

游戏化编程教学应用效果的元分析—基于 30 篇实验设计的相关研究文献

A Meta-analysis of the Application Effects of Gamified Programming Teaching: Based on 30 Related Research Literatures with Experimental Designs

杨凡¹, 田娜¹

¹ 江南大学人文学院

【摘要】 已有研究表明, 在游戏化编程教学中, 通过构建具有情境性的学习环境以及利用游戏元素(积分、排行榜)等使学习者处于高度专注的状态, 进而提升问题解决能力。但是也有研究表示游戏化编程教学最终的学习效果也没有非常显著。因此, 本研究采用元分析方法, 综合分析了 30 篇国内外采用实验设计的相关文献, 对这一问题进行了实证验证。结果显示, 游戏化教学对编程学习效果具有中等程度的正向影响, 尤其是学习动机和计算思维。研究建议推广个性化游戏编程同伴、加强跨学科游戏编程项目开发、建构健康竞争机制与多元化评价以加快推进编程教育实践。

【关键词】 游戏化教学, 编程, 元分析

Abstract: Previous studies have shown that in gamified programming education, constructing context-rich learning environments and incorporating game elements (e.g., points, leaderboards) can help learners achieve high levels of focus and enhance problem-solving abilities. However, some research also indicates that the final learning outcomes of gamified programming instruction are not always significantly improved. Therefore, this study employed a meta-analytic approach to synthesize 30 relevant studies using experimental designs from both domestic and international sources, providing empirical validation of this issue. The results demonstrated that gamified instruction has a moderate positive effect on programming learning outcomes, particularly in terms of learning motivation and computational thinking. The study recommends promoting personalized gamified programming peer interactions, strengthening interdisciplinary gamified programming project development, and establishing healthy competition mechanisms with diversified assessment to accelerate the implementation of programming education practices.

Keywords: Gamified teaching, programming, Meta-analysis

1. 研究问题的提出

游戏化学习作为一种寓教于乐的教学方式, 在教育领域一直都受到广泛关注。大量的教育实证研究表明, 游戏化学习能显著提升学习效果, 使学生在参与中获得更深刻的理解和掌握。支持性研究(如熊秋娥等, 2019)显示其能提升计算思维, 然而, Tasadduq 等(2021)发现大一学生在游戏化编程中学习动机未显著提升。这其中可能由于高年级学生复杂知识学习中, 不同于低学段学生将游戏元素作为趣味性脚手架, 相反游戏元素可能分散注意力, 造成认知负荷差异。有鉴于此, 本研究试图以文献中的实证数据为依据, 采用元分析的方法回答以下问题: ①与传统教学模式相比, 游戏化教学是否更有利于提高学习者的编程学习效果? 如果回答是肯定的, 那么游戏化教学对学习者的编程学习效果影响如何? ②游戏化编程应用于不同年龄段的学习群体时, 效果是否相同? ③游戏化教学的实验周期是否会对编程学习效果产生影响?

2. 研究方法 with 过程

2.1. 研究方法

元分析是一种通过量化方法对多个独立研究结果进行综合评估的研究技术, 与传统的文献综述相比, 元分析更加系统和精确, 有助于避免主观偏见对分析结果的干扰。因此, 本文以

CMA-V3.0 软件为数据分析工具,以游戏化教学干预为自变量,以编程学习效果为因变量,检验发表偏倚,通过 Hedges' g 效应量(校正小样本偏差)量化整体效应。

2.2. 研究过程

本研究选取中国知网、万方、Web of Science、谷歌学术数据库作为中英文文献的数据来源。以“游戏化编程”“Gamified programming”等关键词筛选文献,共获取 601 篇。确保研究结果的准确性,筛选流程首先以知网为基数据,在万方数据库中剔除重复文献 157 篇,剩余文献 $N=444$ 篇;其次,浏览全文后排除无实验文献 267 篇,剩余文献 $N=177$ 篇;最后,再次浏览全文后排除变量无关游戏化编程,无对照组实验以及无相关均值、标准差、P 值、t 值数据文献 147 篇,剩余文献 $N=30$ 篇,其中国外 11 篇,国内 19 篇。

为便于后期数据的统计与分析,本文从所纳入的文献中提取了研究的名称、样本量、干预措施、结果指标等关键信息,并对学段、实验周期、评价工具等调节变量进行编码,以综合剖析游戏化教学对编程的学习效果。据研究对象所在年级,将学段划分为小学、初中、高中、大学四个阶段;根据实验研究的持续周期,将实验周期分为 0~4 周、5~12 周、13~20 周 21 周及以上;评价工具被编码为量表、测试题和编程任务。此外,如果一篇文献的因变量并不是一个,比如有学习动机、学习成绩等,在满足其效应值计算独立的情况下,本文则分别提取因变量,最大化利用文献的相关信息。

3. 数据分析

3.1. 发表偏倚与异质性检验

为确保元分析的准确性,本研究在计算 Hedges' g 效应量之前对元分析结果进行了偏倚检验。如图 1 和图 2 所示,漏斗图显示效应值对称分布,Egger 线性回归检验(95%CI[-1.63,1.96]包含 0, $p=0.85$)表明无显著发表偏倚。

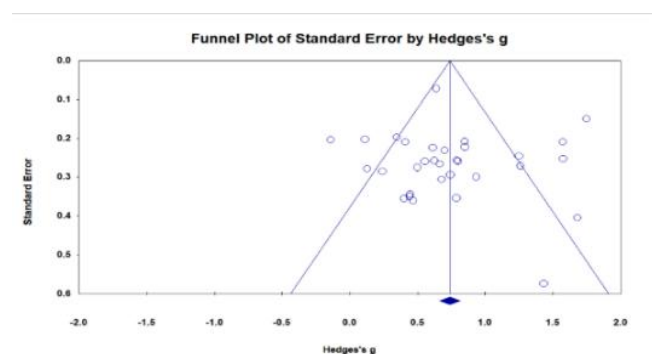


图 1 效应值分布漏斗图

Egger's regression intercept

Intercept	0.16466
Standard error	0.87687
95% lower limit (2-tailed)	-1.62614
95% upper limit (2-tailed)	1.95546
t-value	0.18778
df	30.00000
P-value (1-tailed)	0.42616
P-value (2-tailed)	0.85232

图 2 Egger's 检验

3.2. 游戏化教学对学生编程学习效果的整体影响

本研究采用随机效应模型而非固定效应模型,主要因为固定效应模型假设所有研究的真实效应值相同,但在实际教育类研究中,不同样本、干预周期等因素都会导致研究效应的差异。相比之下,随机效应模型假设各研究的效应值围绕一个总体效应值分布,并考虑了研究间的异质性,这使得其在处理多样化研究时更为适用。通过采用随机效应模型,本研究能够更全面地估计总体效应,同时提高了结果的外部效度。

如表 1 所示,本研究采用随机效应模型分析 30 项研究的 32 个独立效应量,结果显示:Hedges' $g=0.743$ (95%CI[0.571,0.915]),属中等显著正向效应,统计显著性 $Z=8.476$ (临界值 1.96),拒绝零假设。表明游戏化教学对编程学习效果具有稳定促进作用。

表 1 游戏化教学对编程学习效果的整体效应检验

模型	效应数	效应值	95%的置信区间		双尾检验	
			下限	上限	Z 值	p 值
固定效应模	32	0.738	0.663	0.813	19.280	0.000

型

随机效应模

32

0.743

0.571

0.915

8.476

0.000

型

3.3. 游戏化教学对学生编程学习效果的具体影响

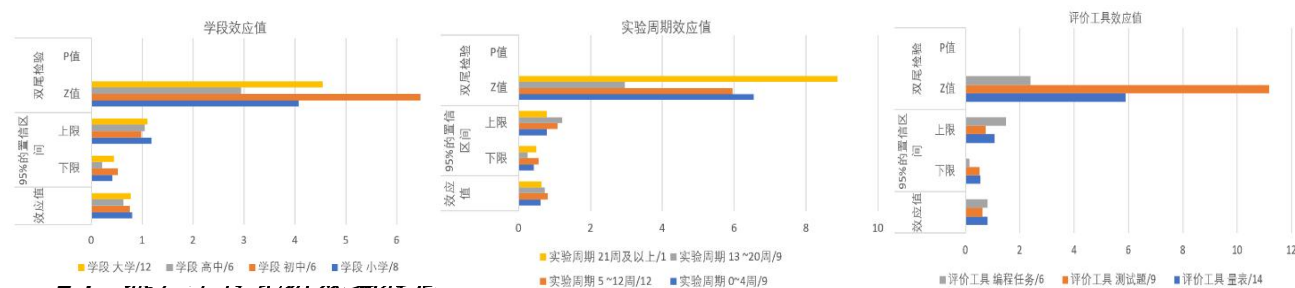
本研究通过元分析发现,游戏化教学在认知与非认知层面均呈现差异化效果。如图3所示,认知层面中,计算思维效应值(Hedges' $g=0.818$)比学习成绩高(0.611)。根据布鲁姆教育目标分类学,游戏化教学更加促进处于分析层和创造层的问题解决能力提升,因此计算思维高阶思维得到显著提升,学习成绩的测试题多居于记忆层和应用层的低阶目标,所以效应值偏低。非认知层面中,学习动机效应值最高(1.474),自我效能感次之(0.541),根据自我决定理论,游戏元素通过满足胜任感与自主性需求激发内在驱动力。然而,深度学习未达显著水平(0.446, $p>0.05$),可能由于效应数太少只有一项,进而剖析这篇文献发现因长周期游戏叙事割裂知识联结,需优化反思环节设计。结果表明,游戏化教学需适配学段认知特征,比如低学段重具象脚手架,高学段重真实问题情境,并平衡外在激励与认知目标的内在整合。



图3 游戏化教学对编程学习效果的影响效果

3.4. 调节变量对编程学习效果的影响

如图4所示,学段、实验周期与评价工具显著调节游戏化教学效果。学段差异显示,小学(Hedges' $g=0.799$)与大学(0.773)阶段效应值最高,高中最低(0.631)。这结果符合认知负荷理论,低年级学生需要趣味脚手架搭建,反而高年级学生会由于冗余游戏元素(如故事情节)增加外在认知负荷,而大学生通过自我调节能力平衡游戏激励与深度学习目标。实验周期方面,中期(5-12周,0.746)效果最佳,契合心流理论中挑战与技能动态平衡的“心流”阶段,而长期实验(>20周,0.636)因新奇效应消退导致动机衰减。评价工具中,量表(0.807)因多维评估(认知/情感/行为)更稳定反映学习效果,编程任务(0.714)的宽置信区间则提示需规范任务难度与评分标准以减少评估偏差。研究强调需基于学段认知特征动态调整游戏化设计,并优化其评价体系。



本研究发现小学与大学阶段游戏化教学效果更优,而高中阶段因认知负荷过载效果较弱。并且认知发展阶段理论(Piaget)指出,不同学段学生的认知水平与学习需求存在显著差异。因此可以对编程用户进行构建个性化学习中画像,推荐匹配其认知水平的游戏教学。比如针对高中生来说,可以“轻游戏化”教学,保留核心激励元素(如进度条、即时反馈),剔除复杂剧情或社交竞争(如排行榜)。用“代码技能get”替代角色升级系统,直观显示错误修复进展。此外,现处于人工智能大数据时代,有AI技术的加持,学习者的学习轨迹和行为数据都能够逐一

剖析,虚拟同伴就能够为其提供更加适配的学习路径,并且还可以通过情感化设计提升学习的乐趣和持久性,根据学生的情感反馈来调整互动策略,以保持学生的持续参与。最终使得学习者获得最佳的学习体验。

4.2. 跨学科游戏编程项目开发

在本研究中游戏化编程虽显著提升计算思维,但学习成绩的效应值较低,且深度学习未达显著水平。针对此问题,可以从跨学科的角度改进游戏化编程项目。比如可以通过引入真实行业案例,自然灾害监测,用编程开发土壤湿度、倾斜检测仪等传感器,再结合自然科学知识,让学生在解决自然灾害监测实际问题中理解编程的实际意义。并且此行业案例跨度时间较大,其中会迭代更新知识,进而延长心流阶段。因此跨学科策略通过高阶任务设计、真实问题嵌入与动态挑战,将游戏化教学的计算思维优势转化为可量化的综合能力提升,将短期的心流阶段延长,保持注意力。

4.3. 健康竞争机制与多元化评价

本研究调节变量对编程学习效果的影响中,编程任务的置信区间比较宽,表明效应值波动较大,那么与编程任务设置的难度或者竞争机制有相关联系。在编程任务设置方面,可以以目标为导向,先设置多元的评价体系,比如从认知、过程、社会三方面出发,认知维度上以代码的时间复杂度为优先,过程维度上以调试程序策略为优先,社会维度上以同伴帮助为优先等等,采用多元化的评价工具全面地评估学生的表现。再反过来根据多元的评价体系设置编程任务的难度与广度。在竞争机制上,可以将个人进步积分代替排名积分,激励学生在竞争过程中发现自我提升的潜力,增强自我认知意识,促进个人成长。

参考文献

- 爱德华·桑代克.(2014).教育心理学简编.
- 熊秋娥 & 葛越.(2019).Scratch 游戏化编程培养小学生计算思维的实证研究.基础教育(06),27-35.
- 张书琪,范佳荣 & 钟绍春.(2024).数字教育游戏对高阶思维发展的影响——基于国内外 28 篇实证研究文献的元分析.数字教育(03),28-37.
- Tasadduq, M., Khan, M. S., Nawab, R. M., Jamal, M. H., & Chaudhry, M. T. (2021). Exploring the effects of gamification on students with rote learning background while learning computer programming. *Computer Applications in Engineering Education*, 29(6), 1871-1891.
- Hsiao, H. S., Chen, J. C., Chen, J. H., Chien, Y. H., Chang, C. P., & Chung, G. H. (2023). A study on the effects of using gamification with the 6E model on high school students' computer programming self-efficacy, IoT knowledge, hands-on skills, and behavioral patterns. *Educational technology research and development*, 71(4), 1821-1849.
- Zhan, Z., He, L., Tong, Y., Liang, X., Guo, S., & Lan, X. (2022). The effectiveness of gamification in programming education: Evidence from a meta-analysis. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100096.