

The empirical study of the application effect of visualized teaching tools in logistics practical courses

Jie Yuan Jun Wang Nan Yang Yanli Qiu

Jinshan Vocational and Technical College, Zhenjiang, Jiangsu, 212299, China

Abstract

This research, based on the cognitive load theory and the dual-coding theory, constructs an evaluation system with three dimensions of cognitive load, mastery, and learning motivation, and systematically examines the application effects of three types of visualization tools, namely, animation simulation, 3D modeling, and real shooting video, in logistics training course through a comparative experiment method. The findings show that animation simulation significantly reduces cognitive load (NASA-TLX score decreased by 19.3%) through dynamic demonstration 3D modeling improves the learning effect of spatial cognitive tasks (37.2%) with the help of spatial disassembly function, and real shooting video enhances the mastery of operational (attention concentration increased by 41.5%) with the help of real scene reproduction. The research provides theoretical basis and practical path for the "precision visualization" of logistics training.

Keywords

Logistics training visualization tool; Application effect empirical; Evaluation system

可视化教学工具在物流实训课程中的应用效果实证研究

袁杰 王军 杨楠 仇妍荔

金山职业技术学院, 中国·江苏 镇江 212200

摘要

本研究基于认知负荷理论与双重编码理论, 构建包含认知负荷、技能掌握度、学习动机三维度的评价体系, 通过对比实验法系统考察动画模拟、3D建模、实拍视频三类可视化工具在物流实训课程中的应用效果。研究发现: 动画模拟通过动态演示显著降低认知负荷(NASA-TLX得分降低19.3%), 3D建模凭借空间拆解功能提升空间认知类任务学习效果(37.2%), 实拍视频借助真实场景还原增强操作细节掌握(注意力集中度提升41.5%)。研究为物流实训课程的“精准可视化”提供理论依据与实践路径。

关键词

物流实训可视化工具; 应用效果实证; 评价体系

1 绪论

物流行业的智能化转型对人才培养提出新要求。据行业报告显示, 智能物流市场规模年均增速达18%, 但高职物流实训教学仍面临显著困境。

可视化教学工具通过“动态呈现、多维度表征”的特性, 为破解上述难题提供了新思路。动画模拟可分解操作流程, 3D建模能展现空间关系, 实拍视频可还原真实场景。然而, 现有研究多聚焦工具的技术实现, 对其教学效果的系统性评估仍显不足: ① 缺乏适配物流实训的评价指标体系; ② 不

同可视化形式的适用场景未明确; ③ 工具呈现方式与学生认知规律的匹配机制不清。

2 研究理论框架

本研究构建了“三维理论分析框架”:

认知负荷理论作为核心指导框架, 强调教学设计需平衡认知资源的分配。教学过程中的认知负荷可分为内在负荷(由学习材料复杂性决定)、外在负荷(由教学设计不当引起)和相关负荷(促进图式建构的认知活动)。动画模拟通过动态演示将复杂操作分解为序列化步骤, 有效降低外在负荷。

双重编码理论为本研究的多模态设计提供理论支撑。

双重编码理论指出, 人类认知系统包含言语和非言语两个独立但相互关联的子系统。在物流实训教学中, 单纯的语言或视觉信息传递效率有限, 而动画模拟通过动态图形与同步语音解说相结合, 3D建模通过三维可视化与数据标注的叠加, 实拍视频通过真实场景与字幕提示的联动, 均实现了视觉符

【基金项目】2023年江苏省高校哲学社会科学研究一般项目(项目编号: 2023SJYB2250)

【作者简介】袁杰(1984-), 男, 中国江苏镇江人, 本科, 副教授, 从事工商管理研究。

号与语言符号的双重编码，从而增强记忆留存率。

自我决定理论（SDT）则为学习动机激发提供框架。SDT 强调自主性、胜任感和关联性是内在动机的三大核心要素。动画模拟的交互式进度控制（如自主调节播放速度）、3D 建模的虚拟试错功能（如允许重复调整货架布局）、实拍视频的专家点评环节（如穿插行业导师解说），均从不同维度满足学习者的自主选择需求，提升其胜任感知，进而增强持续学习的动力。

3 研究步骤与实施

3.1 评价指标体系构建

本研究结合认知负荷理论（CLT）与双重编码理论（DCT）构建三维评价体系。一级指标涵盖认知负荷（权重 35%）、技能掌握度（权重 40%）、学习动机（权重 25%），下设 12 个二级指标。指标开发历经三轮专家论证（含 5 位物流教育专家、3 位企业培训师），采用德尔菲法进行指标筛选，最终保留 Kendall 协调系数 $W=0.68$ ($p < 0.01$) 的指标组合。

3.2 实验设计与实施

选取 120 名学生为研究对象，采用分层随机抽样法按前测成绩均等分配至 4 组：

A 组（动画模拟组）：30 人（男 18/女 12），学习“叉车操作”模块（含转向、堆高、避障等 12 项核心技能）

B 组（3D 建模组）：30 人（男 16/女 14），学习“仓库布局设计”模块（含货架排列、通道规划、设备摆放等 8 项任务）

C 组（实拍视频组）：30 人（男 17/女 13），学习“港

口集装箱装卸”模块（含岸桥操作、危险品处理、潮汐调整等 10 项实操内容）

D 组（传统教学组）：30 人（男 15/女 15），采用教师示范 + 静态图示教学

实验采用双盲设计，授课教师与参试学生均不知晓分组情况。实验周期为 2024 年 9 月 -11 月，每周 3 学时，共持续 8 周。

实验采用“前测 - 后测 - 延迟后测”设计，前测内容包括物流设备操作规范知识测试（和空间旋转能力测验。为控制霍桑效应，所有班级在实验期间保持原有课程安排，仅替换对应模块的教学方式。数据采集采用多元方法：认知负荷采用 NASA-TLX 量表即时测量；技能掌握度通过物流安全操作标准评分系统（0-100 分制）进行客观评定；学习动机采用改编版内在动机量表进行问卷调查。

4 实证结果与分析

4.1 评价指标体系验证

通过预实验检验，三维评价体系累计方差贡献率达 78.6%，各维度因子载荷均 > 0.5 。其“认知负荷”维度下“信息筛选效率”（ $\lambda=0.83$ ）和“心理努力程度”（ $\lambda=0.79$ ）载荷最高；“技能掌握度”维度中“异常处理能力”（ $\lambda=0.87$ ）和“操作规范性”（ $\lambda=0.85$ ）表现突出；“学习动机”维度“自我决定感”（ $\lambda=0.81$ ）和“任务沉浸度”（ $\lambda=0.78$ ）相关性最强。验证性因子分析（CFA）显示模型拟合指数 $\chi^2/df=2.15$, GFI=0.91, AGFI=0.88，表明指标体系具有良好结构效度。

4.2 不同可视化工具的教学效果

各组教学效果对比分析见表 3。

表 3 各组教学效果对比分析（M ± SD）

指标	A 组（动画组）	B 组（3D 组）	C 组（视频组）	D 组（传统组）	F 值	p 值
NASA-TLX 总分	32.4 ± 6.7	35.8 ± 5.9	38.6 ± 6.4	40.1 ± 7.2	18.32	< 0.001
异常处理正确率	92.3 ± 4.1	85.7 ± 6.3	88.6 ± 5.8	78.6 ± 6.5	24.57	< 0.001
空间利用率	83.2 ± 7.1	85.7 ± 6.3	79.4 ± 8.6	67.4 ± 8.2	12.34	< 0.001
注意力集中度（%）	41.2 ± 5.8	38.9 ± 6.1	29.4 ± 7.3	24.7 ± 8.1	35.67	< 0.001
自我决定感	4.2 ± 0.6	3.9 ± 0.7	3.8 ± 0.8	3.4 ± 0.9	19.82	< 0.001

4.2.1 认知负荷维度

ANOVA 分析显示，动画模拟组 NASA-TLX 总分（32.4 ± 6.7）显著低于传统组（40.1 ± 7.2， $p < 0.01$ ），其中“心理努力”（ $p=0.008$ ）和“时间需求”（ $p=0.012$ ）维度差异最显著。眼动数据显示，动画组平均注视时间（2.1s）显著短于传统组（3.4s， $p < 0.001$ ），且热点区域集中分布在操作区域（占比 68.3%）。访谈中 83% 的动画组学生表示“动态分解步骤降低了记忆负担”。

3D 建模组 NASA-TLX 总分（35.8 ± 5.9）虽低于传统组，但仅“空间规划效率”维度存在显著差异（ $p=0.047$ ）。空间认知任务完成时间显示，3D 组平均耗时（18.6 ± 2.4min）较传统组（24.3 ± 3.1min）缩短 23.5%，虚拟调整货架位置

操作成功率提升 37.2%。

值得注意的是，实拍视频组 NASA-TLX 总分（38.6 ± 6.4）反而高于动画组（ $p=0.031$ ），主要源于“信息过载”问题。眼动数据显示，视频组扫视次数（127 ± 18 次/分钟）显著高于动画组（92 ± 14 次/分钟， $p < 0.001$ ），且冗余信息区（如背景环境）注视时间占比达 32.7%。

4.2.2 技能掌握度维度

操作考核成绩显示：

动画模拟组在“异常处理”（92.3 ± 4.1 vs 78.6 ± 6.5）和“应急反应”（89.4 ± 5.2 vs 75.3 ± 7.1）得分显著优于传统组（ $p < 0.01$ ）。

3D 建模组在“空间利用率”（85.7 ± 6.3 vs 67.4 ± 8.2）

和“设备协同性” (82.1 ± 7.5 vs 69.8 ± 9.1) 表现最佳。

实拍视频组“操作流程熟练度” (88.6 ± 5.8) 虽高于传统组 (81.2 ± 6.9 , $p=0.021$), 但在“安全规范执行” (74.5 ± 8.3 vs 79.8 ± 7.6) 出现显著倒退。

结构方程模型显示, 可视化工具通过“多模态信息呈现” ($\beta=0.38$) 和“交互反馈机制” ($\beta=0.29$) 间接提升技能掌握度, 其中 3D 建模的中介效应值最大 ($ab=0.46$)。

4.2.3 学习动机维度

内在动机量表得分显示:

动画模拟组内在兴趣 (4.2 ± 0.6) 和探索意愿 (4.1 ± 0.7) 显著高于其他组 ($p < 0.001$);

3D 建模组自我效能感 (4.0 ± 0.5) 提升最明显, 虚拟试错功能使 91% 学生愿意尝试高风险操作;

实拍视频组专注度 (3.8 ± 0.8) 虽高于传统组 (3.4 ± 0.9 , $p=0.045$), 但受制于单向传播模式, 参与动机未达预期。

访谈揭示关键差异: 动画组的趣味性设计 (如虚拟奖励系统) 使学习时长延长 27%, 而实拍视频组 42% 学生反映“长时间观看产生视觉疲劳”。

4.2.4 眼动数据深度解析

热力图分析显示:

动画组注意力分布呈“U 型曲线”, 关键步骤 (如叉车转弯) 注视时间占比达 41.2%

3D 组呈现“辐射状”热点, 货架调整区域与安全标识区交互频次比达 3:1

视频组出现“注意力衰减现象”, 前 5 分钟注视强度为 92%, 至第 20 分钟降至 61%

注视轨迹追踪表明, 动画组平均注视路径长度 (12.3 ± 1.8 节点) 显著短于传统组 (18.6 ± 2.4 节点, p

< 0.001), 表明可视化工具有效优化认知加工效率。

5 结论与建议

5.1 研究结论

1. 工具适用性: 动画模拟更适合“操作技能类”内容, 3D 建模适用于“空间认知类”内容, 实拍视频适用于“真实场景类”内容;

2. 效果优化路径: 关键步骤动态标注、多视角切换、信息精简可显著提升注意力集中度与技能掌握度;

3. 评价体系验证: 构建的“三维十二维”指标体系能有效评估可视化教学效果, 为后续研究提供工具支撑。

5.2 研究局限与展望

本研究样本限于单一院校, 后续可扩大地域覆盖范围; 未涉及长期效果跟踪 (如 6 个月后技能保持率), 需进一步探索可视化教学的迁移效应。建议未来结合生成式 AI 技术开发“自适应可视化工具”, 根据学生认知水平动态调节标注密度与呈现方式, 推动物流实训教学向“精准化、智能化”升级。

参考文献

- [1] 王磊, 李芳. 虚拟仿真技术在物流仓储实训课程中的应用效果研究[J]. 物流技术, 2022, 41(3): 89-94.
- [2] 张伟, 陈雨欣. 基于 AR 技术的物流运输路线规划实训教学效果实证研究[J]. 教育现代化, 2023, 10(22): 156-161.
- [3] 刘洋, 赵晓雯. 数字孪生驱动下物流实训课程的教学效果研究[J]. 物流工程与管理, 2021, 43(6): 123-127.
- [4] 周明, 吴丹. 3D 可视化教学工具在物流配送实训中的应用效果分析[J]. 现代商贸工业, 2022, 43(18): 178-181.
- [5] 孙悦, 刘浩. 混合现实 (MR) 技术在物流实训中的应用效果实证研究[J]. 中国职业技术教育, 2023(28): 56-62.