

Identifying Collaborative Cognitive Load Reduction Techniques in Electronic Environments (E_CCLT): A Systematic Review

Fatemeh Moslemi 

Master's student in e-learning, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran Iran. E-mail: fatemeh.moslemi@ut.ac.ir

Fatemeh Rezaei 

Master's student in e-learning, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran Iran. E-mail: fatemeh.rezaei11@ut.ac.ir

Mohaddeseh Khouban 

Master's student in e-learning, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran Iran. E-mail: m.khouban@ut.ac.ir

Raha Abedi* 

Corresponding Author, Assistant Professor, Department of Methods, Educational Planning, and Curriculum, Faculty of Psychology and Education, University of Tehran Iran. E-mail: Raha.abedi@ut.ac.ir

ABSTRACT

The present research aimed to identify collaborative cognitive load reduction techniques in electronic environments, addressing a significant gap in the existing educational technology literature. The study employed a systematic review methodology, meticulously searching the Scopus, Science Direct, and Google Scholar databases to collate relevant literature. Inclusion and exclusion criteria guided the selection process, resulting in 19 pertinent studies that underwent thorough analysis. This research utilized dimensional analysis to categorize the identified techniques into various components, with a particular focus on their underlying dimensions. The study revealed six fundamental dimensions of collaborative cognitive load reduction techniques: user-centeredness, information design, flexibility and customization, community-centeredness, information retrieval and use, and technology-based support. The results underscored the importance of these dimensions in alleviating cognitive load in collaborative electronic environments, providing crucial insights for future pedagogical practices. Consequently, the findings hold significant implications for designers and implementers of training in electronic contexts, emphasizing the need for strategies that effectively minimize collaborative cognitive load and enhance learning experiences.

Keywords: Collaborative cognitive load theory, Cognitive load, E-learning, Collaborative learning

Cite this Article: Moslemi, F., Rezaei, F., Khouban, M., & Abedi, R. (2024). Identifying Collaborative Cognitive Load Reduction Techniques in Electronic Environments (E_CCLT): A Systematic Review. *Technology of Instruction and Learning*, 7(26), 95-125. <https://doi.org/10.22054/jti.2025.83916.1542>



© 2016 by Allameh Tabataba'i University Press
Publisher: Allameh Tabataba'i University Press

Extended Abstract

Introduction

Online education has become a primary mode of learning, offering global access but presenting pedagogical challenges, particularly cognitive load (CL) induced by peer interactions. Effective online design and collaborative techniques are crucial to mitigate this load (Apridayani et al., 2023; Peña-Ayala, 2021). Cognitive Load Theory (CLT) highlights the limitations of human cognitive capacity, emphasizing the need to minimize extraneous CL for optimal learning (Li et al., 2024). Excessive CL compromises learning efficacy, making instructional design that reduces CL essential (Sharma et al., 2021; Nazir & Wang, 2021; Yu et al., 2024).

Collaborative learning enhances engagement and knowledge exchange through social interaction. Digital tools facilitate dynamic group engagement, distributing cognitive load and fostering knowledge co-construction (Chiou et al., 2020; Sun et al., 2022; Kong et al., 2025). Collaborative Cognitive Load Theory (CCLT) emphasizes understanding CL in collaborative contexts, where group work can efficiently distribute CL, enhancing learning quality (Alfoudari et al., 2021; Agbobli & Mo, 2024).

Electronic Collaborative Cognitive Load Theory (E-CCLT) focuses on managing CL in online environments to maximize learning efficiency. Strategic peer interactions reduce cognitive burden, especially in digital spaces (Al-Qaysi et al., 2023; Ni et al., 2023; Novak et al., 2023). However, online collaborative learning faces challenges, including potential learner isolation (Mourad et al., 2015). Successful implementation requires careful planning and CL reduction techniques, as learners may struggle to self-regulate without them (Ifenthaler et al., 2012). Strategic CL reduction enriches experiential learning and learner-instructor connections (Petrovic-Dziedz & Trépanier, 2018). CLT-based design optimizes critical thinking by preventing working memory overload (Sweller, 1993; Young et al., 2014). Explicit integration of metacognitive training (planning, monitoring, strategy adaptation) is equally essential for sustainable learning success (Jayakumar & Krishnakumar, 2015; Louw, 2021).

Research Question(s)

1. What techniques reduce collaborative cognitive load in online learning environments?
2. What frameworks best minimize collaborative cognitive load in e-learning contexts?
3. Which practical strategies improve learning quality in online collaborative settings?

Literature Review

Research highlights the importance of reducing cognitive load in collaborative learning environments. Studies, such as Du et al. (2022), indicate that learners with high working memory capacity benefit more from collaborative learning than individual learning, experiencing a smaller strain on working memory

resources. However, those with lower capacity did not see the same advantages. These findings align with Zheng et al. (2021), who found that interventions focused on collaborative knowledge construction and shared metacognitive regulation reduced cognitive load and improved group performance. Wang et al. (2020) demonstrated that learning environments with moderate cognitive load and high interactivity promote efficient information exchange, while high cognitive load environments lead to lower performance. Liao et al. (2019) found that instructional videos in digital game-based learning significantly reduce intrinsic and extrinsic cognitive loads. Chu et al. (2017) found that both tutoring and online learning systems can significantly improve learning progress and reduce students' cognitive load. Zhang et al. (2011) found that an open-ended approach can create less cognitive load compared to individual learning and lead to better performance. Hwang et al. (2013) found gender differences, with girls experiencing higher cognitive load and anxiety in synchronous games compared to boys. Overall, the research suggests that employing techniques to reduce cognitive load in collaborative settings can enhance learner performance and facilitate learning.

Methodology

This systematic review, adhering to PRISMA guidelines, investigated cognitive load reduction in collaborative learning. A comprehensive search across Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Ebsco, Noor Mags, IranDoc, and the Institute for Scientific Information and Technology of the Islamic World databases, along with Google Scholar, was conducted in October and December 2024. Inclusion criteria focused on peer-reviewed research post-2010 relevant to the research objectives. Exclusion criteria encompassed irrelevant content, non-academic sources, pre-2010 publications, and non-scientific articles. The initial search identified 465 articles. Following duplicate removal (102 articles) and title screening, 283 articles were excluded due to irrelevance to collaborative cognitive load techniques in online environments.

Results

A systematic review of multiple databases was conducted to identify and analyze research articles related to collaborative cognitive load theory in e-learning (E-CCLT). The review process, involving meticulous screening and data analysis, yielded 19 relevant research articles. Content analysis was employed to address the primary research question, resulting in the identification of six main dimensions: user-centricity, information design, flexibility and customization, community-centricity, information retrieval and utilization, and technology-based support. These dimensions were derived from 20 components and 101 techniques.

Discussion

This research identifies effective frameworks for minimizing collaborative cognitive load in electronic environments, particularly in online learning. It

offers practical, evidence-based strategies for educators and course designers to enhance the quality of online learning experiences. The study highlights six key dimensions for reducing cognitive load: user-centricity, information design, technology and customization, community-centricity, information retrieval and use, and technology-based support. These dimensions encompass various components such as user-centered design principles, effective information management, and tailored technological support, all aimed at improving learning outcomes in online settings.

This research highlights the crucial role of technology flexibility and customization in reducing collaborative cognitive load in online environments. Utilizing technologies like AI and machine learning enables personalized user experiences, facilitating easy access to relevant content and reducing cognitive burden. The study identifies two key components: personalized learning management and collaborative/interactive activities. Furthermore, the research emphasizes the effectiveness of social centrality in alleviating learners' cognitive load by fostering interactive and collaborative spaces for knowledge sharing and mutual learning, encompassing social/collaborative interactions, observational and social learning, communication and emotional skills development, and cognitive processes supporting learners. Effective information retrieval and utilization play a crucial role in designing educational systems to minimize cognitive load during online learning. Content should be designed for easy and cost-effective access, employing tools like indexes and search engines. Technology-based support, including optimized learning environments and improved user interfaces, further reduces cognitive burden.

Conclusion

The study on reducing collaborative cognitive load in electronic environments suggests that user-centered design, information design, flexibility, and customization are effective techniques in online settings. Social interaction and collaborative engagement foster interactive spaces and knowledge exchange, enhancing the learning experience. Effective information retrieval is crucial, and content design should prioritize easy and quick access to information, highlighting the need for technology-based support. Educators and designers are encouraged to implement these techniques to facilitate learning and utilize advanced tools to optimize information retrieval and learner interaction, thereby improving learning efficiency and depth.



شناسایی تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط‌های الکترونیکی (E_CCLT): مروری نظام‌مند

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته یادگیری الکترونیکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 رایانامه: fatemeh.mosleми@ut.ac.ir

فاطمه مسلمی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته یادگیری الکترونیکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 رایانامه: fatemeh.rezaei11@ut.ac.ir

فاطمه رضائی

دانشجوی کارشناسی ارشد رشته یادگیری الکترونیکی، دانشگاه تهران، تهران، ایران.
 رایانامه: m.khouban@ut.ac.ir

محدثه خوبان

نویسنده مسئول، استادیار گروه روش‌ها و برنامه‌های آموزشی و درسی، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: raha.abedi@ut.ac.ir

رها عابدی*

چکیده

پژوهش حاضر با هدف شناسایی تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط‌های الکترونیکی انجام شد و به شکاف قابل توجهی در ادبیات فناوری آموزشی موجود پرداخت. این مطالعه از یک روش مرور سیستماتیک استفاده کرد و به‌طور دقیق پایگاه‌های داده Scopus، Science Direct و Google Scholar را برای جمع‌آوری متون مرتبط جستجو کرد. معیارهای ورود و خروج، فرآیند انتخاب را هدایت می‌کرد و منجر به ۱۹ مطالعه مرتبط شد که تحت تجزیه و تحلیل کامل قرار گرفتند. این تحقیق از تحلیل ابعادی برای دسته‌بندی تکنیک‌های شناسایی شده در اجزای مختلف، با تمرکز ویژه بر ابعاد زیربنایی آن‌ها استفاده کرد. این مطالعه شش بعد اساسی تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی را نشان داد: کاربر محوری، طراحی اطلاعات، انعطاف‌پذیری و سفارشی‌سازی، جامعه‌محوری، بازیابی اطلاعات و استفاده، و پشتیبانی مبتنی بر فناوری. نتایج بر اهمیت این ابعاد در کاهش بار شناختی در محیط‌های الکترونیکی مشارکتی تأکید می‌کند و بینش‌های مهمی را برای شیوه‌های آموزشی آینده ارائه می‌دهد. در نتیجه، یافته‌ها پیامدهای مهمی برای طراحان و مجریان آموزش در زمینه‌های الکترونیکی دارند و بر نیاز به استراتژی‌هایی تأکید می‌کنند که به‌طور مؤثر بار شناختی مشارکتی را به حداقل می‌رسانند و تجارب یادگیری را افزایش می‌دهند.

کلیدواژه‌ها: نظریه بار شناختی مشارکتی، بار شناختی، یادگیری الکترونیکی، یادگیری مشارکتی

استناد به این مقاله: مسلمی، فاطمه، رضائی، فاطمه، خوبان، محدثه، و عابدی، رها. (۱۴۰۳). شناسایی تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط‌های الکترونیکی (E_CCLT): مروری نظام‌مند. *فناوری‌های آموزشی در یادگیری*، ۷(۳۶)، ۹۵-۱۲۵.
<https://doi.org/10.22054/jti.2025.83916.1542>



مقدمه

در دنیای امروز، آموزش آنلاین به یکی از شریان‌های اصلی فرایند یادگیری تبدیل شده است. این تغییر پارادایم تنها به تسهیل دسترسی به منابع آموزشی برای فراگیران در نقاط مختلف جهان منجر نشده، بلکه چالش‌های نوینی را نیز در زمینه یادگیری و تدریس به وجود آورده است. یکی از چالش‌های اساسی که در این حوزه مطرح می‌شود، بار شناختی است که در اثر تعامل با دیگر یادگیرندگان در محیط‌های آنلاین به وجود می‌آید؛ بنابراین، طراحی مناسبی از محیط‌های آموزشی آنلاین و استفاده از تکنیک‌های یادگیری مشارکتی که بتوانند در کاهش بار شناختی مؤثر واقع شوند، مورد نیاز است (Peña-Apridayani et al., 2023; Ayala, 2021).

بار شناختی به عنوان مجموع منابع شناختی مورد نیاز برای پردازش و مدیریت اطلاعات در هنگام یادگیری تعریف می‌شود (Li et al., 2024). بر اساس نظریه بار شناختی، ظرفیت شناختی انسان محدود است و لذا، طراحی مؤثر محیط‌های یادگیری به منظور کاهش بار شناختی غیرضروری و تسهیل یادگیری اهمیت دارد. این نظریه تأکید دارد که زمانی که بار شناختی یادگیرندگان به حداکثر می‌رسد، یادگیری به شدت تحت تأثیر قرار خواهد گرفت و این امر می‌تواند منجر به شکست در دستیابی به اهداف آموزشی شود؛ بنابراین، فراهم کردن یک ساختار مناسب در طراحی برنامه‌های آموزشی آنلاین و کاهش بار شناختی یکی از ارکان اساسی در موفقیت آن‌ها است (Nazir & Wang, 2021; Sharma et al., 2021; Yu et al., 2024).

یادگیری مشارکتی، به عنوان یک استراتژی آموزشی، به یادگیرندگان این امکان را می‌دهد که به طور فعال در فرایند یادگیری خود نقش داشته باشند. در این رویکرد، یادگیرندگان نه تنها به تبادل اطلاعات و تجربیات می‌پردازند، بلکه از تعاملات اجتماعی برای تسهیل یادگیری عمیق‌تر و مؤثرتر استفاده می‌کنند. در محیط‌های آنلاین، ظرفیت‌های ویژه‌ای برای یادگیری مشارکتی وجود دارد. ابزارهای دیجیتال امکان برقراری ارتباطات فوری و مشارکت فعال در فعالیت‌های گروهی را به یادگیرندگان می‌دهند. این امر می‌تواند بار شناختی را کاهش داده و یادگیری را تسهیل کند، چرا که یادگیرندگان می‌توانند از طریق تبادل ایده‌ها و همکاری با یکدیگر، به ساختن دانش بپردازند (Sun-Chiou et al., 2020; Kong et al., 2025; et al., 2022).

ترکیب نظریه بار شناختی با آموزش مشارکتی، چارچوب جامع‌تری را برای شناخت بهینه یادگیری آنلاین فراهم می‌آورد. درواقع، نظریه بار شناختی مشارکتی (CCLT) معتقد است که یادگیری مؤثر در محیط‌های آنلاین مستلزم درک چگونگی تعامل بار شناختی در حالت‌های مشارکتی است. برای مثال، یادگیرندگان که در یک گروه کار می‌کنند، بار شناختی یکدیگر را می‌توانند به طرز مؤثری تقسیم کرده و در نتیجه زمینه‌سازی برای یادگیری عمیق‌تر را فراهم نمایند. بر این اساس، طراحی آموزشی که به‌درستی بار شناختی و نیازهای اجتماعی را مورد توجه قرار دهد، می‌تواند به‌طور قابل توجهی بر کیفیت یادگیری اثر بگذارد (Agbobli, & Mo, 2024; Alfoudari et al., 2021).

در این راستا، نظریه باز شناختی مشارکتی در محیط الکترونیکی (E-CCLT) به‌عنوان یک رویکرد کلیدی در جستجوی بهینه‌سازی فرایند یادگیری آنلاین و کاهش بار شناختی مطرح شده است (Apridayani et al., 2023). نظریه بار شناختی مشارکتی بر اساس اصول نظریه بار شناختی اولیه که به کارایی حافظه و پردازش اطلاعات در ذهن انسان می‌پردازد، طراحی شده است. این نظریه تأکید می‌کند که در محیط‌های یادگیری مشارکتی، بار شناختی باید به‌گونه‌ای مدیریت شود که حداکثر یادگیری با حداقل تلاش ذهنی حاصل شود. این امر به‌ویژه در فضاهای آنلاین که تعاملات اجتماعی و یادگیری گروهی امکان‌پذیر است، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اساساً، نظریه بار شناختی مشارکتی بر پایه این اصل بنا شده است که تعاملات هدفمند بین یادگیرندگان می‌تواند به کاهش بار شناختی کمک کند و در نتیجه فرایند یادگیری را تسهیل نماید (Al-Qaysi et al., 2023; Ni et al., 2023; Novak et al., 2023).

E-CCLT به‌عنوان یک چارچوب نظری نوین در زمینه آموزش آنلاین، به بررسی تعاملات شناختی و اجتماعی یادگیرندگان در محیط‌های یادگیری مشترک پرداخته و بر اهمیت فهم بار شناختی در فرایند یادگیری تأکید می‌کند. این نظریه بر اساس اصول بنیادین نظریه بار شناختی طراحی شده است که به تبیین چگونگی محدودیت‌های ظرفیت شناختی انسان می‌پردازد و تأثیر آن بر یادگیری و درک اطلاعات را بررسی می‌کند. در دنیای امروز که آموزش آنلاین به یکی از رویکردهای مرسوم و ناگزیر تبدیل شده است، درک درست از متغیرهای بار شناختی و یادگیری مشارکتی بیش از هر زمان دیگری ضرورت دارد (Qayumi et al., 2024; Pereira et al., 2023).

با وجود این که یادگیری مشارکتی آنلاین به عنوان یک رویکرد مؤثر در فرایندهای آموزشی شناخته شده اما با چالش‌هایی در مدیریت فرایندهای شناختی و بار شناختی یادگیرندگان مواجه شده است. محیط‌های یادگیری آنلاین می‌توانند چالش‌هایی را در ایجاد تعامل اجتماعی و یادگیری تجربی نیز به وجود آورند که به طور بالقوه منجر به احساس انزوا در بین یادگیرندگان می‌شود (Mourad et al., 2015). اجرای یادگیری مشارکتی آنلاین به شکل بهینه، مستلزم برنامه‌ریزی دقیق، طراحی و در نظر گرفتن ابزارهای فناورانه و یادگیری تکنیک‌های مؤثر بار شناختی است. در صورت عدم تسلط بر تکنیک‌های بار شناختی در یادگیری مشارکتی آنلاین ما همواره با چالش‌هایی روبرو خواهیم بود. یادگیرندگان محیط آنلاین بدون دانستن این تکنیک‌ها ممکن است نتوانند فرایند یادگیری خود را به طور مؤثری مدیریت کنند که این امر می‌تواند منجر به عدم تعیین اهداف به صورت واضح و نظارت ناکافی بر پیشرفت شود که نتیجه آن عدم رشد مهارت‌های خودتنظیمی است (Ifenthaler et al., 2012).

در غیاب تکنیک‌های بار شناختی، تعاملات اجتماعی در محیط‌های آنلاین کاهش می‌یابد. یادگیرندگان ممکن است نتوانند به راحتی از تجربیات یکدیگر بهره‌برداری کنند و در بحث‌های گروهی مشارکت کنند. استراتژی‌ها و تکنیک‌های بار شناختی می‌توانند محیط‌های یادگیری تجربی غنی را ایجاد کنند و ارتباط متقابل و تعامل را در بین یادگیرندگان و معلمان تقویت کنند (Petrovic-Dzerdz & Trépanier, 2018). هدف این رویکردها بازآفرینی مزایای تجربیات سنتی یادگیری جمعی در فضاهای دیجیتال، بهبود بالقوه رضایت یادگیرندگان و کاهش فرسایش در آموزش آنلاین است.

در روان‌شناسی شناختی به بررسی فرایندهای ذهنی مانند یادگیری، تفکر، و حل مسئله پرداخته می‌شود. در این چارچوب، بار شناختی مشارکتی به عنوان یک عنصر کلیدی در یادگیری مشارکتی در محیط‌های آنلاین مطرح است. عدم استفاده از تکنیک‌های بار شناختی می‌تواند با بارگذاری بیش از حد حافظه کاری که ظرفیت محدودی دارد، منجر به ضعف در فرایندهای شناختی؛ مانند تفکر انتقادی و حل مسئله منجر شود که این امر می‌تواند به یادگیری سطحی و ناپایدار منجر شود. (Young et al., 2014; Sweller, 1993). برای پرداختن به این موضوع، یاددهندگان می‌توانند هنگام طراحی محیط‌های یادگیری مشارکتی به صورت آنلاین، اصول نظریه بار شناختی را برای تسهیل تفکر انتقادی و مهارت‌های حل

مسئله در یادگیرندگان به کار ببرند (Louw, 2021). با ساختاردهی دقیق فرایند یادگیری، یاددهندگان قادر خواهند بود بار شناختی را بهینه کرده و تفکر انتقادی و توانایی‌های حل مسئله را در دانش‌آموزان تقویت کنند. از آنجایی که مهارت‌های فراشناختی نقش مهمی در یادگیری موفقیت‌آمیز دارند و دانش‌آموزان را قادر می‌سازند تا برنامه‌ریزی کنند، بر پیشرفت نظارت کنند و استراتژی‌ها را در صورت نیاز تطبیق دهند، پس باید یادگیری این تکنیک‌ها نیز در برنامه یادگیرندگان گنجانده شود (Jayakumar & Krishnakumar, 2015).

پیشینه پژوهش

در زمینه استفاده از تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی بر عملکرد یادگیرندگان، پژوهش‌های متعددی نشان‌دهنده اهمیت کاهش بار شناختی در فرایند یادگیری هستند. DU و همکاران (2022) در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که نتایج نشان می‌دهد که یادگیرندگانی که ظرفیت حافظه کاری بالایی دارند، در شرایط یادگیری مشارکتی، بهتر از یادگیری فردی عمل کردند و کاهش کمتری در منابع حافظه کاری را تجربه کردند؛ اما یادگیرندگانی با ظرفیت پایین نتوانستند از این مزایا بهره‌مند شوند. همچنین، اعضای با ظرفیت بالا در گروه‌های هم‌سطح عملکرد بهتری داشته‌اند، در مقابل، یادگیرندگان با ظرفیت پایین نتوانستند از مزایای یادگیری مشارکتی بهره‌مند شوند و عملکرد آن‌ها به‌طور محدود در گروه‌های ناهمگن بود. این نتایج با یافته‌های Zheng و همکاران (2021) هم‌خوانی دارد که تأثیر مداخله‌های شخصی بر ساخت دانش مشارکتی و تنظیم اجتماعی فراشناخت مشترک را بررسی کردند. در این پژوهش، گروه آزمایش نشان‌دهنده تنظیم اجتماعی فراشناخت بیشتری نسبت به گروه کنترل بودند که خود به کاهش بار شناختی و بهبود عملکرد گروهی کمک کرد. به عبارت دیگر، تنظیم مؤثر بار شناختی می‌تواند به یادگیری بهتر و افزایش تعاملات مثبت در گروه‌ها منجر شود. یکی از عواملی که باعث کاهش بار شناختی و بهبود یادگیری می‌شود، طراحی مناسب محتوا و فعالیت‌های یادگیری است؛ در این زمینه، Wang و همکاران (2020) در پژوهشی با عنوان «عملکرد یادگیری و الگوهای رفتاری یادگیری مشارکتی آنلاین: تأثیر بار شناختی و توانایی‌های چندرسانه‌ای مختلف» بر تأثیر بار شناختی بر الگوهای رفتاری یادگیری مشارکتی آنلاین تأکید کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که کلاس‌های با فضای یادگیری فعال (نسخه تعاملی) بار شناختی متوسطی داشتند و کارایی بالایی در تبادل اطلاعات نشان دادند، درحالی که کلاس‌هایی که با بار شناختی بالا مواجه

بودند (نسخه ویدیویی) عملکرد کمتری داشتند. متناسب با همین عنوان Liao و همکاران (2019) با بررسی تأثیر ویدیوهای آموزشی در محیط‌های یادگیری مبتنی بر بازی دیجیتال، به این نتیجه رسیدند که استفاده از این نوع ویدیوها به طور قابل توجهی بارهای شناختی درونی و بیرونی را کاهش می‌دهد. این موضوع نشان می‌دهد که استفاده از ابزارهای چندرسانه‌ای می‌تواند به کاهش بار شناختی و تسهیل یادگیری مشارکتی کمک نماید. باید توجه داشت که علاوه بر طراحی محتوای آموزشی و فعالیت‌های مناسب، به کارگیری رویکردهای همسو و متناسب نیز از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. نتایج پژوهش‌های مختلف نشان‌دهنده تأثیرات متفاوت رویکردهای یادگیری بر بار شناختی و رفتارهای یادگیری دانش‌آموزان است. Chu و همکاران (2017) با بررسی دو رویکرد تدریس خصوصی و سیستم یادگیری آنلاین، به این نتیجه رسیدند که هر دو روش می‌توانند به طور قابل توجهی پیشرفت یادگیری را افزایش دهند و بار شناختی دانش‌آموزان را کاهش دهند. این یافته‌ها نشان‌دهنده اهمیت انتخاب رویکرد مناسب در فرآیند یادگیری است. متناسب با این عنوان، Zhang و همکاران (2011) نیز با بررسی انواع مختلف یادگیری مشارکتی، به این نتیجه رسیدند که رویکرد پایان باز می‌تواند بار شناختی کمتری را در مقایسه با یادگیری فردی ایجاد کند و عملکرد بهتری را به همراه داشته باشد. این نتایج نشان می‌دهد ضرورت طراحی فعالیت‌ها در یادگیری مشارکتی به گونه‌ای است که شرایط و الزامات به تعادل رسیده و یادگیری مؤثرتری حاصل شود. همچنین پژوهش‌ها نشان می‌دهد تحلیل تفاوت‌های جنسیتی در بار شناختی و اضطراب رقابتی می‌تواند درک عمیق‌تری از چالش‌های خاصی که دختران و پسران در زمینه تعاملات فناوری با آن مواجه‌اند، فراهم کند. در این زمینه، Hwang و همکاران (2013) در پژوهشی با عنوان «تفاوت‌های جنسیتی در بار شناختی و اضطراب رقابت بر نگرش دانش‌آموزان کلاس ششم نسبت به بازی و قصد بازی در یک بازی متوالی یا هم‌زمان تأثیر می‌گذارد» به این نتیجه رسیدند دختران در بازی‌های هم‌زمان بار شناختی و اضطراب بیشتری نسبت به پسران دارند، اما نگرش‌ها و نیت‌های آن‌ها در استفاده از فناوری مشابه پسران است. نتایج تمامی پژوهش‌ها حاکی از آن است که استفاده از تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی می‌تواند عملکرد یادگیرندگان را بهبود بخشد و یادگیری آن‌ها را تسهیل کند.

بر این اساس، با توجه به اهمیت استفاده تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط الکترونیکی از آنجا که در داخل کشور پژوهشی در این زمینه انجام نشده است؛ در این

راستا، سعی خواهیم کرد با شناسایی چهارچوب‌های مؤثر در به حداقل رساندن بار شناختی در این زمینه کمک کنیم. همچنین، با معرفی تکنیک‌ها و استراتژی‌های خاصی که می‌تواند به بهبود کیفیت یادگیری در محیط‌های آنلاین منجر شود، سعی خواهیم کرد راهکارهایی عملی و مستند ارائه کنیم که معلمان و طراحان دوره‌های آنلاین بتوانند از آن‌ها بهره‌برداری کنند و پژوهش در مورد مبانی نظری و بررسی تجارب کشورهای پیشرو در این زمینه باعث توسعه دانش نظری در این زمینه خواهد شد و راه را برای طراحی و عملی کردن این آموزش‌ها نه فقط در مراکز آموزش خصوصی، بلکه در کلیه مراکز آموزشی کشور باز خواهد کرد؛ لذا این پژوهش به منظور پاسخ به این سؤال است که تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط الکترونیکی کدام است؟

روش

در این پژوهش از مرور نظام‌مند برای شناسایی، ارزشیابی، تحلیل مقالات در زمینه تکنیک‌های کاهش بار شناختی در محیط یادگیری مشارکتی استفاده شده است. (Petticrew & Roberts, 2008) مرور نظام‌مند تحقیقات را به عنوان یک تفسیر از مستندات انتخاب شده در موضوعی مشخص که شامل خلاصه‌سازی، تحلیل، ارزشیابی و ترکیب مستندات می‌شود تعریف کردند. در مطالعات مرور نظام‌مند، پژوهش‌های انجام‌شده درباره یک موضوع خاص به طور مختصر و مفید در اختیار قرار می‌گیرد و برای مرور مقالات از قواعد دقیق تبعیت می‌شود (رجب‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۵). کاربرد مرور نظام‌مند این است که یک تصویر جامع از موضوع مورد تحقیق ایجاد می‌کند و می‌تواند درک یک موضوع و شناسایی موضوعات مشترک در تحقیق را تسهیل کرده و یا به توسعه یک نظریه کمک کند (Hammersley, 2010; Tondeur, 2012).

راهبرد جستجو این مرور نظام‌مند با پیروی از چک‌لیست PRISMA (Moher et al., 2009) انجام گرفته است. جهت مشخص کردن مقالات در ۷ پایگاه داده اسکوپوس، وب‌آوساینس، ساینس دایرکت، ابسکو، نورمگز، ایران داک و موسسه استنادی و پایش علم و فناوری جهان اسلام جستجوی نظام‌مند در مهر ۱۴۰۳ صورت گرفت و در آذر ۱۴۰۳ به روزرسانی شد. جستجوی دستی نیز در گوگل اسکالر برای تکمیل کار صورت گرفت. عبارات جستجو از ترکیب کلمات کلیدی مرتبط با یادگیری مشارکتی، یادگیری گروهی،

بار شناختی، یادگیری الکترونیکی در پایگاه‌های داده انگلیسی طبق جدول ۱. و در پایگاه‌هایی داده فارسی طبق جدول ۲. شکل گرفتند.

جدول ۱. کلمات کلیدی در جستجوی نظام‌مند پایگاه‌های داده انگلیسی

OR		OR		OR
"Collaborative learning"		"Cognitive load"		"e-learning"
"Cooperative learning"	AND	"Cognitive burden"		Electronic "
"collaborative cognitive load"		"Perceptual load"	AND	"learning"
		"Mental load"		"online learning "
		"Information load"		" online education"
				" E-education"

جدول ۲. کلمات کلیدی در جستجوی نظام‌مند پایگاه‌های داده فارسی

یا		یا
یادگیری الکترونیکی	و	یادگیری مشارکتی
یادگیری برخط		یادگیری گروهی
یادگیری آنلاین		

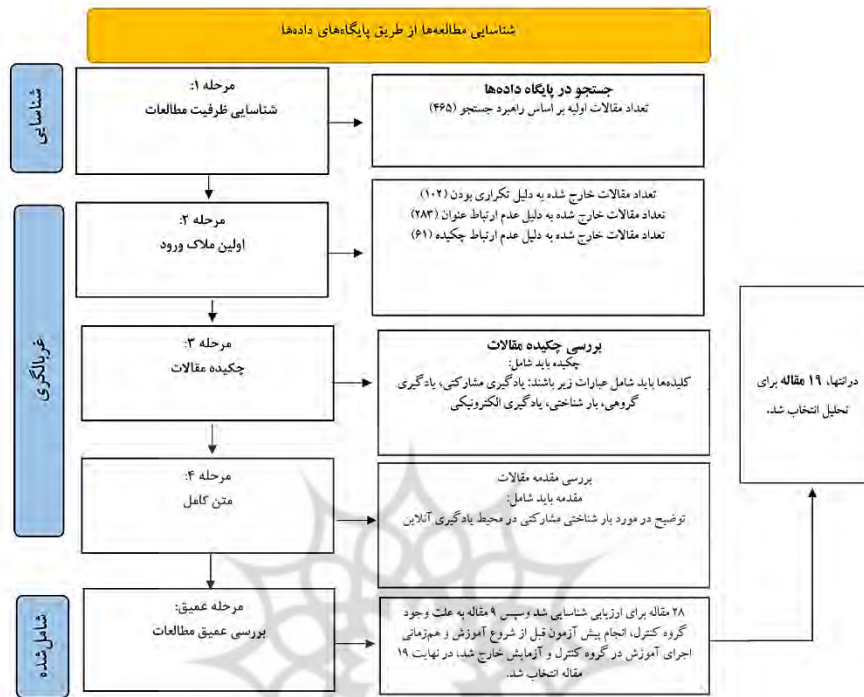
برای دستیابی به هدف پژوهش معیارهای ورود و خروج مقالات در این پژوهش به‌منظور اعتبارسنجی و دقت در نتایج تحقیق تعیین شده‌اند. معیار ورود شامل مقالاتی است که با هدف پژوهش مرتبط بوده و در فصل‌نامه‌های علمی داوری شده، کنفرانس‌ها، رساله‌های دکتری و پایان‌نامه‌ها منتشر شده‌اند. همچنین، مقالات بررسی شده باید در سال‌های اخیر، به‌ویژه در چهارده سال گذشته، منتشر شده و از نوع علمی پژوهشی باشند. در مقابل، معیار خروج شامل مقالاتی است که با هدف پژوهش ارتباطی نداشته یا در فصل‌های کتاب، روزنامه‌ها، مجلات عمومی و گزارش‌ها منتشر شده‌اند. علاوه بر این، مقالات منتشر شده قبل از سال ۲۰۱۰ (یا ۱۳۸۹) و همچنین مقالاتی که به‌صورت غیرعلمی منتشر شده‌اند، از فرآیند بررسی حذف شدند. همچنین، مقالاتی که به زبان‌های غیر از فارسی و انگلیسی نوشته شده‌اند نیز از این بررسی خارج گردیدند. جدول معیارهای داخل شدن و معیارهای خارج شدن مقالات در تمام مراحل بررسی از عنوان و چکیده تا متن کامل را تا رسیدن به مقالات نهایی جهت تحلیل نشان می‌دهد.

جدول ۳. معیار داخل و یا خارج شدن مقالات در روند بررسی

معیار داخل شدن مقالات	معیار خارج شدن مقالات
مرتبط با یادگیری مشارکتی	عدم ارتباط با یادگیری مشارکتی
مرتبط با یادگیری در محیط آنلاین	عدم ارتباط با محیط آنلاین
مرتبط با بار شناختی	عدم ارتباط با بار شناختی
چاپ‌شده در فصلنامه‌های علمی داوری شده،	چاپ‌شده در فصل‌های کتاب، روزنامه‌ها،
کنفرانس‌ها، رساله‌های دکتری و پایان‌نامه‌ها	مجلات عمومی، گزارش‌ها
سال انتشار ۲۰۱۰ یا ۱۳۸۹ و جدیدتر از آن	سال انتشار قدیمی‌تر از ۲۰۱۰ یا ۱۳۸۹
مقالات علمی - پژوهشی	علمی - پژوهشی نبودن مقالات
	به‌غیر از زبان فارسی یا انگلیسی

خروجی جستجوی نظام‌مند: در این پژوهش، روند جستجو و انتخاب مقالات را به گونه‌ای که در شکل ۱. نشان داده شده است در ابتدا، با جستجو در تمامی پایگاه‌های داده مذکور، شامل مقالات به زبان‌های انگلیسی و فارسی و با استفاده از کلمات کلیدی مرتبط، تعداد ۴۳۵ مقاله شناسایی شد. قابل ذکر است که در جستجوی پایگاه داده فارسی هیچ مقاله‌ی مرتبطی یافت نشد. علاوه بر این، ۳۵ مقاله از طریق جستجوی دستی در گوگل اسکالر به این مجموعه اضافه گردید که بدین ترتیب مجموع مقالات یافته‌شده به ۴۶۵ مقاله رسید. در ادامه، ۱۰۲ مقاله تکراری شناسایی و حذف شدند. تعداد ۳۶۳ مقاله برای بررسی عنوان انتخاب شد. با تحلیل بررسی عنوان این مقالات، ۲۸۳ مقاله به دلیل عدم ارتباط با تکنیک‌های بار شناختی مشارکتی در محیط آنلاین و همچنین عدم اجرای تحقیق به صورت علمی-پژوهشی، از روند بررسی حذف گردید. در نتیجه، ۸۰ مقاله برای بررسی چکیده انتخاب شد و پس از غربالگری، ۲۸ مقاله برای بررسی متن کامل انتخاب شدند. به منظور تحلیل و مقایسه دقیق‌تر مقالات نهایی، معیارهای مشخص‌تری در خصوص نوع تحقیق لحاظ گردید که شامل وجود گروه کنترل، انجام پیش‌آزمون قبل از شروع آموزش و هم‌زمانی اجرای آموزش در گروه کنترل و آزمایش بود. با توجه به این معیارها، ۹ مقاله از بررسی متن کامل خارج شدند و در نهایت ۱۹ مقاله برای بررسی و تحلیل عمیق انتخاب شد.

شکل ۱. فرایند بازیابی و انتخاب مطالعات



استخراج داده‌ها: اطلاعات مقالات نهایی داخل شده در این مرور نظام‌مند در جداول استاندارد شده استخراج گردید. جدول ۴ مشخصات هر تحقیق را توضیح می‌دهد که شامل موارد: نویسنده، سال انتشار، عنوان، روش پژوهش، کشور محل تحقیق، مفاهیم کلیدی موجود در مقالات استخراج شد و سپس در جدول ۵ مفاهیم موجود، تعریف مفاهیم و تکنیک‌های کاهش بار شناختی در محیط یادگیری الکترونیکی استخراج و در جدول ۶ دسته‌بندی از آن‌ها ارائه گردید.

یافته‌ها

پس از انجام یک مرور نظام‌مند از پایگاه‌های داده مختلف و اعمال ملاک‌های ورودی و خروجی به منظور شناسایی و تحلیل پژوهش‌ها و مقالات مرتبط با موضوع مورد نظر، به مجموعه‌ای از یافته‌ها حاصل شد. این فرایند شفراین درسی دقیق و تحلیل داده‌ها از ۱۹ مقاله پژوهشی منتخب بود که اهمیت خاصی در زمینه E-CCLT داشتند.

درمجموع، ۱۹ مقاله پژوهشی در زمینه تکنیک‌های کاهش E-CCLT شناسایی و تحلیل شدند. این مقالات نشان‌دهنده تنوع و گستردگی مقالات موجود در این حوزه و تمرکز روی جنبه‌های مختلف بار شناختی مشارکتی در کلاس‌های الکترونیک هستند. مشخصات کامل این پژوهش‌ها در جدول ۳ نمایش داده شده‌اند و به شکل قابل توجهی به درک عمیق‌تری از نتایج و روندهای جاری در تحقیقات مرتبط با E-CCLT کمک کننده هستند.

جدول ۴. مشخصات پژوهش‌های منتخب

نویسنده / سال	عنوان	مجله	کشور	روش	کلیدواژه
Ruth C. Clark & Richard E. Mayer (2023)	e-Learning and the Science of Instruction	Wiley	USA & Canada	تحقیقات علم شناختی	یادگیری چندرسانه‌ای، نظریه بار شناختی، طراحی آموزشی، یادگیری فعال، داربست، بازخورد، یادگیری مبتنی بر شواهد
Jill Cathleen Woods (2022)	"The Illusion of Collaboration": An Integrated Examination of the Antecedents, Processes, and Consequences of Online Group Work	WVU of Research repository	USA	قوم‌نگاری	یادگیری آنلاین پس از ثانویه، یادگیری مشارکتی با پشتیبانی کامپیوتر، بار شناختی مشارکتی، فاصله تعاملی، بازتاب در عمل، نوشتن حرفه‌ای، قوم‌نگاری از راه دور
Carmel Kent & Mutlu Cukurova (2020)	Investigating Collaboration as a Process with TheoryDriven Learning Analytics	Learning Analytics	UK	تجزیه و تحلیل CLaP	یادگیری مشارکتی به‌عنوان یک فرایند (CLaP)، ارزیابی همکاری در یادگیری، نظریه بار شناختی (CLT)، نظریه بار شناختی مشارکتی (CCLT)، یادگیری جمعی، تجزیه و تحلیل شبکه‌های اجتماعی
Xuejiao Du, Cong Chen & Hongxin Lin (2022)	The impact of working memory capacity on collaborative learning in elementary school students	Frontiers in Psychology	China	روش آزمایشی	ظرفیت حافظه کاری، یادگیری مشارکتی، دانش‌آموزان دبستانی، یادگیری فردی، کاهش منابع حافظه کاری
Crina I. Damşa (2014)	The multi-layered nature of small-group learning: Productive interactions in object-oriented collaboration	Computer-Supported Collaborative Learning	Norway	طراحی مبتنی بر (DBR)	ساخت مشترک دانش، اشیای دانش، یادگیری در آموزش عالی، تعامل سازنده، همکاری گروه‌های کوچک

نویسنده / سال	عنوان	مجله	کشور	روش	کلیدواژه
Helmy Elbaly & Mohammed Elfeky (2022)	The role of metacognition in promoting deep learning in MOOCs during COVID-19 pandemic	PeerJ Computer Science	Egypt	روش آزمایشی	فراساخت، COVID-19، یادگیری عمیق، MOOCs، تفکر نقادانه
Shamsuddin, Woon & Hadie (2023)	Feedback from medical student on an interactive online anatomy practical using the Google Jamboard platform	Taibah University Medical Sciences	Malaysia	پدیدارشناسی	آموزش آناتومی، COVID-19، Google Jamboard، یادگیری تعاملی، یادگیری آنلاین
Marei et al., (2019)	Collaborative use of virtual patients after a lecture enhances learning with minimal investment of cognitive load	Medical Teacher	Saudi Arabia	روش آزمایشی	طراحی آموزشی - پزشکی
Chu, Jun- Chen & Tsai (2017)	Effects of an online formative peer-tutoring approach on students' learning behaviors, performance and cognitive load in mathematics	Interactive Learning Environments	Taiwan	روش آزمایشی	تجزیه و تحلیل رفتار یادگیری، تدریس خصوصی، گزارش‌های یادگیری، تجزیه و تحلیل یادگیری، دوره‌های ریاضیات
Jan, Chen & HanHua (2016)	Enhancement of digital reading performance by using a novel web-based collaborative reading annotation system with two quality annotation filtering mechanisms	Human-Computer Studies	Taiwan	روش شبه آزمایشی	یادگیری مشارکتی / مشارکتی، رابط انسان و کامپیوتر، محیط‌های یادگیری تعاملی، راهبردهای آموزش/یادگیری
Zhang, Ayres & Chan (2011)	Examining different types of collaborative learning in a complex computer-based environment: A cognitive load approach	Computers in Human Behavior	China	روش آزمایشی	یادگیری مشارکتی، یادگیری فردی، محیط یادگیری مبتنی بر کامپیوتر، نظریه بار شناختی، اندازه‌گیری بار شناختی، شبه آزمایش
Bodemer (2011)	Tacit guidance for collaborative multimedia learning	Computers in Human Behavior	Germany	روش آزمایشی	یادگیری مشارکتی با پشتیبانی رایانه، آگاهی گروهی، نمایشگرهای خارجی متعدد، یادگیری چندرسانه‌ای، بار شناختی، ابزارهای بازنمایی
Jung, Shin & Zumbach (2021)	The effects of pre-training types on cognitive load, collaborative knowledge construction and deep learning in a computer-supported collaborative learning environment	Interactive Learning Environments	South Korea	روش آزمایشی	پیش آموزش، بار شناختی، ساخت دانش مشارکتی، یادگیری مشارکتی، یادگیری عمیق

نویسنده / سال	عنوان	مجله	کشور	روش	کلیدواژه
Mu (2010)	Towards effective video annotation: An approach to automatically link notes with video content	Computers & Education			حاشیه‌نویسی ویدئویی، مطالعه قابلیت استفاده، بار شناختی، یادگیری از راه دور مشارکتی
Liao, et al (2019)	The interactivity of video and collaboration for learning achievement, intrinsic motivation, cognitive load, and behavior patterns in a digital game-based learning environment	Computers & Education	Taiwan	روش فاکتوریل ۲×۲	یادگیری مبتنی بر بازی دیجیتال (DGBL)، فیلم آموزشی، همکاری، پیشرفت یادگیری، انگیزه درونی، بار شناختی، رفتارهای یادگیری
Wang, Fang & Gu (2020)	Learning performance and behavioral patterns of online collaborative learning: Impact of cognitive load and affordances of different multimedia	Comput. Educ.	China	روش پیمایش	یادگیری مشارکتی آنلاین، الگوهای رفتاری، بار شناختی، توانایی‌ها، یادگیری چندرسانه‌ای، بحث هم‌زمان
Janssen & Kirschner (2020)	Applying collaborative cognitive load theory to computer-supported collaborative learning: towards a research agenda.	Educational technology research and development	Netherlands	پدیدارشناسی	یادگیری مشارکتی با کامپیوتر، بار شناختی، فعالیت‌های تعاملی، حافظه کاری جمعی
Weng et al., (2018)	Effects of interactivity in E-textbooks on 7th graders science learning and cognitive load.	Computers & Education		پدیدارشناسی	کتاب درسی الکترونیک، بار شناختی، تعامل، یادگیری درک شده
Hollender et al., (2010)	Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction	Computers in Human Behavior	Germany	روش شبه آزمایشی	تئوری بار شناختی، تعامل انسان و رایانه، آموزش به کمک رایانه، یادگیری

برای پاسخ به سؤال اصلی پژوهش، از تحلیل محتوا استفاده شد که در ابتدا انتخاب موضوع و سؤال تحقیق با مشخص کردن هدف پژوهش و تعیین سؤالاتی که قرار است پاسخ داده شوند، آغاز گردید. متون یا محتوای مربوطه به گونه‌ای انتخاب شدند که نماینده‌ای از کل موضوع باشند. در ادامه کدها ایجاد و برای دسته‌بندی داده‌ها و تسهیل تحلیل آن‌ها طبقه‌بندی گردیدند. در گام بعد، تعدادی از کدها که شامل مفاهیم بیشتری بودند، در سطوح بالاتر دسته‌بندی شده و زیر مؤلفه‌ها قرار گرفتند و سپس مورد بازبینی مجدد قرار گرفتند. ابعاد اصلی به‌طور مداوم اصلاح و شکل‌گیری مجدد پیدا کردند و با توجه به محتوای موجود، نام‌گذاری‌ها صورت گرفت. در حین این فرایند، ابعادی که هم‌پوشانی زیادی داشتند،

ترکیب شده و در نهایت یک دسته‌بندی کلی حاصل شد. مؤلفه‌های استخراج شده ۶ بعد کلی شامل کاربرمحوری، طراحی اطلاعات، انعطاف‌پذیری و سفارشی‌سازی، اجتماع‌محوری، بازیابی و استفاده از اطلاعات و پشتیبانی مبتنی بر فناوری طبقه‌بندی گردیدند که از ۲۰ مؤلفه استخراج گردید و این ۲۰ مؤلفه از ۱۰۱ تکنیک منتج گردید.

جدول ۵. دسته‌بندی تکنیک‌های کاهش E-CCLT به مؤلفه‌ها و ابعاد

ابعاد	مؤلفه‌ها	تکنیک‌ها
ابزار و منابع یادگیری		استفاده از ابزارهای کارآمد
		آشنایی با ابزار یادگیری
		ابزارهای تحلیلی
		ابزارهای شناختی برای سازمان‌دهی و پردازش
یادگیری و حل مسئله		استفاده از کتاب‌های درسی الکترونیکی تعاملی
		توسعه یادگیری حل مسئله
		ترویج یادگیری استقرایی مستقل
		یادگیری افزایشی
کاربرمحوری	تعامل و همکاری	تمرکز بر فرایندهای شناختی
		مدل‌سازی و حمایت از دانش‌سازی
		اجرای یادگیری قیاسی مشارکی
		تشویق حمایت و همکاری همتایان
پشتیبانی و بازخورد		تسهیل ارتباطات و اجماع
		تعاملات گروهی ساختاریافته
		سیستم‌های پشتیبانی همتا
		پشتیبانی از تفاوت‌های فردی
فضای یادگیری		بازخورد شخصی
		مکانیسم‌های بازخورد فوری
		ارائه دستورالعمل‌ها و بازخورد واضح
		فرصت‌های انعکاس
		ایجاد یک محیط حمایتی
		Downtime و Breaks
		تسهیل آگاهی عاطفی در ارتباطات
		طراحی یادگیرنده‌محور
		اهداف یادگیری واضح

ابعاد	مؤلفه‌ها	تکنیک‌ها
مدیریت بار شناختی		حذف اطلاعات غیرضروری
		پرداختن به بار شناختی ذاتی
		به حداقل رساندن بار شناختی خارجی
طراحی آموزشی		تشویق بار شناختی درونی
		مدیریت بار شناختی
		طراحی آموزشی مناسب
طراحی اطلاعات	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	پذیرش اصول یادگیری چندرسانه‌ای
		ایجاد تعادل بین وابستگی متقابل بالا و وظایف مستقل
		طراحی وظایف پیچیده با بار شناختی توزیع شده
طراحی اطلاعات	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	استفاده از ویژگی‌های زبانی برای ارزیابی بار شناختی
		برقراری ارتباط و دستورالعمل‌های واضح
		چارچوب‌های مفهومی واضح
استفاده از منابع و ابزارهای بصری	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	ساده ساختن ناوبری
		خرد کردن اطلاعات
		وظایف یکپارچه‌سازی فعال
ارتباط و بازخورد	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	استفاده از بازنمایی‌های بصری ابزارهای حاشیه‌نویسی و توضیحات پیوند خودکار یادداشت‌ها به بخش‌های ویدئو
		فرمت‌های چندرسانه‌ای
		استفاده از فیلترهای حاشیه‌نویسی باکیفیت بالا
تخصیص نقش بر اساس دانش قبلی آموزش متمایز	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	بحث‌های ساختاریافته
		فعالیت‌های مشارکتی ساختاریافته،
		بازخورد منظم
تخصیص نقش بر اساس دانش قبلی آموزش متمایز	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	تخصیص نقش بر اساس دانش قبلی آموزش متمایز
		تخصیص نقش بر اساس دانش قبلی آموزش متمایز
		پشتیبانی از خودتنظیمی
تخصیص نقش بر اساس دانش قبلی آموزش متمایز	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	سازمان‌دهی مؤثر
		ابزارهای شناختی برای سازمان‌دهی و پردازش
		استفاده از محیط‌های یادگیری متنوع
فعالیت مشارکتی/تعاملی	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	استفاده از ابزارهای وب ۲٫۰
		ایجاد وظایف فرعی مستقل
		استفاده از وظایف مشارکتی پایان باز تشویق رقابت در میان همسالان آموزش همتایان
فعالیت مشارکتی/تعاملی	سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری	یادگیری افزایشی
		یادگیری افزایشی
		یادگیری افزایشی

ابعاد	مؤلفه‌ها	تکنیک‌ها
تعاملات اجتماعی/مشارکتی		تعاملات اجتماعی مثبت
		تشویق همکاری تیمی
تعاملات اجتماعی/مشارکتی		تشویق حمایت و همکاری همتایان همکاری ساختاریافته
		تشویق همکاری مؤثر
یادگیری مشاهده‌ای و اجتماعی		یادگیری از طریق مشاهده اجتماعی
		اجرای یادگیری قیاسی مشارکتی
اجتماع محوری		جفت‌سازی تصادفی برای یادگیری مشارکتی
		ترویج تعامل فعال
توسعه مهارت‌های ارتباطی و عاطفی		مکانیسم‌های بازخورد همسالان
		توسعه مهارت‌های ارتباطی
توسعه مهارت‌های ارتباطی و عاطفی		تسهیل آگاهی عاطفی در ارتباطات
		تشویق تلاش شناختی در ارتباطات
فرایندهای شناختی و حمایت از یادگیرندگان		تحمل خطای کاربر
		توجه به دینامیک‌های گروهی
فرایندهای شناختی و حمایت از یادگیرندگان		تمرکز بر فرایندهای شناختی
		مدل‌سازی و حمایت از دانش‌سازی سیستم‌های پشتیبانی همتا
مدیریت و ارزیابی بار شناختی		تشویق حاشیه‌نویسی مشارکتی
		مدیریت بار شناختی
مدیریت و ارزیابی بار شناختی		نظارت بر سطوح بار شناختی
		پرداختن به بار شناختی ذاتی
بازیابی و استفاده از اطلاعات		استفاده از ویژگی‌های زبانی برای ارزیابی بار شناختی
		ابزارهای تحلیلی
هم‌افزایی		حافظه کاری جمعی
		اشتراک‌گذاری حافظه کاری جمعی
هم‌افزایی		توسعه هوش مشترک
		بازیابی و استفاده از اطلاعات
هم‌افزایی		استفاده از بازنمایی‌های بصری

ابعاد	مؤلفه‌ها	تکنیک‌ها
فرصت‌های تأمل و ابزارهای شناختی		تشویق تأمل و تفکر
		فرصت‌های انعکاس
		تخصیص زمان پردازش به یادگیری
پشتیبانی مبتنی بر فناوری	بهبود بهینه‌سازی یادگیری و دسترسی به محتوا	خردکردن اطلاعات
		ابزارهای شناختی برای سازمان‌دهی و پردازش
		جستجو و نقشه مفهومی
توسعه و بهبود تعامل و رابط کاربری		واژه‌نامه و کتابخانه استراتژی، مکانیسم‌های بازخورد فوری
		ارزیابی کارایی یادگیری
		ادغام اصول HCI و CLT
پشتیبانی مبتنی بر فناوری	بهبود بهینه‌سازی یادگیری و دسترسی به محتوا	استفاده از محیط‌های یادگیری متنوع
		دسترسی پیشرفته به محتوای مرتبط
		پیوند خودکار یادداشت‌ها به بخش‌های ویدیو
توسعه و بهبود تعامل و رابط کاربری		کاهش تلاش‌های هماهنگی دستی ابزارهای حاشیه‌نویسی و توضیح
		بهبود رابط‌های کاربری
		مکانیک بازی برای تقویت یادگیری
توسعه و بهبود تعامل و رابط کاربری		آموزش ماشین و شناخت الگوها اعتبارسنجی مطالعات
		رديابی چشم بهینه‌سازی قابلیت استفاده از نرم‌افزار

شکل ۲. نمای شماتیک ابعاد کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط الکترونیکی



بحث و نتیجه‌گیری

این پژوهش به منظور شناسایی چهارچوب‌های مؤثر در به حداقل رساندن بار شناختی مشارکتی در محیط‌های الکترونیکی انجام شده است. همچنین، با تأکید بر تکنیک‌هایی که زمینه‌ساز بهبود کیفیت یادگیری در محیط‌های آنلاین هستند، راهکارهایی عملی و مستند برای معلمان و طراحان دوره‌های آنلاین ارائه گردید تا از آن‌ها بهره‌برداری کنند. طراحی مؤثر محیط‌های آموزشی الکترونیکی با تمرکز بر تکنیک‌های مذکور، می‌تواند به طور محسوسی E-CCLT در یادگیری را کاهش دهد و به این ترتیب، تجربیات یادگیری بهتری را برای کاربران به ارمغان آورد.

بررسی یافته‌های تحقیقات انتخاب‌شده درباره تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط الکترونیکی در شش بعد، کاربرمحوری، طراحی اطلاعات، فناوری و سفارشی‌سازی، اجتماع‌محوری، بازیابی و استفاده از اطلاعات، پشتیبانی مبتنی بر فناوری از عوامل مؤثر در کاهش بار شناختی هستند.

۱. **کاربرمحوری:** یافته‌ها نشان می‌دهند که طراحی کاربرمحور می‌تواند به طور قابل توجهی بار شناختی یادگیرندگان را کاهش دهد. این رویکرد به یادگیرندگان این امکان را می‌دهد که با توجه به نیازها و ترجیحات خود، محتوا و فعالیت‌ها را شخصی‌سازی کنند. از طریق این تکنیک‌ها، یادگیرندگان می‌توانند در فرایند یادگیری فعال‌تر و مؤثرتر مشارکت کنند. کاربرمحوری شامل پنج مؤلفه است. اولین مؤلفه ابزار و منابع یادگیری است که به کارگیری مجموعه‌ای از ابزارهای کارآمد و منابع، از جمله کتاب‌های الکترونیکی تعاملی و ابزارهای تحلیلی و شناختی، برای سازمان‌دهی و پردازش اطلاعات به منظور تسهیل و بهبود فرایند یادگیری اطلاق می‌شود (Xuejiao et al., 2022). مؤلفه دوم یادگیری و حل مسئله است در این مؤلفه فرایند توسعه یادگیری و حل مسئله، ترویج یادگیری استقرایی مستقل و یادگیری افزایشی، با تمرکز بر فرایندهای شناختی و مدل‌سازی برای حمایت از دانش‌سازی انجام می‌گیرد (Helmy et al., 2021). مؤلفه سوم تعامل و همکاری است که به فرایند اجرای یادگیری قیاسی مشارکتی، تشویق همکاری همتایان، تسهیل ارتباطات و اجماع، و ایجاد تعاملات گروهی ساختاریافته و سیستم‌های پشتیبانی همتا برای ارتقای یادگیری مشترک و مؤثر نسبت داده می‌شود (Shmseddin et al., 2023). مؤلفه چهارم پشتیبانی و بازخورد است که به فراهم کردن پشتیبانی از تفاوت‌های فردی، ارائه بازخورد شخصی و

فوری، ارائه دستورالعمل‌ها و بازخورد واضح، و ایجاد فرصت‌های انعکاس برای بهبود یادگیری و ترفیع فرایند یادگیری می‌پردازد (Chu et al., 2017). در مؤلفه پنجم، فضای یادگیری به ایجاد یک محیط حمایتی و یادگیرنده‌محور با اهداف یادگیری واضح، تسهیل آگاهی عاطفی در ارتباطات و فراهم کردن زمان‌بندی مناسب برای استراحت جهت ارتقای یادگیری مؤثر و مثبت اطلاق می‌شود (Kirschner & Erkens, 2013).

۲. **طراحی اطلاعات:** طراحی اطلاعات برای کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط آنلاین، باید به گونه‌ای انجام شود که کاربران بتوانند به راحتی اطلاعات را پردازش کنند و از آن بهره‌برداری نمایند. استفاده از تکنیک‌هایی نظیر تقسیم اطلاعات به بخش‌های کوچک، ارائه بصری و استفاده از نشانه‌های بصری می‌تواند به کاربران کمک کند تا درک بهتری از محتوای ارائه شده داشته باشند. این بعد دربرگیرنده پنج مؤلفه است. مؤلفه اول مدیریت بار شناختی است که به فرایند حذف اطلاعات غیرضروری، به حداقل رساندن بار شناختی خارجی، پرداختن به بار شناختی ذاتی و تشویق بار شناختی درونی جهت تسهیل یادگیری و بهینه‌سازی فرایندهای شناختی تلقی می‌شود (Janssen & Kirschner, 2018). مؤلفه دوم، طراحی آموزشی است در این فرایند طراحی آموزشی مناسب با پذیرش اصول یادگیری چندرسانه‌ای، ایجاد تعادل بین وابستگی متقابل و وظایف مستقل، طراحی وظایف پیچیده با بار شناختی توزیع شده و استفاده از ویژگی‌های زبانی برای ارزیابی بار شناختی به منظور بهبود یادگیری مؤثر انجام می‌گیرد (Clarck & Mayer, 2023). سومین مؤلفه سازمان‌دهی و ساختاردهی یادگیری، به برقراری ارتباط و دستورالعمل‌های واضح، استفاده از چارچوب‌های مفهومی روشن، ساده‌سازی ناوبری، خرد کردن اطلاعات و طراحی وظایف یکپارچه‌سازی فعال برای تسهیل فرایند یادگیری و درک بهتر محتوا اطلاق می‌شود (Kent & Cukurova, 2020).

مؤلفه چهارم ارتباط و بازخورد است که در این مؤلفه به ایجاد بحث‌ها و فعالیت‌های مشارکتی ساختاریافته، ارائه بازخورد منظم، تخصیص نقش‌ها بر اساس دانش قبلی و آموزش متمایز به منظور تسهیل یادگیری و بهبود تعاملات یادگیرندگان شکل می‌گیرد (Ravanelli & Serina, 2014). همچنین، همگرایی با پژوهش‌های پیشین در زمینه طراحی تجربه کاربری و روان‌شناسی شناختی، به ویژه در کارهای مرتبط با بار شناختی و تعاملات آنلاین، یافته‌های پژوهش را تأیید می‌کند.

۳. انعطاف‌پذیری و سفارشی‌سازی: فناوری و سفارشی‌سازی، در زمینه کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط آنلاین، نقش کلیدی ایفا می‌کنند. استفاده از فناوری‌های نوین مانند هوش مصنوعی و یادگیری ماشین می‌تواند به ایجاد تجربه‌های کاربری شخصی‌سازی شده کمک کند، به‌طوری‌که کاربران بتوانند محتوای مرتبط با نیازها و علایق خود را به راحتی پیدا کنند. این نوع سفارشی‌سازی به کاهش بار شناختی کمک می‌کند، زیرا کاربران به جای جستجوی طولانی برای اطلاعات، به محتوای مناسب و مختصر دسترسی پیدا می‌کنند. این بعد شامل دو مؤلفه است. مؤلفه اول که شخصی‌سازی و مدیریت یادگیری است به تخصیص نقش‌ها بر اساس دانش قبلی، پشتیبانی از خودتنظیمی، سازمان‌دهی مؤثر و استفاده از ابزارهای شناختی برای سازمان‌دهی و پردازش به‌منظور ارتقای تجربه یادگیری فردی و متناسب با نیازهای هر یادگیرنده اطلاق می‌شود (Woods, 2022). مؤلفه دوم فعالیت مشارکتی/تعاملی است که به استفاده از محیط‌های یادگیری متنوع، ابزارهای وب ۲٫۰، ایجاد وظایف فرعی مستقل، وظایف مشارکتی پایان باز، تشویق رقابت در میان همسالان و آموزش همتایان به‌منظور ترویج یادگیری افزایشی و تعامل مؤثر بین یادگیرندگان نسبت داده می‌شود (Damsa, 2014).

۴. اجتماع محوری: از سوی دیگر، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که اجتماع محوری به‌عنوان یک راهکار مؤثر در کاهش بار شناختی یادگیرندگان عمل می‌کند. این تکنیک به ایجاد فضاهای تعاملی و مشارکتی کمک می‌کند که در آن افراد می‌توانند تجربیات و دانش خود را به اشتراک بگذارند، به تبادل ایده‌ها پردازند و از یکدیگر یاد بگیرند. این نوع تعاملات نه تنها به کاهش فشار شناختی ناشی از پردازش اطلاعات انفرادی کمک می‌کند، بلکه باعث تقویت حس اجتماعی و ارتقای یادگیری گروهی می‌شود. این بعد شامل چهار مؤلفه است. مؤلفه اول مؤلفه تعاملات اجتماعی/مشارکتی به ایجاد تعاملات اجتماعی مثبت، تشویق همکاری تیمی، حمایت و همکاری همتایان، همکاری ساختاریافته و تشویق همکاری مؤثر برای ارتقای تجربه یادگیری و ارتباطات بین فردی گفته می‌شود (Jung, Shin & Zumbach, 2021). دومین مؤلفه یادگیری مشاهده‌ای و اجتماعی است که به یادگیری از طریق مشاهده اجتماعی، اجرای یادگیری قیاسی مشارکتی، جفت‌سازی تصادفی برای یادگیری مشارکتی، ترویج تعامل فعال و به کارگیری مکانیسم‌های بازخورد همسالان برای تقویت فرایند یادگیری و تعاملات در گروه‌ها نسبت داده می‌شود (Zhang et al., 2011).

مؤلفه سوم توسعه مهارت‌های ارتباطی و عاطفی است که در آن به توسعه مهارت‌های ارتباطی، تسهیل آگاهی عاطفی در ارتباطات، تشویق تلاش شناختی در تعاملات و تحمل خطای کاربر به منظور بهبود کیفیت ارتباطات و افزایش هوش عاطفی در یادگیری پرداخته می‌شود. چهارمین مؤلفه فرایندهای شناختی و حمایت از یادگیرندگان است (Marei et al., 2019). در این مؤلفه به دینامیک‌های گروهی، تمرکز بر فرایندهای شناختی، مدل‌سازی و حمایت از دانش‌سازی، ایجاد سیستم‌های پشتیبانی هم‌تا و تشویق حاشیه‌نویسی مشارکتی برای ارتقای یادگیری مؤثر و تعاملات مثبت در گروه‌ها توجه می‌شود.

۵. بازیابی و استفاده از اطلاعات: در انتها، یافته‌ها نشان می‌دهد که بازیابی مؤثر اطلاعات و استفاده از آن‌ها در فرایند یادگیری نقش کلیدی در طراحی سیستم‌های آموزشی دارد. برای کاهش بار شناختی مرتبط با یادگیری آنلاین، ضروری است که محتوا به گونه‌ای طراحی شود که دسترسی به اطلاعات آسان و کم‌هزینه باشد. استفاده از ابزارهایی مانند فهرست‌ها، برجسب‌ها و موتورهای جستجوی پیشرفته، به یادگیرندگان این امکان را می‌دهد که به سرعت و سهولت به منابع موردنیاز خود دسترسی یابند. تکنیک‌هایی نظیر اشتراک‌گذاری حافظه کاری جمعی و تشویق تأمل و تفکر به وضوح نشان می‌دهند که سادگی در بازیابی اطلاعات، به افزایش کارایی یادگیری و کاهش سردرگمی کمک می‌کند. این بعد شامل سه مؤلفه است. مؤلفه اول مؤلفه مدیریت و ارزیابی بار شناختی به مدیریت بار شناختی، نظارت بر سطوح آن، پرداختن به بار شناختی ذاتی، استفاده از ویژگی‌های زبانی برای ارزیابی بار شناختی و به کارگیری ابزارهای تحلیلی به منظور بهینه‌سازی فرایند یادگیری و سازگاری با ظرفیت‌های شناختی یادگیرندگان اطلاق می‌شود (Chen et al., 2018). مؤلفه دوم هم‌افزایی است که به تقویت حافظه کاری جمعی، اشتراک‌گذاری آن، توسعه هوش مشترک، بازیابی و استفاده از اطلاعات و به کارگیری بازنمایی‌های بصری برای ایجاد یادگیری عمیق‌تر و مؤثرتر در گروه‌ها گفته می‌شود (Wise & Schwarz, 2017). مؤلفه سوم فرصت‌های تأمل و ابزارهای شناختی است که این مؤلفه به تشویق تأمل و تفکر، فراهم کردن فرصت‌های انعکاس، تخصیص زمان پردازش به یادگیری، خرد کردن اطلاعات، به کارگیری ابزارهای شناختی برای سازمان‌دهی و پردازش، استفاده از جستجو و نقشه مفهومی، همچنین واژه‌نامه و کتابخانه استراتژی، مکانیسم‌های بازخورد فوری و ارزیابی کارایی یادگیری با ادغام اصول نظریه بار شناختی (CLT) و تعامل

انسان و کامپیوتر (HCI) برای ارتقای عمق یادگیری و فهم مطلب می‌پردازد (Jan et al., 2016).

۶. **پشتیبانی مبتنی بر فناوری: پشتیبانی مبتنی بر فناوری می‌تواند به‌طور قابل توجهی به کاهش بار شناختی یادگیرندگان کمک کند.** استفاده از ابزارها و فناوری‌های نوین در محیط‌های آموزشی الکترونیکی، به سازمان‌دهی اطلاعات، ارائه بازخورد فوری و تسهیل ارتباطات بین یادگیرندگان می‌انجامد. نتایج ما نشان می‌دهد که بهره‌گیری از سیستم‌های پشتیبانی یادگیری، حس اطمینان و تسلط کاربران بر فرایند یادگیری را افزایش می‌دهد و به کاهش بار شناختی مرتبط با یادگیری آنلاین منجر می‌شود. این بعد دارای دو مؤلفه است. اولین مؤلفه بهینه‌سازی یادگیری و دسترسی به محتوا است که به استفاده از محیط‌های یادگیری متنوع، ایجاد دسترسی پیشرفته به محتوای مرتبط، پیوند خودکار یادداشت‌ها به بخش‌های ویدئو، کاهش تلاش‌های هماهنگی دستی و به کارگیری ابزارهای حاشیه‌نویسی و توضیح برای تسهیل فرایند یادگیری و افزایش کارایی یادگیرندگان اطلاق می‌شود (Hollender et al., 2023). مؤلفه دوم توسعه و بهبود تعامل و رابط کاربری، به بهبود رابط‌های کاربری، به کارگیری مکانیک‌های بازی برای تقویت یادگیری، استفاده از آموزش ماشین و شناخت الگوها، اعتبارسنجی مطالعات ردیابی چشم و بهینه‌سازی قابلیت استفاده از نرم‌افزار برای ارتقای تجربه کاربری در فرایند یادگیری تعریف می‌شود (Hwang et al., 2013).

شناسایی تکنیک‌های مؤثر در کاهش بار شناختی مشارکتی در محیط‌های الکترونیکی نشان می‌دهد که ابعاد طراحی کاربرمحور، طراحی اطلاعات و انعطاف‌پذیری و سفارشی‌سازی، می‌تواند بار شناختی مشارکتی را در محیط‌های آنلاین کاهش دهند. همچنین، اجتماع‌محوری و تعاملات مشارکتی به ایجاد فضاهای تعاملی و تبادل دانش کمک می‌کند که تجربه یادگیری را بهبود می‌بخشد. به‌علاوه اینکه بازیابی مؤثر اطلاعات و استفاده از آن‌ها در یادگیری، به‌ویژه در محیط آنلاین، برای کاهش بار شناختی مشارکتی ضروری است؛ و سرانجام، طراحی محتوا باید به گونه‌ای باشد که دسترسی به اطلاعات آسان و سریع باشد که لزوم پشتیبانی مبتنی بر فناوری را برجسته می‌سازد. در همین راستا توصیه می‌شود معلمان و طراحان دوره‌های آنلاین، بر اساس یافته‌های این پژوهش، از تکنیک‌های کاهش بار شناختی مشارکتی استفاده و یادگیری را تسهیل نمایند و از ابزارهای پیشرفته و فناوری‌های

نوبت برای بهینه‌سازی روند بازیابی اطلاعات و تسهیل تعاملات بین یادگیرندگان استفاده کنند، تا به افزایش کارایی و عمق یادگیری کمک کنند.

منابع

رجب نژاد، مریم، شیروانی، آرمین، و خزانه‌داری، شهاب. (۱۳۸۵). *مرور نظام‌مند شودهد*. تهران: مرکز تعالی دانشگاه.

References

- Agbobl, D., & Mo, Y. (2024). Leveraging XR in AEC education focusing on occupant behavior-related building energy use: A systematic review. *Energy and Buildings*, 323, 114821. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2024.114821>
- Alfoudari, A. M., Durugbo, C. M., & Aldhmour, F. M. (2021). Understanding socio-technological challenges of smart classrooms using a systematic review. *Computers & Education*, 173, 104282. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2021.104282>
- Al-Qaysi, N., Granić, A., Al-Emran, M., Ramayah, T., Garces, E., & Daim, T. U. (2023). Social media adoption in education: A systematic review of disciplines, applications, and influential factors. *Technology in Society*, 73, 102249. <https://doi.org/10.1016/J.TECHSOC.2023.102249>
- Anjewierden, A., Gijlers, H., Kolloffel, B., Saab, N., & De Hoog, R. (2009). *Examining the relation between domain-related communication and collaborative inquiry learning*. In *Computer Supported Collaborative Learning Practices CSCL 2009 Conference Proceedings - 9th International Conference*.
- Apridayani, A., Han, W., & Waluyo, B. (2023). Understanding students' self-regulated learning and anxiety in online English courses in higher education. *Heliyon*, 9(6), e17469. <https://doi.org/10.1016/J.HELİYON.2023.E17469>
- Bodemer, D. (2011). Tacit guidance for collaborative multimedia learning. *Computers in Human Behavior*, 27(3), 1079-1086.
- Carmel Kent, M. C. (2020). Investigating Collaboration as a Process with Theory-Driven Learning Analytics.
- Chiou, C. C., Tien, L. C., & Tang, Y. C. (2020). Applying structured computer-assisted collaborative concept mapping to flipped classroom for hospitality accounting. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 26, 100243. <https://doi.org/10.1016/J.JHLSTE.2020.100243>
- Chu, H. C., Chen, J. M., & Tsai, C. L. (2018). Effects of an online formative peer-tutoring approach on students' learning behaviors, performance and cognitive load in mathematics. In *Learning Analytics* (pp. 61-77). Routledge.
- Hammersley, M. (2009). On'systematic'reviews of research literatures: a'narrative'response to Evans & Benefield. *British educational research journal*, 27(5), 543-554.
- Hsu, M. E., & Cheng, M. T. (2021). Immersion experiences and behavioural patterns in game based learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(5), 1981-1999.
- Ifenthaler, D. (2012). Determining the effectiveness of prompts for self-regulated learning in problem-solving scenarios. *J. Educ. Technol. Soc.*, 15, 38-52.

- Jan, J. C., Chen, C. M., & Huang, P. H. (2016). Enhancement of digital reading performance by using a novel web-based collaborative reading annotation system with two quality annotation filtering mechanisms. *International Journal of Human-Computer Studies*, 86, 81-93.
- Jayakumar, R., & Krishnakumar, R. (2015). Meta-cognitive skills: The development of technopedagogical skills of teachers. *International journal of applied research*, 1, 165-168.
- Josef Buchner, K. B. M. K. (2021). The impact of augmented reality on cognitive load and performance: A systematic review.
- Jung, J., Shin, Y., & Zumbach, J. (2021). The effects of pre-training types on cognitive load, collaborative knowledge construction and deep learning in a computer-supported collaborative learning environment. *Interactive Learning Environments*, 29(7), 1163-1175.
- Kester, L., & Kirschner, P. A. (2009). Effects of fading support on hypertext navigation and performance in student-centered e-learning environments. *Journal of INTERACTIVE LEARNING ENVIRONMENTS*, 17(2), 165-179. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/104948208020549921>
- Kirschner, J. J. P. A. (2020). Applying collaborative cognitive load theory to computer-supported collaborative learning: towards a research agenda.
- Kong, X., Liu, Z., Chen, C., Liu, S., Xu, Z., & Tang, Q. (2025). Exploratory study of an AI-supported discussion representational tool for online collaborative learning in a Chinese university. *The Internet and Higher Education*, 64, 100973. <https://doi.org/10.1016/J.IHEDUC.2024.100973>
- Li, Y., He, X., Wang, P., Fang, J., Li, Y., & Li, Y. (2024). Automatic detection and interpretable analysis of learners' cognitive states based on electroencephalogram signals. *Thinking Skills and Creativity*, 54, 101643. <https://doi.org/10.1016/J.TSC.2024.101643>
- Louw, A. (2021). Cognitive load theory in simulations to facilitate critical thinking in radiography students. *African Journal of Health Professions Education*, 13(1), 41-46.
- Marei, H. F., Donkers, J., Al-Eraky, M. M., & Van Merriënboer, J. J. (2019). Collaborative use of virtual patients after a lecture enhances learning with minimal investment of cognitive load. *Medical teacher*, 41(3), 332-339.
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., Altman, D., Antes, G., ... & Clark, J. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement (Chinese edition). *Journal of Chinese Integrative Medicine*, 7(9), 889-896.
- Mourad, B., Tarik, A., Karim, A., & Pascal, E. (2015). System interactive cyber presence for E learning to break down learner isolation. *arXiv preprint arXiv:1502.06641*.
- Mu, X. (2010). Towards effective video annotation: An approach to automatically link notes with video content. *Computers & Education*, 55(4), 1752-1763.
- Nazir, A., & Wang, Z. (2023). A comprehensive survey of ChatGPT: Advancements, applications, prospects, and challenges. *Meta-Radiology*, 1(2), 100022. <https://doi.org/10.1016/J.METRAD.2023.100022>
- Ni, A., Cheung, A. C. K., & Shi, J. (2023). The impact of flipped classroom teaching on college English language learning: A meta-analysis. *International Journal of Educational Research*, 121, 102230. <https://doi.org/10.1016/J.IJER.2023.102230>
- Novak, E., McDaniel, K., & Li, J. (2023). Factors that impact student frustration in digital learning environments. *Computers and Education Open*, 5, 100153. <https://doi.org/10.1016/J.CAEO.2023.100153>

- Paul A. Kirschner, J. S., Femke Kirschner & Jimmy Zambrano R. (2018). From Cognitive Load Theory to Collaborative Cognitive Load Theory.
- Peña-Ayala, A. (2021). A learning design cooperative framework to instill 21st century education. *Telematics and Informatics*, 62, 101632. <https://doi.org/10.1016/J.TELE.2021.101632>
- Pereira, D. S. M., Falcão, F., Costa, L., Lunn, B. S., Pêgo, J. M., & Costa, P. (2023). Here's to the future: Conversational agents in higher education- a scoping review. *International Journal of Educational Research*, 122, 102233. <https://doi.org/10.1016/J.IJER.2023.102233>
- Petrovic-Dziedz, M., & Trépanier, A. (2018). Online hunting, gathering and sharing— a return to experiential learning in a digital age. *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 19(2).
- Petticrew, M., & Roberts, H. (2008). *Systematic reviews in the social sciences: A practical guide*. John Wiley & Sons.
- Qayumi, K., Hosseini, S. T. M., Hosseini, M. M., Nejat, A., Salih, M., Azimi, M., Forqani, S., Akbar, B., Farooq, G., Shafaq, N., Rustampoor, H., Oryakhil, N., Rahmani, M., Noora, M., Jallah, M. N., Naebkhil, A., Zhwak, Z. A., Aziz, S., Omar, F. A., ... Ferreres, A. (2024). Enhancing medical training in conflict zones and remote areas through innovation: introducing the Canadian Virtual Medical University Initiative. *EClinicalMedicine*, 76, 102854. <https://doi.org/10.1016/J.ECLINM.2024.102854>
- Rajabnezhad, M., Shirvani, A., & Khazanedari, S. (1385/2006). *Systematic review of evidence*. Tehran: Markaz-e Ta'ali-ye Daneshgah. [In Persian]
- Shamsuddin, S. A., Woon, C. K., & Hadie, S. N. (2023). Feedback from medical student on an interactive online anatomy practical using the Google Jamboard platform. *Journal of Taibah University Medical Sciences*, 18(2), 234-243.
- Sharma, K., Mangarosa, K., van Berkel, N., Giannakos, M., & Kostakos, V. (2021). Information flow and cognition affect each other: Evidence from digital learning. *International Journal of Human-Computer Studies*, 146, 102549. <https://doi.org/10.1016/J.IJHCS.2020.102549>
- Sun, Y., Albeaino, G., Gheisari, M., & Eiris, R. (2022). Online site visits using virtual collaborative spaces: A plan-reading activity on a digital building site. *Advanced Engineering Informatics*, 53, 101667. <https://doi.org/10.1016/J.AEI.2022.101667>
- Sweller, J. (1993). Some cognitive processes and their consequences for the organisation and presentation of information. *Australian Journal of psychology*, 45(1), 1-8.
- Tondeur, J., Van Braak, J., Sang, G., Voogt, J., Fisser, P., & OttenbreitLeftwich, A. (2012). Preparing pre-service teachers to integrate technology in education: A synthesis of qualitative evidence. *Computers & Education*, 59(1), 134-144.
- Upasani, S., Srinivasan, D., Zhu, Q., Du, J., & Leonessa, A. (2024). Eye-Tracking in Physical Human–Robot Interaction: Mental Workload and Performance Prediction. *Journal of Human Factors*, 66(8), 2104–2119. <https://doi.org/https://doi.org/10.1177/00187208231204704>
- Wang, C., Fang, T., & Gu, Y. (2020). Learning performance and behavioral patterns of online collaborative learning: *Impact of cognitive load and affordances of different multimedia*. *Computers & Education*, 143, N.PAG.
- Weng, C., Otanga, S., Weng, A., & Cox, J. (2018). Effects of interactivity in E-textbooks on 7th graders science learning and cognitive load. *Computers & Education*, 120, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.02.008>
- Woods, J. C. (2022). The Illusion of Collaboration: An Integrated Examination of the Antecedents, Processes, and Consequences of Online Group Work.

- Xuejiao Du, C. C., and Hongxin Lin. (2023). The impact of working memory capacity on collaborative learning in elementary school students.
- Young, J. Q., Van Merriënboer, J., Durning, S., & Ten Cate, O. (2014). Cognitive load theory: implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Medical teacher*, 36(5), 371-384.
- Yu, S., Androsov, A., Yan, H., & Chen, Y. (2024). Bridging computer and education sciences: A systematic review of automated emotion recognition in online learning environments. *Computers & Education*, 220, 105111. <https://doi.org/10.1016/J.COMPEDU.2024.105111>
- Zhan, Z., Zhou, X., Cai, S., & Lan, X. (2024). Exploring the effect of competing mechanism in an immersive learning game based on augmented reality. *JOURNAL OF COMPUTERS IN EDUCATION*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s40692-024-00317-y>
- Zheng, L., Zhong, L., Niu, J., Long, M., & Zhao, J. (2021). Effects of Personalized Intervention on Collaborative Knowledge Building, Group Performance, Socially Shared Metacognitive Regulation, and Cognitive Load in Computer-Supported Collaborative Learning. *Educational Technology & Society*, 24(3), 174–193. <https://www.jstor.org/stable/27032864>

