

矛盾与策略:数字化学习中基于外在认知负荷的学习分析

高 洁, 彭绍东

(湖南师范大学 教育科学学院, 湖南 长沙 410081)

[摘 要] 新兴技术在教育中的运用推动着面向数字化学习情境的认知负荷理论发展,为破解“现有认知负荷理论中外在认知负荷强调教学设计应避免添加任何与学习无关的因素,以防止工作记忆负荷超载而导致学习效果下降”与“数字化学习中因添加了数字化元素,虽造成一定外在认知负荷却促使学习效果上升”之间的矛盾,研究首先从交互式学习媒体、不流畅效应、虚拟现实情境和冗余元素四种数字化元素出发对现有矛盾现象进行探讨。其次提出规避矛盾的两步解决策略:(1)将学习动机纳入相关认知负荷中利用成本收益模型观点解释;(2)所诱发的学习动机需作用于学习任务及以学习目标为导向。利用该策略修正现有认知负荷理论,研究期望能在最大限度减小外在认知负荷的同时拥抱新兴技术。

[关键词] 数字化学习; 外在认知负荷; 学习动机; 成本收益模型; 矛盾冲突

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 高洁(1995—),女,重庆人。博士研究生,主要从事智能教育与学习分析研究。E-mail:gaoj1995724@163.com。彭绍东为通讯作者,E-mail:pengshd@163.com。

一、引 言

随着人工智能、大数据等新一代数字技术的发展,数字化学习已成为当代学习者的重要学习途径,疫情当下,以在线学习为代表的数字化学习方式更是成为一种常态。在数字化学习中,学习者可以利用数字媒体遨游于虚拟现实情境,与数字化产品交互,通过资源检索、轨迹分析、个性化推荐等智能手段轻松获取专属知识来提升学习效果。但研究表明诸如虚拟现实情境、交互式学习媒体等数字化元素的添加会增加学习者的外在认知负荷,认知负荷理论强调外在认知负荷上升易对学习造成消极影响,降低学习效果^[1]。因此,数字化学习呈现结果与现有认知负荷观点相悖。鉴于数字化学习的快速发展,以及《2022年版课标》要求以学习者认知水平为依据,遵循学习与学科规律合理设计学习材料来优化学业负担结构、培养核心素养,面对理论与结

果之间的矛盾冲突,急需开展深入研究以寻求解决方法和策略。基于此,本研究拟对数字化学习中基于外在认知负荷的矛盾现象进行详细剖析,力求将认知负荷理论融入数字化学习,整合矛盾冲突,使其更好地服务于数字化时代的教育教学。

二、认知负荷理论发展

(一) 认知负荷早期理论模型

认知负荷理论由 Sweller 提出,它是学习者工作记忆的理论模型,具体表现为学习者在信息加工过程中产生的心理资源总量^[2]。最初,Sweller 将认知负荷的本质界定为学习者必须同时在其工作记忆中加工的信息单元,这些信息单元之间具有内在逻辑性且相互作用,因此不能单独剥离。由于此时认知负荷被视为一个不可分割的整体,因此本文将未被分化的认知负荷模型称为早期理论模型。随后,Walker 指出学习者

基金项目:2021年度湖南师范大学大型仪器测试开放基金项目“学习者认知负荷水平综合测量机制研究”(项目编号:21CSY034)

工作记忆容量受时间因素影响无法恒定不变,当学习时间越长,学习者工作记忆能够加工的信息单元数量越少^[3],这时仅靠信息单元之间的相互作用已无法解释。为弥补指导作用的不足,Kalyuga 试图纳入时间因素并重新定义认知负荷为在特定学习时间内,学习者利用工作记忆执行认知操作时所需要承担的心理资源总量^[4]。基于该定义,根据学习者工作记忆容量、时间特点及先验知识水平来设计学习材料,是认知负荷早期理论模型的重要应用。

(二) 认知负荷中期理论模型

未被分化的认知负荷无法解释在学习者工作记忆中所执行的认知操作和认知资源分配问题,随着研究的深入,认知负荷成分开始分化。最先研究者将认知负荷分为三类,即内在、外在和相关认知负荷,它们相互独立却又具有累加性,将三者相加才是学习者产生的总认知负荷。但也有研究者质疑该划分方式,认为相关认知负荷与外在认知负荷之间存在矛盾,根据其定义描述,外在认知负荷要求教学设计尽量精简,而相关认知负荷建议教学设计提供更多有助于图式构建的资源。诸如此类讨论,Kalyuga 等人将认知负荷成分简化为仅有内在和外在认知负荷构成的二维结构模型^[5],并提出应把相关认知负荷看作是内在认知负荷的一部分。二维结构模型认为相关认知负荷主要由学习者内在、外在认知负荷之间的关系决定,不是独立存在的,因而不能将其作为成分累加。

(三) 认知负荷后期理论模型

随着数字技术的发展,研究者更为重视外在认知负荷对学习的影响。Hollender 等人建议将外在认知负荷重新定义为通过教学设计和源于数字化软件使用产生的认知负荷两种^[6]。该定义引入一个新增概念,即与数字化软件交互也会增加外在认知负荷。由于数字化学习情境具有的多重优点,它提升学习效果和效率的能力毋庸置疑。但从认知负荷角度来看,数字化学习中引发外在认知负荷的元素确实更加复杂多变,因此有研究者提出成本收益模型试图对其中的矛盾作出解释^[7]。该模型的核心观点假设因教学设计或数字化环境产生的外在认知负荷属于投资成本,学习者绩效成绩为最终收益,只要在学习过程中权衡好“成本风险”与“绩效收益”之间的关系,最大化数字化学习效果,增加外在认知负荷也具有一定优势。

认知负荷成本收益模型的提出促进了数字化学习时代认知负荷理论的发展,对指导数字化环境中的教与学具有积极意义。但现有研究并未解释清楚来自学习者认知负荷的内部矛盾,尤其是外在认知负荷所

带来的理论研究与实际结果之间的差异问题。基于此,本研究将进一步分析和总结数字化学习面临的矛盾与挑战,期望能以此推动认知负荷理论发展。

三、基于外在认知负荷的矛盾现象

(一) 矛盾之一:交互式学习环境支持的学习互动

交互式学习环境是指利用各种数字技术结合多媒体及网络资源营造的学习环境。按交互程度划分,其最低层次仅提供基本的、用户直观上易于理解的交互控制,最高层次则表现为完全虚拟的沉浸式学习环境,在二者之间即为中等层次的交互。根据外在认知负荷,一般认为高水平的交互容易因过于分散注意力而耗尽学习者的认知资源。然而对于哪种交互程度真正有益于学习还存在巨大的分歧。研究认为低层次的交互带来了更高的外在认知负荷,而沉浸式的虚拟学习环境却使其显著降低^[8]。但大多数研究赞同在学习中添加适当的交互元素,因为基于具身认知或具身学习的思想,适当的交互通常强调了身体对认知过程中增强理解的重要性。

与低层次交互式学习环境相关的研究发现学习者仅使用手指在操作界面滑动这种最简单交互方式相比于传统被动学习而言,已大大提升了学习效果^[9]。为了解释该现象,认知负荷理论学家将生物学中的初级思维过程和次级思维过程之间的思维差异整合到教学研究中,认为手指在操作界面滑动可以看作初级思维过程,如同识别人脸或图形一样,这个过程不需要逻辑推理,仅使用最原始的思维方式就能实现。而界面上呈现的学习任务必须通过次级思维过程,依靠学习者合理分析和推理才能完成。由于初级思维过程是次级思维过程的下层思维模式,对学习者的进入以逻辑推理为主的次级思维过程有一定的帮助,因此依靠手指滑动等简单互动方式对帮助学习者进入学习状态、激活逻辑思维具有积极意义。从这一角度来看,将以具身认知思想为主的交互方式引入学习,是一种对提升学习效果颇有有益处的指导思路,因为一般运用初级思维过程只会对学习者的产生极少部分的认知需求,从而保证学习者工作记忆中的认知资源能够用于处理学习任务本身。

沉浸式交互学习方式的典型案例为游戏化学习,意在将游戏理念和游戏元素融入学习中,通过创设情境、保持动机、增强交互来达到乐学的效果,其中严肃游戏是游戏化学习领域的重要概念。研究表明学习者在进行严肃游戏时,在学习过程中体验到的乐趣并不一定有助于获得实际学习优势,并且当严肃游戏中包

含具体学习任务时容易导致更差的学习迁移能力和更高的外在认知负荷。但相比于传统模拟互动型教学,使用严肃游戏确实有利于学习者深入思考。因此,在严肃游戏中学习者的兴趣、学习状态和外在认知负荷之间并不是一种简单的关系,但游戏化学习对于促进深度学习确实具有重要作用。

总之,对交互式学习环境的研究表明,最简单直接的学习任务表现方式并不是最佳的,一定程度的交互性可用于创设更具吸引力和激励性的学习情境。这种学习情境也具有潜在的缺点,即由于情境中含有某些与任务无关的因素或因为学习者需要先对交互规则进行学习而导致了不必要的外在认知负荷。但不论是低层次的简单互动,抑或是高层次的游戏化学习,均有利于学习过程,虽然当前研究尚未厘清为什么增加了外在认知负荷仍能促进学习,但上述的成本收益模型为更全面解释这一问题提供了重要参考价值:假设将交互式学习环境中产生的外在认知负荷看作是投资成本,当完成任务带来的收益超过成本时,将有利于促进学习。因此一定程度上使用交互式学习方式比传统学习或多媒体学习方式更具优势。

(二) 矛盾之二:不流畅效应对主观感受的作用

认知负荷理论强调学习材料组织形式或呈现方式不合理会阻碍学习者学习,产生外在认知负荷。然而并不是学习材料流畅度越高,学习效果越好,研究认为适度增加学习者对材料的主观感受难度更有利于学习,这种现象被称为不流畅效应^[10],并将其结果归因于当学习者感知难度增加时,其分析思维能力得到激发促使其进入更深层次学习,从而提升学习效果。在数字化学习中主要通过设计学习材料呈现时的文本、图形、声音或视频等形式来操纵学习过程的不流畅程度,它的基本原理是试图通过要求学习者投入更多的认知资源进而保证其注意力的高度集中。Diemand 通过操控文本字体来影响学习者对材料难度的主观感受,发现不流畅组比流畅组学习效果更佳^[11]。但不流畅效应的结果不是唯一的,Rummer 采用与 Diemand 相同的材料试图验证结果却未能成功复制不流畅效应,并且其研究结果表示由于不流畅组学习者需花费更多时间进行学习,增加材料的不流畅程度不仅不能提升学习效果,反而降低了学习效率^[12]。由此可见,不流畅效应也受到了一些研究者的质疑。通常影响不流畅效应的因素包括操纵对象、操纵方法及操纵程度。但即便针对同一对象采用同样的方法进行操纵,对学习者来说感受到的操纵程度也可能有所不同,因为学习并不是一个简单的过程,学习者的学习动机、工作记忆容量等均会影响

不流畅效应的结果。因此 Diemand 认为出现不同的研究结果也属正常现象。

质疑并不代表对不流畅效应的否定,这恰恰表示它还存在极大的探究空间,因为在学习过程中引入困难对促进学习者深度学习和提高记忆的能力是真实可见的。根据不同研究结果发现,低水平的不流畅性容易因学习材料太过简单导致学习者注意力不集中,短时记忆保留时间过短无法转化为长时记忆而影响学习效果;高水平的不流畅性可能出现因学习者无法识别材料而干扰学习的情况。因此,关注不流畅效应的边界条件有助于加强对数字化学习的指导。基于这一目的,Seufert 通过进一步实验表明,不流畅效应对学习效果的影响遵循一条倒 U 型曲线,即中等水平的不流畅性在数字化学习中更有效^[13]。这一结果也类似于成本收益模型,我们可以假设中等水平的不流畅性只增加少量外在认知负荷,不占据学习者工作记忆的重要部分却有利于促进其投入更多的认知努力,因此,它带来的学习效果往往优于“流畅”的学习材料。

(三) 矛盾之三:虚拟现实所赋予的临场感体验

虚拟现实技术是一种通过利用计算机或传感器营造极具现实主义的虚拟情境从而使学习者沉浸其中的现代新兴技术。根据沉浸程度将其分为低沉浸型和高沉浸型虚拟现实。长时间以来,虚拟现实极具真实的视、听、触觉感受被研究者认为是导致外在认知负荷的来源,因为类似于真实世界的细节呈现难以让学习者轻松提取与学习任务相关的内容。按照认知负荷理论,解决这一难题的方法是尽量避免现实主义,使用更加简洁的可视化方式呈现学习内容。然而与简单可视化学习相比,在虚拟现实情境中学习者拥有更加丰富的临场感体验,主观体验感是影响学习效果直接因素^[14],因此极具现实主义的虚拟情境对提升学习效果有重要作用。Skulmowski 对比图式可视化与虚拟现实可视化,发现在虚拟现实情境中学习者理解能力更强,但外在认知负荷也更高^[15]。由于学习者外在认知负荷增加却导致了更优的学习效果这一结果与认知负荷理论相矛盾,Skulmowski 将其称为“虚拟现实主义悖论”。

类似于 Skulmowski 的研究结果一部分被纳入不流畅效应范围内,其解释为学习者外在认知负荷增加的主要原因是虚拟现实情境激发了学习兴趣,以致学习者更加主动处理不流畅的学习内容;研究结果的另一部分被纳入交互式学习环境范围,认为虚拟现实情境涉及学习者与环境之间的交互问题,有效交互促使了学习者更为积极的思考。但研究认为已有归类的解

释比较牵强,一方面,虚拟现实情境并不一定包含不流畅的学习内容,相反其流畅程度可能高于多媒体呈现形式;另一方面,当学习者在低沉浸型虚拟现实环境(如桌面型虚拟现实环境)中进行记忆类学习时未涉及过多与环境之间的交互,但学习者的学习效果依旧优于使用图式形式的学习者,其原因在于桌面型虚拟现实环境能够呈现更多真实细节而非交互作用的结果。因此,本研究认为与“虚拟现实悖论”类似的研究结果应该独立划分,在虚拟现实情境中极具真实的细节才是导致学习者外在认知负荷增加但学习效果提升的主要因素。综合考虑成本收益模型,如果一个学习任务需要以虚拟现实方式呈现,在能为学习者带来较好临场感体验的前提下,可适当增加外在认知负荷。

(四)矛盾之四:冗余元素下学习者的情感牵引

设计数字化学习材料时或多或少会添加一些与学习无关的元素,它们在认知负荷理论视角下被归类为会增加学习者外在认知负荷的有害元素。这一观点下最具代表性的实例为冗余效应,该效应表明学习者使用由“动画+解说”组成的学习材料比由“动画+解说+字幕”组成的材料表现出的学习效果更优。根据认知负荷理论,这是由于动画与字幕内容相同且均属视觉内容,因此当字幕信息被加工时,会产生比没有字幕组更多的外在认知负荷,导致学习者工作记忆分配给处理学习任务本身的认知资源减少,学习效果下降。然而汪存友基于冗余效应的研究发现与无字幕相比,呈现关键字幕有利于提升学习者的保持测验和迁移测验成绩,即在“动画+语音”基础上同步呈现字幕内容不会降低学习效果^[6]。这也表明在设计数字化学习材料时可适当添加冗余元素,但究竟何种程度的冗余会影响学习,其边界条件还有待探寻。

情感设计因素能够诱导学习者产生积极态度、提升认知参与,因此被认为是促进学习的重要因素。为学习材料添加情感元素可以增强学习动机,在促进学习者对知识进行记忆、理解和迁移的同时,降低其对学习材料的感知难度^[17]。但由于情感设计元素仅被用于修饰学习材料,并不会改变材料本身的内容和难度,因此它也被视为一种冗余元素。认知负荷理论和冗余元素的矛盾,类似于其与不流畅效应、情感设计这类“修饰”性冗余元素是促进还是阻碍数字化学习也存在长期争议。持支持态度的研究者认为它们不会占用认知资源、影响学习效果;反对者则将其视为学习者外在认知负荷的潜在来源。

面对此类冲突问题,我们应该关注为什么有的研

究添加了冗余元素却并未影响学习,与认知负荷理论背道而驰。上述研究中汪存友表示这得益于学习者对字幕符号比较熟悉,一方面便于自动加工字幕内容,另一方面相对熟悉的内容能够激发学习者情感参与度,促使其更加专注处理学习任务本身,不容易引发认知超载。因此,在某些情况下被认为与实际任务无关或起修饰效果的元素也能提高学习效果,基于成本收益模型的启发,只要因添加冗余元素产生的投资成本小于在学习方面回馈的收益即可。

四、基于外在认知负荷的矛盾剖析

根据以上论述,现有认知负荷理论与数字化学习之间的矛盾集中在四个方面,即“外在认知负荷观点下教学设计应避免添加任何与学习无关的因素,以防止学习者因工作记忆负荷超载而导致学习效果下降”与“数字化学习中因添加了上述四种数字化元素,最终促使学习效果上升”之间的矛盾。具体剖析每种矛盾成因,我们发现均与学习动机密切相关。在交互式学习环境中学生与情境、教师或同伴的交互有利于增加学习动机、提高学习积极性;基于不流畅效应适当增加学习者对材料的感知难度,能够激发学习动机、促进认知参与;虚拟现实环境呈现真实细节让学习者拥有临场感体验的同时,帮助诱发学习动机、提升学习效果;适当添加冗余元素诱导学习者产生积极情绪也能增强学习动机、保持专注度。由于学习效果与认知负荷、学习动机之间均紧密相关,是否认知负荷与学习动机之间也存在某种关联,这值得我们进一步研究,因此以学习动机为出发点,解释数字化学习与现有认知负荷理论的矛盾是一个至关重要的突破口。

当前,Paas已关注到认知负荷与学习动机的关系,他提出将表现为学习者高度参与的学习动机量化为高认知负荷与高学习成绩的结合^[18],即当学习者学习动机增强时,虽然认知负荷增加,但学习效果也会提升。然而正如前述研究所言,添加各种数字化元素虽有助于增强学习动机,但并不一定都能带来好的学习效果,这还与此类元素的添加程度及外在认知负荷增加量有关。事实上,在数字化学习中加入这些与学习本身无关但能够增强学习动机的元素,有利于帮助学习者调用更多认知资源处理知识的生成性加工,从而增加相关认知负荷。根据相关认知负荷观点,当学习者受到心理努力的影响时,若其分配给学习任务本身的认知资源没有耗尽,剩余部分的认知资源可用于处理其他相关任务,实现更深层次的认知加工,完成内部图式构建。在相关认知负荷作用下构建的图式越

多,学习者内部图式越系统,自动化程度越高,就能降低后续学习任务的认知负荷。因此,相关认知负荷增加有利于学习。按照这一思路,在保证学习者认知资源不超负载的前提下,数字化学习中尽可能添加能够增强学习动机的因素是可取的,因为虽然会增加一定外在认知负荷,但更有利于促进学习者的认知参与,提升相关认知负荷,若学习者形成的内部图式与后续学习任务相关,还有可能因学习者先验知识水平上升而降低学习任务对学习者的相对难度,减小内在认知负荷。根据成本收益模型,为提高学习者主动参与学习任务的意愿,将适当增加的外在认知负荷看作动机成本,只要有益于提升学习效果,给学习者带来的学习收益大于动机成本,即是一种有价值的处理方式。

总之,数字化学习中基于外在认知负荷的矛盾现象凸显了一个重要问题,即若想对其进行合理解释必须修正现有认知负荷模型,以便能够在认知负荷理论的正确指导下最大限度避免外在认知负荷给数字化学习带来不利影响的同时拥抱新兴技术。

五、基于外在认知负荷的矛盾解决策略

为优化学习效果,认知负荷理论指导下教学设计的主要任务是尽可能降低学习者内在、外在认知负荷,增加相关认知负荷,转换到数字化学习领域同样需要遵循这一原则。而根据本研究论述因数字化元素添加后学习者外在认知负荷增加却并未降低学习效果,为合理解释这一现象,本研究将学习动机因素纳进有利于帮助学习者构建内部图式的相关认知负荷中,这样既可从相关认知负荷增加的角度解释为何学习绩效有所提升,也不违背认知负荷理论指导原则。

在现有认知负荷理论中,影响学习者相关认知负荷的因素并不包含学习动机,尽管近年来有研究者也试图将学习动机因素纳入其中^[9],但却并未解释清楚纳入的具体原因以及学习动机与认知负荷之间的内在联系。根据成本收益模型观点推测,如果在教学设计时添加一些能够诱发学习动机的额外因素,即可通过投入少量的外在认知负荷成本来产生更多有利于促进学习者深层次学习的相关认知负荷,这只要确保在教学设计时遵循了学习者最终产生的总认知负荷不超过其工作记忆所能承受的范围这一前提,就能有效助力最终学习结果。因此,将学习动机纳入相关认知负荷变得合情合理,这时相关认知负荷也可被认为是学习者在数字化学习过程中能够调动其工作记忆中认知资源的动机程度。然而,并不是所有增强了学习动机的实验结

果都显示学习效果得到了提升,也有在适当添加数字化元素后学习效果不升反降的案例,这些结果证明即使将学习动机纳入相关认知负荷,仅依靠成本收益模型也不足以解释数字化学习环境对不同学习结果的影响。因此,为能够从认知负荷角度全面解释数字化学习结果,本研究对纳入相关认知负荷的学习动机展开深入讨论,并提出以下两种解决策略。

(一)诱发的学习动机应作用于学习任务

数字化学习可通过添加多种因素诱发学习动机,但它们在增加学习者不必要外在认知负荷的同时并不都有利于提升相关认知负荷,这依赖于诱发的学习动机与学习任务之间的关系。例如在讲述化学反应知识时,为避免危险的实验操作教师会选择使用化工具搭建模拟实验平台,这时平台的沉浸感、真实感、交互性等均可能成为外在认知负荷的来源,然而我们知道学习这类知识需要学生亲身经验反应过程才能更好地掌握相应内容。这种因生动的视觉印象和烦琐的实验操作而产生的外在认知负荷,在教学设计技术层面上虽与学习任务无关,但这些学习需求是完成任务的基本条件和重要组成部分,所诱发的学习动机最终也作用于学习任务本身,因此有利于增加相关认知负荷。反之,教师在设计数字化学习情境时仅向学生提供操作体验,这也诱发了学习动机,但落脚点不在知识本身,这种类型的学习动机不仅不会提升学习效果,反而有可能引发学生的认知障碍。因此从认知加工的角度来看,在数字化学习中添加的元素应当对完成当前任务来说是一种积极的内部元素,能够保证其诱发的学习动机作用于任务本身,因为只有作用于学习任务的动机才能在学习者工作记忆的认知资源加工下形成相关图式,进而提升数字化学习效果。

(二)应以目标为导向诱发学习动机

不同学习任务有不同的学习目标,针对某个特定学习任务也有不同层次的学习目标。若为诱发学习动机而添加的数字化元素不以学习目标为导向,则可能对学习产生消极影响。例如在沉浸式学习情境中学习者对于知识的理解和迁移能力强于记忆能力,若此时学习目标是希望识记相关知识点,采用沉浸式学习方法诱发学习动机将不利于实现目标。因此,若需采取数字化学习方式,在不可避免地会造成学习者外在认知负荷增加的情形下添加的数字化元素应尽可能保证以学习目标为导向,因为教学设计中以不同方式诱发的学习动机会导致学习者工作记忆中的认知资源处理不同类别的内容。换句话说,在数字化学习情境中若想最大化学习收益,不是避免添加数字化元素、

产生外在认知负荷,而是应通过正确的学习目标导向来诱发学习动机,确保学习者能够调用足够的认知资源来处理与学习目标一致的学习内容,这样才能真正发挥数字化学习的优势,不给学习者造成过多因数字技术而带来的认知困扰。

六、结 语

本研究试图将学习动机纳入相关认知负荷中利用成本收益模型观点修正现有认知负荷理论,解释其

与数字化学习之间的矛盾冲突。根据探讨,纳入学习动机后确实解释了大部分实验结果,但无法解释为何数字化学习中会出现学习效果不升反降的情形。为尽可能全面解释结果,优化数字化学习,研究提出因数字化元素诱发的学习动机应作用于学习任务 and 以目标为导向两种解决策略。当然,因添加数字化元素产生的总认知负荷不能超过学习者工作记忆所能承受的范围,如果这些条件得到满足,就能真正发挥数字化学习的优势,促进学习者有效学习。

[参考文献]

- [1] SWELLER J. Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load[J]. Educational psychology review, 2010(2): 123-138.
- [2] SWELLER J. Evolution of human cognitive architecture[J]. Psychology of learning and motivation, 2003, 43: 216-266.
- [3] WALKER J A, ASWAD M, LACROIX G. The impact of cognitive load on prospective and retrospective time estimates at long durations: an investigation using a visual and memory search paradigm[J]. Memory & cognition, 2022, 50: 837-851.
- [4] KALYUGA S, SINGH A. Rethinking the boundaries of cognitive load theory in complex learning [J]. Educational psychology review, 2016, 28(4): 831-852.
- [5] KALYUGA S. Cognitive load theory: how many types of load does it really need?[J]. Educational psychology review, 2011, 23(1): 1-19.
- [6] HOLLENDER N, HOFMANN C, DENEKE M, SCHMITZ B. Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction[J]. Computers in human behavior, 2010, 26(6): 1278-1288.
- [7] SKULMOWSKI A, PRADEL S, KUHNERT T, BRUNETT G, REY G D. Embodied learning using a tangible user interface: the effects of haptic perception and selective pointing on a spatial learning task[J]. Computer & education, 2016, 92: 64-75.
- [8] 曹娟,潘来齐.基于认知负荷理论的虚拟学习环境设计[J].电化教育研究, 2010(4): 75-79.
- [9] 杨彦军,郭绍青.E-Learning 学习资源的交互设计研究[J].现代远程教育研究, 2012(1): 62-67.
- [10] 谢和平,王福兴,王玉鑫,安婧.越难读意味着学得越好?学习过程中的不流畅效应[J].心理科学进展, 2016, 24(7): 1077-1090.
- [11] DIEMAND Y C, OPPENHEIMER D M, VAUGHAN E B. Fortune favors the bold (and the italicized): effects of disfluency on educational outcomes[J]. Cognition, 2011, 118(1): 111-115.
- [12] RUMMER R, SCHWEPPE J, SCHWEDE A. Fortune is fickle: null-effects of disfluency on learning outcomes[J]. Metacognition and learning, 2016, 11(1): 57-70.
- [13] SEUFERT T, WAGNER F, WESTPHAL J. The effects of different levels of disfluency on learning outcomes and cognitive load[J]. Instructional science, 2017, 45(2): 221-238.
- [14] 张梦欣,苟娟琼,王莉.面向学习过程的桌面虚拟现实环境临场感研究[J].现代远距离教育, 2022(2): 55-65.
- [15] SKULMOWSKI A, REY G D. The realism paradox: realism can act as a form of signaling despite being associated with cognitive load[J]. Human behavior and emerging technologies, 2020, 2(3): 251-258.
- [16] 汪存友.在线教学视频呈现讲解字幕有必要吗?——兼论对冗余效应边界条件的修正[J].电化教育研究, 2016, 37(3): 59-65, 85.
- [17] 王雪,高泽红,徐文文,张蕾.反馈的情绪设计对视频学习的影响机制研究[J].电化教育研究, 2021, 42(3): 69-74.
- [18] PAAS F, TUOVINEN J E, VAN MERRIENBOER J J G, DARABI A A. A motivational perspective on the relation between mental effort and performance: optimizing learner involvement in instruction[J]. Educational technology research and development, 2005, 53(3): 25-34.
- [19] 刘清堂,巴深,罗磊,张翼恒,吴林静.教育智能体对认知学习的作用机制研究述评[J].远程教育杂志, 2019, 37(5): 35-44.

(下转第 115 页)

conclusions is often ignored. In view of this, this study selects the meta-analysis studies about learning themes in China in the past two decades and evaluates them for methodological quality evaluation and report quality. Firstly, after determining the inclusion criteria, 106 meta-analyses from 1906 papers published in CSSCI journals between 2002 and 2022 are included in the study. After data extraction and feature analysis, the methodological quality and report quality of the 106 papers are evaluated by applying AMSTAR and PRISMA evaluation tools respectively. The evaluation conclusion is that the overall methodological quality of the literature is low, and there is a lack of methodologically high-quality literature; the report quality is moderate, with uneven performance. Among them, the methodological quality has some problems, such as poor reproducibility of research inclusion and data extraction, lack of included research quality evaluation and improper publication bias test methods. Report quality has problems with poorly structured abstract reports, missing protocol and registration, inadequate reporting of included research information, lack of rigor in reporting results, and missing reporting of research limitations. Finally, this study discusses the sources of quality risk and gives suggestions for improvement.

[Keywords] Learning Themes; Meta-analysis; Methodological Quality; Report Quality; Evaluation

(上接第 105 页)

Contradictions and Strategies: Learning Analytics Based on Extrinsic Cognitive Load in Digital Learning

GAO Jie, PENG Shaodong

(School of Educational Science, Hunan Normal University, Changsha Hunan 410081)

[Abstract] The application of emerging technologies in education promotes the development of cognitive load theory oriented to digital learning environments. In order to resolve the contradiction between "the existing cognitive load theory, which emphasizes that instructional design should avoid adding any factors unrelated to learning in order to prevent the learning effect from decreasing due to the overload of working memory" and "the digital learning, which causes a certain external cognitive load but promotes the learning effect due to the addition of digital elements", this study firstly discusses the existing contradictions from four digital elements: interactive learning media, disfluency effects, virtual reality situations, and redundant elements. Secondly, a two-step strategy to avoid the contradiction is proposed: (1) integrating learning motivation into the relevant cognitive load and explaining it from the perspective of the cost-benefit model; (2) the induced learning motivation acting on the learning task, and being oriented by the learning goal. By using this strategy to modify the existing cognitive load theory, this study expects to embrace emerging technologies while minimize extrinsic cognitive load.

[Keywords] Digital Learning; Extrinsic Cognitive Load; Learning Motivation; Cost-benefit Model; Contradiction