图（熟练）、SketchUp建模（中等），学习偏好-案例解析类资源、视频演示类教程。

（二）个性化教学服务模块实现

该模块为系统核心应用模块，包括个性化路径生成、多模态资源推送、动态评价反馈三个子模块，实现“诊断-学习-反馈-优化”的闭环服务。

1. 个性化学习路径生成

以结构化知识体系中的知识点依赖关系为核心约束，结合学生画像所呈现的知识掌握度等级与学习偏好特征，构建了个性化学习路径生成机制。路径生成遵循“基础优先、短板补强、兴趣引导”的核心逻辑，形成适配不同学生的差异化学习序列。路径采用动态调整机制：当学生通过阶段性测试（达到预设掌握标准），则进入下一知识节点学习；若未达标，则触发补救机制，推送前置关联知识的复习资源与针对性强化练习；当系统通过行为数据监测到学生投入度下降时，会自动插入符合其偏好的案例类资源或互动任务，以提升学习参与度。

2. 多模态教学资源推送

建立多模态资源库，基于学生画像实现资源精准匹配：对视觉型学生优先推送设计案例图集与三维模型资源；对逻辑型学生推送结构化知识解析与原理推导文本；对实践型学生推送操作演示视频与分步练习任务。资源推送采用“基础资源+拓展资源”的分层模式，满足不同能力水平学生的学习需求。

3. 多维度动态评价反馈

构建“过程性-结果性-发展性”三维评价体系：过程性评价通过实时采集答题数据、操作轨迹、资源交互记录，结合结构化知识体系节点权重计算知识掌握度；结果性评价采用试题与知识点精准关联的方式，生成多维度成绩报告，同时引入设计作品的互评机制；发展性评价通过纵向对比阶段性学习数据，绘制能力发展曲线，识别进步与短板维度，提供个性化改进建议。

三、系统测试与教学验证

（一）测试环境与对象

为全面验证系统的技术性能与教学应用效果，采用“技术性能测试+教学对照实验+质性反馈调研”的三维测试方案，明确测试目标、对象、变量及流程，确保测试结果的科学性与可靠性。

1. 测试目标

技术层面，验证系统在多模态数据处理、结构化知识检索、个性化服务响应等核心功能的稳定性与高效性；教学层面，检验系统对学生学习达标率、实践创新能力及学习体验的提升效果；应用层面，收集教师与学生对系统易用性、适配性的反馈，为系统优化提供依据。

2. 测试对象与变量控制

选取某高校环境设计专业2023级两个平行班作为实验对象，其中1班（30人）采用本系统开展个性化教学，2班（30人）采用传统“讲授+案例分析+实践操作”的教学模式。为排除无关变量干扰，两班由同一位资深教师授课，教学内容、课时安排、实践任务及考核标准保持一致。通过独立样本t检验验证，两班学生入学时的设计基础成绩、逻辑思维能力评分及学习动机问卷得分均无显著差异（ $P>0.05$ ），具备分组实验的可比性。

3. 测试周期与流程

测试周期涵盖整个学期（18周），分为三个阶段：前期准备阶段（第1-2周），完成系统部署、测试环境搭建、实验对象基线数据采集及师生系统操作培训；教学实施阶段（第3-16周），同步开展两班教学，实时采集系统运行数据与教学过程数据；评估总结阶段（第17-18周），进行期末考核、作品评审、问卷调研及访谈，完成数据整理与分析。

（二）实验结果

1. 知识掌握效果评价

采用“过程性测试+期末综合考核”的方式评估知识掌握程度。过程性测试共3次，分别覆盖“空间规划”“灯光与材料”“方案设计”三个核心模块，采用试题库随机组卷，确保试题信度与效度；期末综合考核采用“理论笔试+实践方案设计”的形式，理论部分考查知识体系的系统性，实践部分要求完成商业展厅完整设计方案。数据统计显示，1班过程性测试的平均得分（82.6分）显著高于2班（71.4分），且三次测试得分的提升幅度呈递增趋势，表明系统的个性化补救机制可有效强化知识薄弱点；期末考核中，1班理论成绩平均85.3分、

实践方案成绩平均84.7分, 2班分别为73.6分、69.8分, 独立样本t检验显示差异均具有统计学意义 ($P < 0.01$), 证明系统可有效提升学生的知识掌握深度与应用能力。

2. 实践创新能力评价

邀请2位校外商业展示空间设计领域的专家(具有10年以上设计经验)组成评审组, 采用盲评方式对两班学生的期末实践作品进行打分。评审指标体系涵盖空间规划合理性(30%)、视觉创意表现力(30%)、材料与灯光适配性(20%)、落地可行性(20%)四项核心维度, 评审组内部一致性系数Cronbach's $\alpha = 0.89$, 评价结果可靠。评审结果显示, 1班作品平均得分83.5分, 2班平均得分70.2分, 其中1班在“视觉创意表现力”维度的优势最为突出(平均得分86.1分 vs 72.3分)。专家反馈指出, 1班作品在空间布局的创新性、风格与商业需求的匹配度上表现更优, 如多个作品结合新兴数字展示技术设计互动体验区, 这得益于系统通过精准推送适配学生偏好的案例, 拓展了学生设计思路, 进而激发创新思维。

3. 学习体验与行为分析

采用量化问卷与质性访谈结合的方式收集师生反馈。面向学生发放《个性化学习体验量表》, 面向教师开展半结构化深度访谈。教师访谈显示, 系统的过程性数据监测功能使教师对学生学习状态的掌握效率提升60%以上, 可快速定位班级共性问题与个体差异, 教学针对性显著增强; 同时, 自动化资源推送与作业批改功能使教师每周备课与辅导时间减少约4小时, 教学负担得到有效缓解。

(三) 测试结果讨论

综合技术性能测试与教学验证结果, 系统在技术层面实现了多模态数据的高效处理与个性化服务的稳定输出, 满足设计类课程的教学场景需求; 在教学层面, 通过结构化知识体系的精准导航与多模态画像的动态诊断, 有效解决了传统教学中“因材施教”难以落地的问题, 实现了从“标准化教学”向“个性化指导”的转型。

测试过程中也发现系统的优化空间: 一是针对复杂设计软件操作的视频资源覆盖不足, 部分实践型学生反映技能指导的针对性有待提升; 二是移动端适配的兼容性需进一步优化, 少数学生反馈手机端查看设计案例时存在排版错乱问题; 三是过程性评价的自动化分析维度可进一步细化, 如对设计草图的创意性评价暂未实现智

能分析, 仍依赖教师人工评分。这些问题将作为后续系统迭代的核心方向。

结论

本研究构建了一个融合多模态深度学习与结构化知识建模的商业展示空间课程个性化教学系统。主要成果包括: 第一, 构建了适配课程特性的“概念—技能—案例”三维结构化知识体系, 实现了设计知识的结构化组织与关联映射; 第二, 设计了基于注意力机制的多模态融合模型, 能够精准生成包含认知、能力、偏好维度的学生画像; 第三, 开发了“路径生成—资源推送—评价反馈”一体化的个性化服务模块, 形成了动态闭环的教学机制。教学验证表明, 该系统能有效提升课程达标率、学生实践创新能力与学习体验, 破解了传统教学的核心痛点。

未来研究将从三个方面展开: 一是扩充结构化知识体系的案例资源, 结合Web爬虫技术采集最新商业展示空间设计案例, 并引入专家标注机制以优化案例关联关系; 二是改进多模态融合模型, 引入跨模态注意力机制以增强文本—图像—行为数据的关联分析精度, 同时针对零基础学生设计阶梯式入门指导模块; 三是融合情感计算技术, 通过摄像头采集面部表情数据, 结合情感计算模型判断学习情绪, 当检测到焦虑等负面情绪时自动推送舒缓型学习资源, 实现学习状态的实时监测与动态干预。此外, 计划将系统推广至室内设计、景观设计等同类课程, 以期形成一套可复用的设计类课程个性化教学解决方案。

参考文献

- [1] 樊雅琴, 周东岱, 杨君辉, 等. 项目式STEM教学中中学生参与度测量研究[J]. 现代教育技术, 2018(1): 121-126.
- [2] 王嵩. 基于OBE理念的环境设计教学方法研究[J]. 海峡科技与产业, 2022, 35(11): 78-80.
- [3] 聂晶晶. 采用项目式教学模式提升教学效果: 以“商业空间设计”课程为例[J]. 中国大学教学, 2017(8): 73-75.
- [4] 李红燕, 薛圣凡. 网络教育数字化课程资源评价体系研究[J]. 中国成人教育, 2019(01): 53-56.