فصلنامه علمی
پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی
سال هشتم، شماره دوم (پیاپی 30)، پاییز 1399 (ص 33 - 48)

Quarterly Journal of
Research in School and Virtual Learning
Year 8, No 2 (Serial Number 30), Autumn 2020 (P 33-48)

تقویت پردازش زایشی از طریق بارشناختی مطلوب: یک مطالعهٔ کیفی

مریم کابلی[*1]، پروین کدیور[2]، محمدحسین عبداللهی[3]، مهدی عرب زاده[4]

1. دانشجوی دکتری، روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، ایران
2. استاد، روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
3. دانشیار، روان‌شناسی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران
4. استادیار، روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: 1399/05/15 **تاریخ پذیرش**: 1399/09/30

Improving Generative Cognitive Processing through Germane Cognitive Load: A Qualitative Research

M. Kaboli[*1], P. Kadivar[2], M.H. Abdollahi[3], M. Arabzadeh[4]

1. Ph.D., Student, Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran
2. Professor, Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran
3. Associate Professor, Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran
4. Assistant Professor, Educational Psychology, Kharazmi University, Tehran, Iran

Received: 2020/08/05 **Accepted:** 2020/12/20

چکیده

یکی از چالش‌های اساسی در محیط‌های یادگیری، تسلط یادگیرندگان بر محتوای آموزشی و کاربرد دانش جدید در زندگی واقعی است. پردازش زایشی شامل درک فعالانه اطلاعات آموخته‌شده از طریق سازمان‌دهی دوبارهٔ ذهنی و یکپارچه‌سازی آن با دانش قبلی فرد است که در نتیجهٔ آن یادگیرندگان آنچه را آموخته‌اند، در موقعیت‌های جدید به کار می‌گیرند. با توجه به بدیع بودن مفهوم پردازش زایشی، نیاز است که دربارهٔ روش‌های تقویت این نوع یادگیری پژوهش‌های تکمیلی انجام شود. بر این مبنا، پژوهش حاضر با هدف شناسایی راهبردهای تقویت پردازش زایشی از طریق بار شناختی مطلوب انجام شد. روش تحقیق انجام شده در این مطالعه، کیفی بوده که با استفاده از روش تحلیل مضمون انجام شده است. حوزهٔ پژوهش همهٔ منابع مکتوب و دیجیتال فارسی و انگلیسی مرتبط با بار شناختی مطلوب بوده است که با استفاده از رویکرد هدفمند و با در نظر گرفتن معیار اشباع نظری، در ده سال گذشته، 32 مقاله براساس نظر استادان و متخصصان حوزهٔ پردازش زایشی و بار شناختی، با روش تحلیل مضمون به عنوان نمونه انتخاب و مورد بررسی نهایی قرار گرفتند و در نهایت، یافته‌ها در قالب مضامین پایه (کدها و نکات کلیدی متن)، مضامین سازمان دهنده (مضامین به دست آمده از ترکیب و تلخیص مضامین پایه) و مضامین فراگیر (مضامین عالی دربرگیرندهٔ اصول حاکم بر متن به مثابه کل) دسته‌بندی و شبکه مضامین ترسیم شد. پس از تجزیه و تحلیل داده‌های مطالعه، پنج مضمون اصلی شامل مضامین کاربرد چند رسانه‌ای ها، شخصی‌سازی، بازخورد، تفکر و یادگیری هدایت شده و 53 مضمون فرعی برای تقویت پردازش زایشی و بار شناختی مطلوب پدیدار شد.

واژگان کلیدی

پردازش زایشی، بار شناختی مطلوب، تحلیل مضمون.

Abstract

One of the main challenges in learning environments is learners' mastery of educational content and the application of new knowledge in real life. Generative learning involves actively making sense of to-be-learned information by mentally reorganizing and integrating it with one's prior knowledge, thereby enabling learners to apply what they have learned to new situations. Due to the novelty of the concept of generative processing, there is a need for additional research on methods to enhance this type of learning.Therefore, the present study tried to identify and explain the strategies for strengthening generative processing (GL) through germane cognitive load (GCL). The research method was qualitative, conducted with thematic analysis method. The study area was all written and digital Persian and English materials on GCL. Considering the theoretical saturation in the last ten years, thirty two papers were selected and analyzed as the sample, according to the professors using content analysis and purposive approach in the field of GL and cognitive load. The results were categorized as basic themes (codes and key points of the text), organizational themes (themes obtained from the composition and summarizing the basic themes) and inclusive themes (excellent themes containing the principles governing the text as a whole) and the network of themes was planned. After data analysis, five main themes including multimedia application, personalization, feedback, thought and guided learning, and 53 sub-themes emerged that strengthen optimal generative processing and cognitive load.

Keywords

Generative Processing, Germane Cognitive Load, Thematic Analysis.

*** نویسنده مسئول**: مریم کابلی

*Corresponding Author: maryamkaboli24@yahoo.com

مقدمه

آموزش فرایندی پیچیده و چندبعدی است و درصورت آگاهی نداشتن نسبت به فرایندهای شناختی انسان، امر آموزش و طراحی آموزشی کور است و در توضیح اینکه چرا روش‌های آموزشی خاص موثر واقع می‌شوند یا خیر، پاسخ مستدلی وجود ندارد (سوئلر، ایرس، کالیوگا[1]، 2011). به عبارت دیگر، در صورت آگاهی نداشتن نسبت به شرایطی که در آن یادگیری موثر واقع می‌شود و یا اینکه چگونه می‌توانیم یادگیری را بهبود بخشیم، فرایند یاگیری، مبهم و اسرار آمیز به نظر می‌رسد (تیندال فورد، آگوستینو و سوئلر، 2020)؛ بنابراین، دانش در رابطه با چگونگی یادگیری، تفکر و حل مسئله (معماری شناختی انسان) می‌تواند یک چارچوب منسجم و واحد را برای آموزش و یادگیری موثر فراهم کند (سوئلر، ونمرنبوئر و پاس[2]، 2019).

نظریهٔ بار شناختی، به عنوان یک نظریهٔ طراحی آموزشی، براساس دانش بشر از معماری شناختی انسان توسعه‌یافته است (تیندال فورد و همکاران، 2020). هدف نظریهٔ بار شناختی، پیش‌بینی پیامدهای آموزشی با در نظر گرفتن قابلیت‌ها و محدودیت‌های ساختار شناختی و اصول پردازش اطلاعات در ذهن انسان (معماری شناختی انسان) است (سوئلر و همکاران، 2011). این نظریه به وسیلهٔ این ایده هدایت می‌شود که طراحی سناریوهای یادگیری موثر باید براساس دانش ما در مورد نحوهٔ فعالیت ذهن انسان و مکانیسم پردازش اطلاعات در او باشد. به عبارت دیگر، فرآیندهای مختلف کسب و درک دانش در سیستم شناختی انسان به عنوان یک سیستم پردازش اطلاعات فعال و با ظرفیت محدود، در نظر گرفته می‌شود (پلاس، مورنو و برانکن[3]، 2010). اصطلاح بار شناختی در این نظریه، به میزان باری که در هنگام پردازش اطلاعات بر حافظه فعال وارد می‌آید تا بتواند اطلاعات موردنظر را برای انتقال در حافظه دراز مدت رمزگردانی کند، اشاره دارد؛ این تلاش ذهنی برای پردازش اطلاعات، بار شناختی نامیده می‌شود (تیندال فورد و همکاران، 2020).

در تئوری بار شناختی، تاکید اصلی بر این است که تمامی اطلاعات پایه و اصلی ابتدا به وسیلهٔ ظرفیت و بازهٔ زمانی محدود حافظه فعال پردازش می‌شوند و سپس در حافظهٔ بلند مدت نامحدود ذخیره می‌شود تا بعدها مورد استفاده قرار بگیرد (سوئلر و همکاران، 2019). وقتی اطلاعات در حافظهٔ بلند مدت ذخیره‌سازی شدند، ظرفیت و بازهٔ زمانی محدود حافظه فعال ناپدید می‌شود و توانایی ما به عملکرد تبدیل خواهد شد (پلاس و همکاران، 2010). قضیه و فرض اصلی این تئوری بر این مبناست که پردازش شناختی انسان به شدت تحت تاثیر محدودیت‌های حافظه فعال قرار دارد و بدین ترتیب تنها توانایی پردازش اطلاعات اندکی را در بازه زمانی مشخصی داریم (سوئلر و همکاران، 2019)؛ بنابراین به منظور ارتقای میزان یادگیری و انتقال یادگیری، باید بار شناختی به بهترین شیوه مدیریت شود، یعنی به گونه‌ای که پردازش‌های شناختی غیر ضروری و غیرمرتبط با یادگیری به حداقل رسانده شوند و در عوض پردازش‌های شناختی ضروری و مرتبط با درس، در چارچوب محدودیت‌های ظرفیت شناختی فرد، ارتقا پیدا کنند و به صورت بهینه در اختیار فرد قرار داده شوند (ونمرینبوئر و سوئلر، 2006).

نظریهٔ شناختی یادگیری چند رسانه‌ای[4]، با پیروی از نظریهٔ بار شناختی (سوئلر، آیرز، کولیوگا، 2011)، نظریهٔ سه‌وجهی پردازش شناختی را پیشنهاد کرد (مورنو و میر، 2010) و بین سه نوع پردازش و به تبع آن یادگیری در سیستم شناختی انسان تمایز قایل شد که بر طبق آن سه نوع نیاز پردازش شناختی در طول یادگیری وجود دارد: پردازش خارجی[5]، ضروری[6] و زایشی[7]. پردازش خارجی اشاره به فرآیندهای شناختی دارد که برای درک اطلاعات جدید ضروری نیستند و منجر به افزایش بار خارجی می‌شوند؛ این نوع پردازش، هدف آموزشی را برآورده نمی‌کند و به وسیلهٔ طراحی آموزشی ضعیف ایجاد می‌شود (مایر[8]، 2014) و سبب ایجاد بار شناختی خارجی می‌شود. پردازش ضروری، به عنوان فرآیندهای شناختی مورد نیاز

1. Sweller, Ayres & Kalyuga
2. Sweller,Van Merriënboer & Paas
3. Plass, Moreno & Brünken
4. Cognitive Theory of Multimedia Learning (Ctml)
5. Extraneous
6. Essential
7. Generative
8. Mayer

برای انتخاب ذهنی اطلاعات جدید که در حافظه فعال نمایش داده می‌شود، با هدف رمزگردانی مطالب ارائه‌شده درحافظه که ناشی از پیچیدگی محتوا ارائه شده، هستند و بار شناختی درونی را به حافظه اعمال می‌کنند. پردازش زایشی، به عنوان فرآیندهای سازمان‌دهی ذهنی اطلاعات جدید به یک ساختار منسجم و یکپارچه‌سازی نمایش‌های دانش جدید با دانش قبلی در قالب طرحواره‌های سازمان یافته است. به عبارت دیگر، پردازش زایشی، پردازشی با هدف ایجاد درک عمیق و آگاهی از محتوای یادگیری است و ناشی از تلاش یادگیرنده برای درگیر شدن در فرآیندهای یادگیری مانند انتخاب، سازمان‌دهی، انسجام و یکپارچه‌سازی محتوا با دانش قبلی یادگیرنده است و بار شناختی مطلوب را به حافظه تحمیل می‌کند (مورنو و میر[1]، 2010).

پردازش زایشی نه تنها به این بستگی دارد که چگونه اطلاعات به یادگیرندگان ارائه می‌شود (یعنی روش‌های آموزشی) بلکه به این بستگی دارد که یادگیرندگان چگونه سعی می‌کنند اطلاعات را درک کنند (فیورلا و میر، 2015). براساس نظریهٔ شناختی یادگیری چند رسانه‌ای، تحقیق در رابطه با روش‌های آموزشی مؤثر، ابتدا بر روی تکنیک‌هایی برای به حداقل رساندن پردازش غیر ضروری (مانند قرار دادن متن چاپی در کنار تصویر متناظر یا کاهش کلمات و تصاویر غیر مرتبط) تمرکز داشت و به تدریج شامل تکنیک‌هایی برای مدیریت پردازش ضروری شد (مانند شکستن یک درس پیچیده به بخش‌های کوچک‌تر) و در نهایت تمرکز بر روش‌هایی که هدف آنها تقویت پردازش زایشی است، پردازشی که در قیاس با سایر پردازش‌ها کمتر مورد مطالعه قرار گرفته‌است و در این زمینه خلا پژوهشی وجود دارد (میر، 2014).

با توجه به فرضیهٔ پایهٔ پردازش زایشی نظریهٔ شناختی یادگیری چند رسانه‌ای حتی زمانی که محیط یادگیری به دقت طراحی شود که پردازش غیرضروری را حذف کند و پیچیدگی مطالب آموخته‌شده و پردازش ضروری را کاهش دهد، ممکن است دانش‌آموزان موفق به یادگیری نشوند، مگر اینکه آموزش شامل روش‌هایی باشد که هدف آن درگیر کردن یادگیرنده در تلاش ذهنی در ساخت دانش و فعالیت‌هایی باشد که پرداختن به بار شناختی مطلوب اختصاص می‌یابد (مورنو و همکاران، 2010). از آنجا که CLT فرض می‌کند که بارهای درونی، خارجی، و مطلوب افزایشی هستند و پردازش زایشی نیز باید منجر به افزایش بار شناختی کلی شود. بر این مبنا، پردازش زایشی بار شناختی را افزایش می‌دهد، اما باری که ناشی از فعالیت‌های شناختی مرتبط با اکتساب طرحواره و خودکارسازی آن است. براساس نظریهٔ بار شناختی، بار شناختی مرتبط (مطلوب) تنها نوع بار است که باید در طول یادگیری افزایش یابد زیرا «به جای اینکه با یادگیری تداخل داشته باشد، با آن مشارکت می‌کند» (سوئلر و همکاران، 2019)؛ بنابراین، کلید دست‌یابی به پردازش زایشی که منجر به درک فعالانه اطلاعات آموخته‌شده از طریق سازمان‌دهی دوباره ذهنی و یکپارچه‌سازی آن با دانش قبلی فرد است و یادگیرنده را توانا می‌سازد که آنچه را آموخته‌است در موقعیت‌های جدید به کار بگیرند، تمرکز بر بار شناختی مطلوب است.

بر این اساس میر و مورنو (2010) معتقدند بار شناختی مطلوب، پردازش شناختی است که به یادگیری کمک می‌کند و پردازش زایشی را به همراه دارد. بار شناختی مطلوب اشاره دارد به منابع حافظهٔ فعال که به طور مستقیم به اطلاعات مرتبط با یادگیری (صرف بار شناختی درونی به جای بار شناختی بیرونی) اختصاص می‌یابد (تیندال فورد و همکاران،2020). این امر با چالش کشیدن و یا ترغیب یادگیرنده به اعمال تلاش برای درک مطالب ایجاد می‌شود و شامل درک عمیق یادگیرنده از مطالب از طریق درگیر شدن در فرایندهای شناختی سازمان‌دهی و انسجام است؛ به عبارت دیگر، پردازش زایشی باعث افزایش بار شناختی مطلوب دانشجویان می‌شود، باری که حاصل فعالیت‌های شناختی است که مربوط به فرایندهای کسب و خودکارسازی طرحواره است.

بر اساس فرضیهٔ پذیرفته شده CLT که مبتنی بر نظریهٔ اتکینسون و شیفرن (1971؛ به نقل از سوئلر، 2003) است، ظرفیت حافظهٔ بلندمدت بسیار زیاد است و اطلاعات موجود در حافظه بلندمدت در قالب طرحواره‌های سازمان‌یافته‌اند. طرحواره‌ها می‌توانند اطلاعات سازمان‌یافته‌شان را فقط در قالب یک عنصر واحد دسته‌بندی کنند و این اطلاعات سازمان‌یافته در حافظهٔ کاری به عنوان یک واحد پردازش می‌شوند و همین امر

1. Moreno & Mayer

منجر به غلبه بر محدودیت‌های حافظهٔ کاری می‌شود (پلاس و همکاران، 2010)؛ بار شناختی مطلوب که هدف کلیدی‌اش ساخت طرحواره‌های جدید و خودکارسازی طرحواره هاست، درخدمت این مکانیسم قرار می‌گیرد (سوئلر و همکاران، 2019). خودکار سازی محتوای یادگرفته شده می‌تواند بر محدودیت‌های حافظهٔ کاری غلبه کند و موجب افزایش یادگیری شود. طراح آموزشی تا آنجا که می‌تواند باید این نوع بار شناختی را در محتوای آموزشی مورد طراحی خود، افزایش دهد (سوئلر، 2013)؛ بنابراین، روش‌های آموزشی موثر یادگیرندگان را به سرمایه‌گذاری در بار شناختی مرتبط برای ساخت طرح و اتوماسیون تشویق می‌کند.

آزاد کردن ظرفیت شناختی انسان از طریق کاهش دادن بار بیرونی، الزاماً منجر به یادگیری بیشتر نمی‌شود، مگر اینکه منابع آزاد شده صرف فعالیت‌های مرتبط با کسب طرحواره و افزایش بار شناختی مطلوب شوند (برن[1] و ونمرینبوئر، 2018)؛ بنابراین یک سوال کلیدی مطرح می‌شود: با استفاده از چه روش‌هایی میتوان بار شناختی مطلوب را تقویت کرد، بدون اینکه ظرفیت شناختی یادگیرنده را با اضافه بار شناختی مواجه شود؟

مورنو و میر (2010)، پنج اصل طراحی که می‌توانند برای افزایش پردازش زایشی و بارشناختی مطلوب مورد استفاده قرار گیرند، معرفی کردند: اصل چندرسانه‌ای[2]، شخصی‌سازی[3]، فعالیت هدایت شده[4]، بازخورد[5] و تفکر [6]. اصل چند رسانه‌ای مبتنی بر نظریهٔ رمز گردانی دوگانه (پاویو، 1987) که مبتنی بر این ایده است که سیستم‌های مختلف رمز گردانی (مانند آنهایی که برای کلمات و تصاویر به کار می‌روند) یکدیگر را تقویت می‌کنند. بر اساس فرضیهٔ مجاری دوگانه CTML انسان‌ها دارای مجاری جداگانه‌ای برای پردازش مواد تصویری و مواد کلامی هستند (مورنو و میر، 2007)؛ بنابراین زمانی که اطلاعات در دو قالب کلامی و دیداری ارائه شوند، یادگیرندگان از نظر شناختی فعال‌تر می‌شوند زیرا باید هر بازنمایی را سازمان‌دهی و ارتباط بین آنها را ایجاد کنند (سوئلر، ونمرینبوئر و پاس، 2019). اصل شخصی‌سازی بیان می‌دارد که اطلاعات زمانی که شخصی‌سازی شوند (یعنی به صورت عامیانه، دوستانه و غیر رسمی ارائه شوند) نسبت به زمانی که به صورت خشک و رسمی ارائه شود، در یادگیری موثرتر خواهند بود (کالیوگا[7]، 2016). اصل شخصی‌سازی بر پایهٔ این ایده است که شخصی‌سازی، به وسیلهٔ مرتبط کردن اطلاعات جدید با تجربیات خود دانش‌آموز، پردازش فعال را ارتقا می‌دهد؛ بنابراین حافظهٔ عمیق‌تری از تجربهٔ یادگیری ایجاد می‌کند. یک تفسیر دیگر این است که وقتی دانش‌آموزان وادار می‌شوند باور کنند که آنها به جای مشاهدهٔ محیط یادگیری، شرکت‌کننده هستند، بیشتر درگیر درک مطالب آموزشی می‌شوند (مورنو و میر، 2007). اصل بازخورد بیان می‌دارد که ارائهٔ بازخورد در حین یادگیری منجر به پردازش شناختی برای فهم عمیق‌تر می‌شود و اثربخشی یادگیری به رابطهٔ بین مقدار بازخورد داده‌شده و دانش پیشین یادگیرنده بستگی دارد (میر، 2004). به عبارت دیگر، بازخورد دادن، پردازش ضروری و مولد را از طریق هدایت انتخاب دانش‌آموزان و سازمان‌دهی اطلاعات جدید تشویق می‌کند و منجر به افزایش انگیزه برای یادگیری می‌شود (مورنو، 2009). اصل تفکر و تعقل در قلب فرضیه پردازش مولد و روش‌های افزایش بار مطلوب قرار دارد و بیان می‌دارد که تفکر عمیق یادگیرنده و درگیری شناختی او با محتوای یادگیری منجر به درک عمیق‌تر اطلاعات می‌شود (پلاس و همکاران، 2010). این اصل به شکل‌های مختلفی به کار می‌رود؛ به عنوان مثال، تشویق دانش‌آموزان به ارائهٔ توضیحات مبتنی بر اصول برای خودشان، سازمان‌دهی و یکپارچگی اطلاعات جدید با دانش قبلی دانش‌آموزان را ارتقا می‌بخشد (کالیوگا، 2016). افزون بر این، فرضیهٔ واسطه‌ای فراشناختی CATLM بیان می‌دارد که وقتی محیط‌های یادگیری تعاملی نیستند، ممکن است لازم باشد که دانش‌آموزان را تشویق کنیم که بیشتر از نظر ذهنی فعال شوند که این امر منجر به پردازش عمیق‌تر اطلاعات و افزایش بار شناختی مطلوب می‌شود.

این درحالی است که برانکن، پلاس و مورنو (2010) در بحث پیرامون مسائل کنونی در نظریهٔ CLT بر این باورند

1. Bruin
2. Multimedia Principle
3. Personalization Principle
4. Guided Activity Principle
5. Feedback Principle
6. Reflection Principle

7. Kalyuga

که با وجود اینکه باید فعالیت‌های شناختی که منجر به تقویت بار مطلوب (با هدف طرحواره‌سازی) می‌شود، مورد اهتمام ویژه قرار گیرند و تقویت شوند، نظریهٔ بار شناختی در توصیف چنین فعالیت‌هایی ساکت مانده است؛ در حالی‌که CLT استدلال می‌کند که یادگیری زمانی رخ می‌دهد که منجر به اکتساب طرح واره گردد، با این حال، این یک عبارت کاملاً اثبات نشده است و CLT فاقد یک مفهوم‌سازی نظری از چگونگی پردازش اطلاعات در سیستم شناختی و چگونگی بازنمایی دانش است و تحقیقات دربارهٔ روابط بین بار شناختی، پردازش شناختی و بازنمایی‌های ذهنی هنوز در دوران نوزادی است (برانکن و سفرت و پاس، 2010). در حالی که در دههٔ اخیر تحقیقات پیرامون نظریهٔ بار شناختی بر پژوهش‌های انجام گرفته روی حافظهٔ کاری متمرکز شده است، پیشرفت آینده باید در حوزهٔ بار مطلوب، سازمان‌دهی اطلاعات و نمایش دانش ادامه یابد. این می‌تواند منجر به درک بهتر فرآیندهای مرتبط و حمایت آنها از طریق وسایل آموزشی شود (سوئلر و همکاران، 2019).

اصول بحث شده برای افزایش بار مطلوب، هنوز فاقد پشتوانه پژوهشی هستند، زیرا بیشتر مطالعات گزارش‌شده برای آزمایش مستقیم فرضیات CLT طراحی نشده‌اند و در این زمینه خلا پژوهشی وجود دارد (پلاس و همکاران، 2010)؛ بر این اساس و با توجه به اهمیت تمرکز بر بار مطلوب به عنوان باری که سبب درگیری شناختی یادگیرنده در امر آموزش و طرحواره‌سازی و همچنین خودکارسازی طرحواره‌ها در حافظهٔ بلند مدت و در نتیجه غلبه بر محدودیت‌های حافظه فعال می‌شود؛ هدف این پژوهش شناسایی و مشخص کردن روش‌هایی است که به صورت کاربردی قابلیت تقویت بار مطلوب را در فرایند آموزش و طراحی آموزشی داشته باشد.

روش‌شناسی پژوهش

پژوهش حاضر در پارادایم تفسیرگرایی و به شیوهٔ کیفی انجام شده است که با استفاده از رویکرد تحلیل مضمون و تدوین شبکه مضامین، به فهم، تحلیل و تفسیر فرایند «ارتقا پردازش زایشی از طریق بار شناختی مطلوب» پرداخت. محقق پژوهش کیفی با هدف کشف لایه‌های عمیقی از معنا، آن‌طور که به وسیلهٔ افراد مورد مطالعه تجربه و تفسیر می‌شود، دست به کنکاش و بررسی می‌زند (لینکلین و دنزین[1]، 2017).

شیوهٔ جمع‌آوری داده‌ها در پژوهش حاضر از نوع مطالعهٔ اسناد است که با استفاده از «راهنمای تحلیل اسناد» صورت می‌گیرد؛ یعنی فهرستی از مقاله‌ها و اسناد معتبر و مکتوب که باید در یک توالی خاص دنبال شوند. جامعهٔ آماری مطالعهٔ حاضر عبارت است از تمام پژوهش‌های صورت گرفته و چاپ شده در رابطه با بار شناختی مطلوب به عنوان باری که در نتیجه پردازش زایشی اطلاعات به حافظه کاری اعمال می‌شود که از لحاظ روش‌شناسی (فرضیه‌سازی، روش تحقیق، جامعه، حجم نمونه و روش نمونه‌گیری، فرضیهٔ آماری، روش تحلیل آماری و صحیح بودن محاسبات آماری) از شرایط لازم برخوردار بوده و در بازهٔ زمانی ده سال اخیر منتشر شده‌اند.

روش نمونه‌گیری در این تحقیق از نوع نمونه‌گیری هدفمند با حداکثر تنوع یا ناهمگونی است. در مطالعات کیفی تعداد نهایی نمونه به‌وسیلهٔ داده‌های جمع‌آوری شده و تحلیل آنها مشخص می‌شود و نمونه‌گیری تا زمان رسیدن به اشباع ادامه می‌یابد. در پژوهش کیفی، مفهوم اشباع در پژوهش کیفی، به تکرار داده‌ها و مضامین کشف شده و تأیید شدن داده‌هایی که جمع‌آوری شده است، اشاره دارد. در این راهبرد، محقق با شناسایی مقالاتی که دارای اطلاعات مرتبط با موضوع تحقیق هستند، در بازهٔ زمانی ده سال گذشته بوده‌اند، آغاز می‌کند و با استفاده از کلید واژه‌های پردازش زایشی[2] و بار شناختی مطلوب[3] و جست‌وجو در سایت‌های springer، science direct، pub med، eric انجام گرفت و مطالعات گوناگونی مورد بررسی قرار گرفتند که در نهایت 32 مقاله که دارای جامعه، روش نمونه گیری، حجم نمونه، ابزار پژوهشی و روش تحقیق مناسب بودند، انتخاب شدند و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها در این پژوهش با استفاده از تحلیل مضمون صورت گرفت؛ تحلیل مبتنی بر استقرای تحلیلی که در آن محقق از طریق طبقه‌بندی داده‌ها و الگویابی درون داده‌ای و برون داده‌ای به یک سنخ‌شناسی

1. Denzin & Lincoln
2. Generative Processing
3. German Load

تحلیلی دست می‌یابد (لینکلین و دنزین، 2017). براین اساس، نوعی از تحلیل مضمون مورد استفاده قرار گرفت که در آن کدگذاری داده‌های گردآوری شده بر حسب سه مرحله کدگذاری باز، محوری و گزینشی صورت می‌پذیرد. در این روش، فرایند تجزیه و تحلیل داده‌ها به این ترتیب است که ابتدا، کدها روی کاغذ پیاده‌سازی می‌شود، سپس داده‌های متنی و مکتوب تولید می‌گردد و در نهایت، اقدام به بررسی، خلاصه‌سازی و طبقه‌بندی داده‌ها می‌شود. در مرحلهٔ اول یا کدگذاری باز، اقدام به بررسی متن با هدف یافتن مفاهیم مکنون در اطلاعات می‌شود و با استفاده از رهیافت مبتنی بر مقایسه ثابت، تلاش می‌شود، مفاهیم استخراج شده، به اشباع برسد. به عبارت دیگر، در این مرحله، بررسی و جست‌وجو در مقالات موجود تا زمانی ادامه می‌یابد که همهٔ مطالب مرتبط با مفاهیم پژوهش بازنمایی شوند و تا زمانی که اطلاعات جدیدی پیدا نشود، این کار ادامه می‌یابد. سپس، تمام اطلاعات کدبندی شده و برای هر کد اولیه یک توضیح مختصر درنظر گرفته شد که از آن در ساخت مقوله‌های انتزاعی بعدی استفاده گردید. زمانی که مجموعه‌ای از مفاهیم اولیه استخراج شد، مفاهیم مشترک بر اساس مقایسه‌های ثابت بین شباهت‌ها و تفاوت‌ها در قالب مقوله‌های عمده‌ای دسته‌بندی شد. این همان فرایند کدگذاری باز متمرکز است. سپس مقوله‌های عمده بر اساس ابعاد دسته‌بندی شده در یک خط داستان به یکدیگر مرتبط شدند و به نگارش در آمدند. خط داستان باید مقوله‌های عمده را به صورت منطقی و تحلیلی به دنبال هم فهرست‌وار توضیح دهد و هر کدام را در ارتباط با دیگری و سپس در ارتباط با کل تعریف کند. به این، مرحله کدبندی محوری گفته می‌شود. کدبندی محوری به تنظیم تحلیلی و منطقی داده‌ها کمک می‌کند و زمینه را برای کدگذاری گزینشی و استخراج مقوله هسته‌ای فراهم می‌سازد. بعد از اتمام خط داستان، مقوله‌ای تحت عنوان مقوله «هسته‌ای» استخراج می‌شود.

پایایی و روایی داده‌ها

در تحقیق حاضر برای تامین اعتبار درونی، با توجه به اینکه تحلیل مضمون، دارای ماهیت تفسیری است، یکی از مسائل ارزیابی اعتبار این نوع پژوهش است و پژوهشگر باید به صورت روشن و شفاف توضیح دهد که چگونه می‌توان روابط مورد مطالعه را به روایت محقق از آنها پیوند داد. برای سنجش روایی تحقیق حاضر، افزون بر این که مضمون‌های فراگیر، سازمان‌دهنده و فراگیر با مطالعهٔ مبانی نظری، پیشینهٔ تحقیق و منابع مورد بررسی انتخاب شدند، همان‌گونه که ذکر گردید، مضامین از نوع مشهود و توصیفی بوده و پژوهشگر در محتوای مضامین دخل و تصرفی نداشته است و لذا از دقت و صحت (روایی) بالایی برخوردار است. در ضمن براساس نظر کینگ و هاروکس[1] (2010) استفاده از کدگذاران مستقل و متخصصان را به عنوان یک روش برای بررسی اعتبار تحلیل مضمون معرفی می‌کنند. استفاده از کدگذاری مستقل، فرایند رایجی برای ارزیابی، کنترل و بررسی اعتبار کیفیت تحلیل های مضمون است. این امر مشابه محاسبه آماری قابلیت اطمینان است که در تحلیل محتوای کمی یا مشاهده ساختاریافته صورت می‌گیرد. هدف کدگذاری مستقل، افزون بر اثبات روایی و پایایی تحلیل مضمون، کمک به پژوهشگر است تا به طور انتقادی دربارهٔ ساختار مضامین پیشنهادی خود و تصمیماتی که دربارهٔ کدگذاری گرفته است، به یقین دست یابد (بویاتیز[2]، 1998). براین اساس، کدها و مضامین پس از بررسی مبانی نظری، پیشینهٔ تحقیق و ارتباط و همسویی با سوال تحقیق، در مرحله اول انتخاب و تأیید شدند؛ در مرحلهٔ دوم، محقق با توضیح در مورد چگونگی جمع‌آوری داده‌ها، چگونگی مشتق شدن مقوله‌ها و چگونگی اخذ تصمیم در طول پژوهش، در یک فرآیند مشاوره‌ای میان محقق و داوران، به بحث و تعامل نظر پرداخته شد. همچنین برای محاسبه پایایی، کدگذاری با مطالعهٔ سطر به سطر منابع منتخب و به صورت دستی به وسیلهٔ دو نفر به صورت جداگانه انجام شد و پس از اتمام کدگذاری، نتایج این دو کدگذاری با یکدیگر مقایسه و با استفاده از روش هولستی (طبق فرمول زیر)، پایایی مضامین مورد بررسی قرار گرفت:

$$PAO=2M/ (n1+n2)$$

در روش هولستی، ضریب پایایی (درصد توافق مشاهده شده) با PAO، تعداد توافق در دو مرحله کدگذاری با M، تعداد واحدهای کدگذاری شده در مرحلهٔ اول با n1 و تعداد واحدهای گزارش شده در مرحلهٔ دوم با n2ف نمایش داده

1. King & Horrocks
2. Boyatzis

می‌شود. در پژوهش حاضر ضریب پایای 0/87 محاسبه گردید که نشان می‌دهد مضامین استخراج شده از پایایی قابل قبولی برخوردارند.

یافته‌های پژوهش

از تحلیل موضوعی، نسخه‌های متعددی وجود دارد در این پژوهش از روش تحلیل مضمون استرلینگ (2001)، استفاده شده است. این نوع رهیافت که خاص مطالعات میدانی است، شامل دو مرحله است.

مرحلهٔ الف) از طریق کدگذاری بخش‌های متن در هر کد از بخش‌های متنی، مضامین خلاصه می‌شوند و مضامین برجسته، مشترک یا قابل توجه در بخش‌های متنی استخراج می‌گردند. با بازخوانی بخش‌هایی از متن که کدها تحت آن طبقه‌بندی و از متن کامل گرفته شده است، این کار را می‌توان انجام داد. این روش به پژوهشگر اجازه می‌دهد که خواندن متن را اصلاح کند و شناسایی الگوهای زیرین و ساختارها را امکان‌پذیر می‌سازد.

مرحلهٔ ب) مضامین را اصلاح می‌کنیم؛ سپس از طریق مضامین انتخاب شده، آنها را بیشتر در مضامینی قرار می‌دهیم که:

1) به اندازهٔ کافی متمایز (غیرقابل تکرار) و 2) به اندازهٔ کافی گسترده برای مجموعه‌ای از ایده‌های موجود در بخش‌های مختلف متن هستند. این روش داده‌ها را به یک مجموعهٔ قابل کنترل‌تر از مضامین مهم تبدیل می‌کند که متن را خلاصه می‌کند. این مرحله توجه زیادی به جزئیات مفهومی دارد. هر مضمون باید به اندازهٔ کافی مشخص باشد تا به یک ایده مربوط شود، اما به اندازهٔ کافی برای یافتن تجربه‌ها در بخش‌های متنوع مختلف گسترده باشد.

بر اساس آنچه گفته شد مضامین سازمان‌دهنده بر اساس نظریه‌های متعدد موجود در این زمینه تعیین و مضامین پایهٔ مربوط به هر سازمان‌دهنده دسته‌بندی گردید. ایجاد شبکه‌های مضامین که عبارت‌اند از:

1) ترتیب مضامین
2) انتخاب مضامین اصلی
3) تنظیم و سازمان‌دهی دوبارهٔ مضامین
4) بازبینی و اصلاح

در مورد چگونگی گروه‌بندی مضامین بر اساس محتوا و در صورت لزوم بر مبنای نظری صورت می‌گیرد و قوانین سخت و صریح در مورد اینکه چه تعداد مضمون باید یک شبکه را ایجاد کنند، وجود ندارد. بر اساس نتایج استخراج شده از بررسی داده‌ها، مدل نهایی پژوهش به صورت زیر استخراج گردید. لازم به ذکر است که در دسته‌بندی نهایی برای تشکیل شبکه مضامین نهایی، مضمون فراگیر بار شناختی مطلوب در چهار اصل سازمان‌دهنده به دست آمد. بر اساس بررسی‌های انجام شده از منابع مختلف در نهایت 68 کد اختصاصی بار شناختی مطلوب شناسایی و ارزیابی گردید (جدول 1).

بر اساس نتایج به دست آمده اصل «چند رسانه‌ای» در بار شناختی مطلوب از 16 مضمون پایه تشکیل شد. لازم به ذکر است که بر خلاف کد استخراج شده اولیه که حدود 23 کد استخراج شده بود، بعد از تلفیق و ترکیب کدهای همنام و مشابه این تقسیم‌بندی به 16 کد تقلیل پیدا کرد. اصل «چند شخصی‌سازی» در بار شناختی مطلوب از 17 مضمون پایه تشکیل شد. اصل «بازخورد» در بار شناختی مطلوب از 12 تم پایه تشکیل شد و در نهایت اصل «تامل و تفکر» از بار شناختی به عنوان مهم‌ترین اصل یادگیری در بار شناختی مطلوب از 17 مضمون پایه و اصل «فعالیت هدایت شده» از 8 تم پایه تشکیل شد.

تحلیل مضامین مرتبط با عوامل تقویت‌کننده بار شناختی بر اساس شبکه مضامین:

پس از بررسی و تجزیه و تحلیل نتایج جدول شماره 1، عوامل اثر گذار بر بار شناختی مطلوب به شرح زیر است:

1. استفاده از چند رسانه‌ای‌ها: براساس این مفهوم، آموزشی که شامل بازنمایی‌های کلامی و تصویری است، از آموزشی که در آن تنها از اطلاعات کلامی یا تصویری استفاده می‌شود، به احتمال بیشتری به یادگیری معنادار و تقویت بار شناختی مطلوب منجر می‌شود. مثلاً زمانی که در یک چندرسانه‌ای آموزش لایه‌های مختلف زمین به صورت کلامی آموزش داده می‌شود، بهتر است که از تصاویر نیز استفاده شود. مبنای اصل چندرسانه‌ای بر نظریهٔ رمزهای دوگانه (پاویو، 1987؛ به نقل از میر، 2014) بنا شده است. این نظریه بیان می‌کند که پردازش ذهنی انسان شامل کانال‌های مجزایی برای پردازش مواد تصویری و کلامی است (مورینو و مایر، 2007). زمانی که یادگیرندگان تصاویر و کلام ارائه شده را برای یادگیری بازنمایی می‌کنند، از نظر شناختی بیشتر فعال می‌شوند، زیرا آنها نیاز به سازمان‌دهی و ایجاد ارتباط بین آن دو نوع مواد دارند. در حقیقت ایجاد ارتباط بین بازنمایی‌های مواد کلامی و تصویری یک گام با اهمیت در یادگیری مفهومی است (سو فرش، جائن وپرونکن، 2007).

جدول 1. مؤلفه‌های استخراج شده از تحلیل اسناد برای رسیدن به مؤلفه‌های بار شناختی مطلوب بر اساس اصول بار شناختی

مضمون فراگیر	مضمون سازمان‌دهنده	مضمون پایه	کد مقوله در شبکه مضامین
بار شناختی مطلوب	اصل چند رسانه‌ای	تغییر پذیری در نوع رسانه‌ها	A1
		تنوع رسانه‌ای و مثال‌های چند رسانه‌ای متنوع	A2
		استراتژی خاص از میان انواع رسانه‌های کلامی و غیر کلامی	A3
		انگیزش یادگیری در پرتو چند رسانه‌ای بودن یادگیری	A4
		طراحی چند رسانه‌ای	A5
		تسهیل یادگیری از طریق آموزش چند رسانه‌ای	A6
		تعاملی بودن عناصر چند رسانه‌ای	A7
		بار مطلوب یعنی حافظه کاری چند رسانه‌ای	A8
		تقویت کننده یادگیری چند رسانه‌ای	A9
		تنوع روش‌های آموزشی	A10
		پشتیبانی فرا شناختی چند رسانه‌ای	A11
		انتخاب اطلاعات چند رسانه‌ای	A12
		بار ضروری و متناظر با اهداف یادگیری	A13
		واقع گرایی در یادگیری	A14
		یادگیری ناشی از بار ذاتی	A15
		یادگیری بر اساس یافته‌های تجربی	A16
	اصل شخصی‌سازی	تعامل دوستانه	B1
		خودآگاهی یادگیرنده	B2
		تمایل به یادگیری	B3
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر فعالیت یادگیرنده	B4
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر خود توضیحی	B5
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر یادگیری فعال	B6
		مبتنی بر یادگیرنده	B7
		یادگیرنده محور	B8
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر یادگیری غیر تحمیلی	B9
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر انگیزه بالا	B10
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر نیاز یادگیرنده	B11
		سازمان یافتن یادگیری داوطلبانه	B12
		تلاش ذهنی داوطلبانه	B13
		عملکرد پیچیدهٔ مغز	B14
		انعطاف در مطالب ارائه شده	B15
		یادگیری مطالب مورد نیاز	B16
		تمایل به یادگیری	B17
	اصل بازخورد	باز خورد بر اساس توضیح یادگیرنده	C1
		حل مسائل بر اساس بازخورد مناسب	C2
		یافتن راه مناسب بر اساس تجربیات	C3
		نتیجهٔ مطوب مبتنی بر خود توضیحی	C4
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر فعالیت یادگیرنده	C5
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر خودکنترلی یادگیرنده	C6
		افزایش عملکرد بر اساس بار مطلوب ناشی از یادگیری	C7
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر یادگیری منطقی	C8
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر دانش سازمان یافته	C9
		ارائه بازخورد حل مسایل به وسیلهٔ آموزشیار	C10
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر پرسشگری بعد از هر بازخورد	C11
		نتیجهٔ مطلوب مبتنی بر بازخورد از طرف یادگیرنده	C12

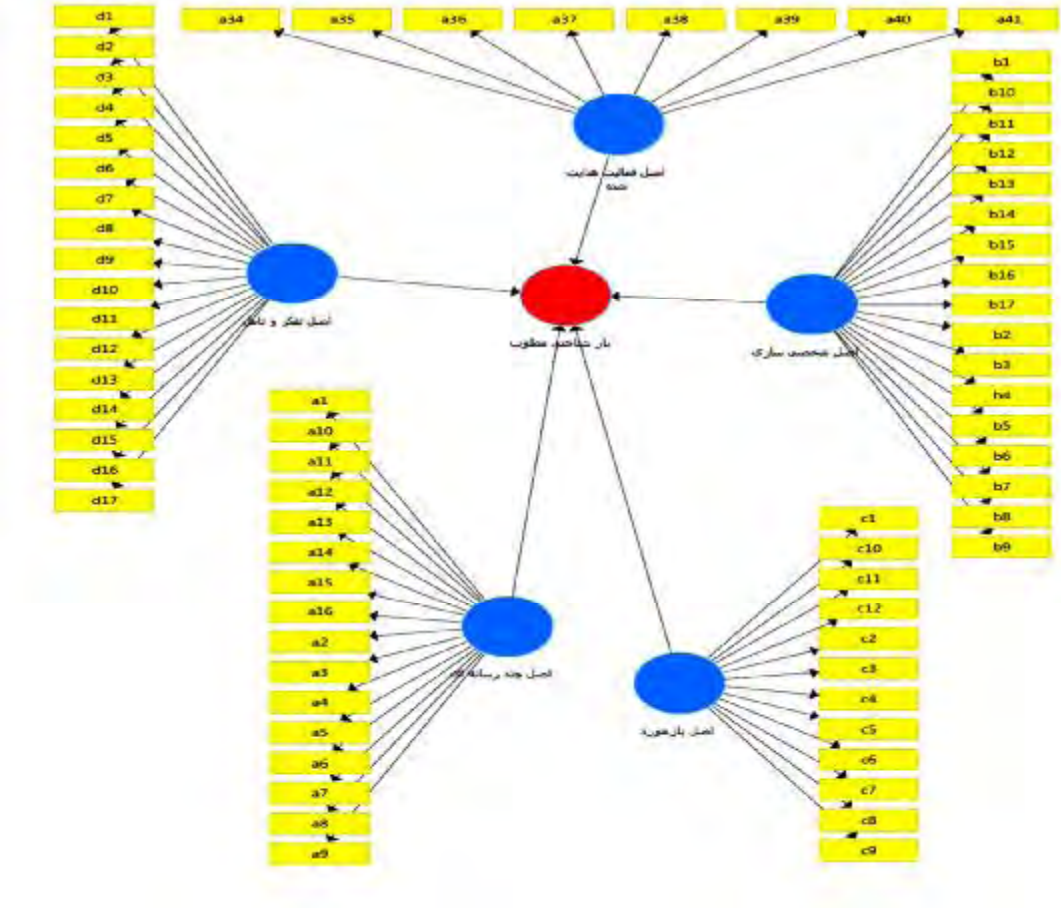
	تکالیف پیچیده	D1
	انتقال عملکرد	D2
	تعمیق فرایند یادگیری	D3
	توضیحات تکمیلی	D4
	تشخیص درست از غلط	D5
	انگیزش بالا	D6
	کاوشگری	D7
	یادگیری عمدی	D8
اصل تامل و تفکر	دانش سازمان یافته	D9
	درک محتویات محیط یادگیری	D10
	پردازش اساسی بر اساس مفاهیم اساسی	D11
	تلاش در جهت یادگیری بیشتر	D12
	مرور ذهنی محتوا	D13
	یادآوری محتوا	D14
	تمرین و تکرار محتوا	D15
	دلیل آوردن برای یادگیری	D16
	تجسم فرایند یادگیری	D17
	تدوین اهداف یادگیری و گزینش فعالیت‌های متناسب	E1
	برقراری ارتباط منطقی در بین اجزای عناصر یادگیری	E2
	تدوین فرضیه‌های مناسب رسیدن برای هدف یادگیری	E3
اصل فعالیت هدایت‌شده	یادگیری مبتنی بر پرسش‌های متعدد از هم‌تیمی‌ها	E4
	یادگیری مبتنی بر حل مسئله	E5
	هدایت فرایند یادگیری به کمک معلم	E6
	تحلیلل تعامل عناصر یادگیری و فعالیت‌های مربوط به آن	E7
	درک تعامل عناصر یادگیری و فعالیت‌های مربوط به آن	E8

2. شخصی‌سازی: براساس این مفهوم، پیام‌های کلامی نوشتاری و گفتاری، زمانی که شخصی‌سازی شوند، یعنی به صورت دوستانه، محاوره‌ای و غیر رسمی ارائه شوند، نسبت به زمانی که به صورت رسمی و غیر محاوره‌ای ارائه شوند، در یادگیری مؤثرتر خواهند بود. اصل شخصی‌سازی بر پایهٔ این ایده است که ارائهٔ اطلاعات به صورت غیر رسمی و محاوره‌ای، پردازش فعال اطلاعات جدید را به وسیلهٔ ارتباط دادن مطالب به تجربه‌های خود دانش‌آموز ارتقا می‌دهد؛ بنابراین حافظهٔ عمیق‌تری از تجربهٔ یادگیری ایجاد می‌کند. یک تفسیر دیگر این است که وقتی دانش‌آموزان وادار می‌شوند تا باور کنند که آنها به جای مشاهده محیط یادگیری، در آن مشارکت دارند و تعامل می‌کنند، بیشتر درگیر درک مطالب آموزشی می‌شوند (سوئلر، 2014).

3. بازخورد: براساس این مفهوم بازخورد دادن به یادگیرندگان در امر آموزش موجب پردازش شناختی لازم برای فهم عمیق‌تر می‌شود. در واقع بر اساس نظریهٔ شناختی یادگیری، اثر بخشی چند رسانه‌ای آموزشی به میزان ارتباط بین مقدار بازخورد دادن سیستم و دانش پیشین یادگیرندگان وابسته است. به عبارتی، بازخورد دادن در حین آموزش، پردازش ضروری و زایشی را از طریق هدایت توجه یادگیرندگان و سازمان‌دهی اطلاعات جدید تشویق می‌کند (میر، 2014). ارائه بازخورد به یادگیرندگان اطلاعاتی در مورد چگونگی بهبود عملکردشان می‌دهد که این امر منجر به انگیزهٔ درونی بیشتر، درگیری شناختی عمیق‌تر و پایداری بیشتر نسبت به عملکرد می‌شود.

4. تفکر: تفکر در قلب فرضیه پردازش زایشی قرار دارد. تشویق دانش‌آموزان به ارائهٔ توضیحات، یا تصاویر مبتنی بر اصل تفکر، منجر به سازمان‌دهی و یکپارچه‌سازی اطلاعات جدید با دانش قبلی یادگیرندگان می‌شود. به عبارتی، به چالش کشیدن یادگیرندگان برای سازمان‌دهی مراحل مربوط به زنجیرهٔ علّی رویدادها و به تفکر واداشتن آنها در یک برنامهٔ آموزشی تعاملی موجب یادگیری عمیق‌تر می‌گردد. اصل تفکر در محیط‌های آموزشی می‌تواند به شکل‌های مختلفی به کار رود، همچون خودتوضیحی[1]، خلاصه کردن محتوا به زبان خود، نقاشی کشیدن (پلاس و همکاران، 2010).

1. Self-Explanation



شکل 1. شبکه مضامین برای مدل نهایی تحول بار شناختی مطلوب

5. فعالیت هدایت شده: فعالیت هدایت‌شده زمانی رخ می‌دهد که یادگیرندگان بتوانند در محیط‌های یادگیری تعامل داشته باشند و در مورد اقدامات خود در طول یادگیری راهنمایی دریافت کنند؛ بنابراین، در قلب اصل فعالیت هدایت‌شده دو ایده وجود دارد: تعامل و بازخورد. اصل فعالیت هدایت‌شده بیشتر بر دست‌کاری و گفت‌وگوی تعاملی متمرکز است. در تعامل همراه با دست‌کاری، یادگیرندگان مواد آموزشی را مورد دست‌کاری قرار می‌دهند؛ آزمایش، همچون زمانی که آنها پارامترها را قبل از اجرای شبیه‌سازی تنظیم می‌کنند تا یک فرضیه را آزمایش کنند. در تعامل همراه با مکالمه، یادگیرندگان می‌پرسند و پاسخ دریافت می‌کنند یا پاسخ می‌دهند و بازخورد دریافت می‌کنند (پلاس و همکاران، 2010).

نتیجه‌گیری و بحث

مؤلفه‌ها و روش‌های تقویت پردازش زایشی از طریق تقویت بار شناختی مطلوب در سطح تحلیل مضمون براساس پژوهش‌های صورت گرفته، به دست آمده است. بر این اساس، دو مسیر کلی برای بهبود پردازش زایشی از طریق تقویت بار شناختی مطلوب وجود دارد؛ اول، بهبود پردازش شناختی یادگیرندگان، یادگیری از طریق مداخله در نحوهٔ آموزش و ارائهٔ محتوای درسی (یعنی روش‌های آموزشی)؛ دوم، تمرکز بر فعال‌سازی یادگیرنده و ایجاد شرایطی برای درگیرشدن شناختی یادگیرنده با محتوای یادگیری (تلاش یادگیرنده) است. اگرچه تحقیقات زیادی در زمینهٔ اثربخشی روش‌های آموزشی و تکامل اصول طراحی آموزشی صورت گرفته است، پژوهش حاضر، مزایای توجه به نقش فعال یادگیرنده را در بهبود نتایج یادگیری و اشاره به ظهور مجدد تحقیقات با تمرکز بر اصول کاربردی مفید در زمینهٔ یادگیری

را نشان می‌دهد و مستندسازی دقیق‌تر شرایطی که در آن یادگیری مؤثرتر واقع می‌شود. از جنبهٔ نظری، این بررسی شواهدی را در حمایت از فرضیهٔ پردازش زایشی نشان می‌دهد که فرض می‌کند که یادگیری معنی‌دار به درگیر شدن یادگیرنده در پردازش شناختی مناسب در طول یادگیری بستگی دارد؛ افزون بر این، بررسی دقیق‌تر بار شناختی مطلوب که پردازش شناختی زایشی را به همراه دارد که در طول یادگیری افزون بر بهبود عملکرد، منجر به اکتساب طرحواره و خودکارسازی آن می‌گردد که هدف غایی یادگیری است.

یافته‌های جدول نشان می‌دهد که روش‌ها و تکنیک‌های آموزشی و یادگیری گوناگونی عوامل در طول می‌تواند بر سطح بار شناختی مطلوب یادگیرندگان تأثیر داشته باشد. بدیهی است که شدت و ضعف هر کدام از عوامل می‌تواند بر سطح بارشناختی مطلوب و میزان یادگیری یادگیرندگان تأثیرگذار باشد.

یافته‌های جدول و تحلیل شبکهٔ مضامین مرتبط با بار شناختی مطلوب نشان می‌دهد که یکی از مضامین فراگیر و اثرگذار بر بار شناختی مطلوب، استفاده از چندرسانه‌ای‌هاست. بر این اساس، مضمون آموزشی که شامل بازنمایی‌های کلامی و تصویری همچون فیلم، اسلاید و انیمیشن است، از آموزشی که در آن تنها از اطلاعات کلامی یا تصویری به تنهایی استفاده می‌شود، به احتمال بیشتری به یادگیری معنادار منجر می‌شود. به عنوان مثال، برای آموزش لایه‌های مختلف زمین، افزون بر توضیحات شفاهی، تصاویری از لایه‌های زمین هم ارائه شود. بر اساس یافته‌های پژوهش (جدول 1) این مضمون با ابعادی همچون، تغییرپذیری در نوع رسانه‌ها؛ مثال‌های چند رسانه‌ای متنوع، استراتژی خاص از میان انواع رسانه‌های کلامی و غیر کلامی؛ تقویت‌کننده یادگیری چند رسانه‌ای؛ استفاده از روش‌های آموزشی مختلف؛ پشتیبانی فراشناختی چند رسانه‌ای، انتخاب اطلاعات چند رسانه‌ای؛ ارائهٔ روش‌های مختلف راه حل در مثال‌های کار شده، یافتن و رفع خطاها در مثال‌های کارشده با استفاده از حرکات چشم برای هدایت توجه یادگیرنده هنگام مطالعه مثال‌ها با استفاده از رایانه و حمایت از فرایندهای پشتیبانی فراشناختی می‌تواند بار شناختی مطلوب را افزایش و پردازش زایشی را ایجاد کند. نظریهٔ رمزهای دوگانه (پاویو، 1987؛ به نقل از کالیوگا، 2016) بیان می‌کند که پردازش ذهنی انسان شامل کانال‌های مجزایی برای پردازش مواد تصویری و کلامی است. همچنین میر و مورنو (2007) براساس فرضیهٔ مجاری دوگانه CTML معتقدند که انسان‌ها دارای مجاری جداگانه‌ای برای پردازش مواد تصویری و مواد کلامی هستند؛ بنابراین زمانی که اطلاعات در دو قالب کلامی و دیداری ارائه شوند، یادگیرندگان از نظر شناختی فعال‌تر می‌شوند؛ زیرا باید هر بازنمایی را سازمان‌دهی و ارتباط بین آنها را ایجاد کنند (سوئلر و همکاران، 2019). در حقیقت ایجاد ارتباط بین بازنمایی‌های مواد کلامی و تصویری یک گام با اهمیت در یادگیری مفهومی است (شالک، رول، کرنس و رنکل[1]، 2020). این یافته همسو با نتایج پژوهش‌های پیشین (میر، 2016؛ کالیوگا، 2016 و گروب و رنکل[2]، 2006) است.

مضمون استخراج شده دیگر این پژوهش، شخصی‌سازی اطلاعات است. براساس مفهوم شخصی‌سازی، پیام‌های کلامی نوشتاری و گفتاری آموزشی، زمانی که شخصی‌سازی شوند؛ یعنی به صورت دوستانه، محاوره‌ای و غیر رسمی ارائه شوند، نسبت به زمانی که به صورت رسمی و غیر محاوره‌ای ارائه شوند، در یادگیری مؤثرتر خواهند بود. به بیان دیگر، امکان اینکه پیام‌های شخصی‌شده به یادگیری معنادار منجر شوند بیشتر از زمانی است که پیام‌ها خشک و رسمی باشند. آنچه از یافته‌های این پژوهش برمی‌آید (جدول) مفهوم شخصی‌سازی با ابعادی مانند، وادار کردن یادگیرندگان به بیان و توضیح دلایل خود در مورد مراحل راه حل کارآمد؛ تعامل آگاهانه یادگیرندهٔ با محتوا، افزایش خودآگاهی یادگیرنده، تشویق یادگیرنده به خودتوضیحی؛ تمرین خودخواسته و آگاهانه؛ رعایت پیش‌نیازهای انگیزشی؛ علاقه‌مندی یادگیرنده به محتوا و صرف تلاش ذهنی برای تسلط بر آن، می‌تواند زمینه‌ساز تقویت بار شناختی مطلوب گردد. یافته‌های پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که هنگامی که یادگیرندگان اطلاعات را شخصی می‌کنند، به عنوان مثال اطلاعات را به زبان خود توضیح می‌دهند (فورلا و میر[3]، 2016)، یا اطلاعات آموخته شده را به زبان خود خلاصه‌نویسی می‌کنند (هفتر، تنهاگن، کرنس، رنکل[4]، 2019)

1. Schalk, J Roelle, H Saalbach, K Berthold, E Stern, A Renkl
2. Große, A Renkl
3. Fiorella,I. Mayer
4. Hefter, I ten Hagen, C Krense, K Berthold, A Renkl

و یا تصویرسازی ذهنی می‌کنند (لیوپولد و مایر[1]، 2015)، با وجود اینکه این فعالیت‌ها منجر به افزایش بار شناختی مطلوب در آنها می‌شود، اما یادگیری به نحو عمیق‌تری رخ می‌دهد. نتایج این پژوهش با پژوهش‌های صورت گرفته به وسیلهٔ بکر، دلمن و ونمرینبوئر (2016)؛ اسواردر و چنکی (2018)؛ ونگوک و جاروزاکا (2013)؛ مورنو و میر (2010) و حسین بگلو، پیری، یاری و رضایی (1398)، هم‌خوانی دارد.

مفهوم اثرگذار دیگر بر بار شناختی مطلوب، بازخورد است. بازخورد بیان می‌دارد که ارائهٔ بازخورد در حین یادگیری منجر به پردازش شناختی برای فهم عمیق‌تر می‌شود و اثربخشی یادگیری به رابطهٔ بین مقدار بازخورد داده‌شده و دانش پیشین یادگیرنده بستگی دارد (میر، 2009). به عبارت دیگر، بازخورد دادن، پردازش ضروری و مولد را از طریق هدایت انتخاب دانش‌آموزان و سازمان‌دهی اطلاعات جدید تشویق می‌کند و منجر به افزایش انگیزه برای یادگیری می‌شود (مورنو، 2009). مفهوم بازخورد با ابعادی مانند، تشویق دانش‌آموزان به خود توضیحی و ارائهٔ بازخورد مناسب در حین توضیح یادگیرنده؛ پیچیده کردن تکالیف براساس ارزشیابی از یادگیرنده و ارائهٔ بازخورد به او؛ توضیح به یادگیرنده و آموزش دوباره در صورت یاد نگرفتن، پرسش در طول ارائهٔ محتوا نیز می‌تواند به تقویت بار شناختی مطلوب و یادگیری افزایشی منجر شود. لپینک، ونگوک، پاس و سوئلر (2015) نشان دادند که تهیه بازخورد حتی در حد گفتن صحیح یا غلط منجر به عملکرد بهتر در آزمون‌های بعدی می‌شود. افزون بر این، مطلوب‌تر است که بازخورد، اصلاح‌کننده باشد. به عبارتی با توجه به پاسخ یادگیرنده، توضیح دهد چه چیزی درست و چه چیزی نادرست است. این نتایج همسو با نتایج پژوهش‌های پیشین (ونمرینبوئر، 2017؛ میر، 2009؛ کالیوگا، 2011) است.

بر اساس جدول شماره 1 و تحلیل شبکهٔ مضامین مرتبط با بار شناختی مطلوب، یکی دیگر از مؤلفه‌هایی که در این پژوهش مورد شناسایی قرار گرفت، مؤلفهٔ تفکر است. این مفهوم بیان می‌دارد که تفکر عمیق یادگیرنده و درگیری شناختی او با محتوای یادگیری منجر به درک عمیق‌تر اطلاعات می‌شو د (پلاس و همکاران، 2010). این مفهوم به شکل‌های مختلفی همچون تکمیل تکالیف شناختی پیچیده؛ مطرح کردن سوال در حین یادگیری و آموزش؛ تجسم ذهنی محتوا؛ درخواست تکرار مطالب مهم به وسیلهٔ یادگیرنده؛ مداخلات بافتی همچون ارائهٔ راهنمایی حداکثری در ابتدای یادگیری و حذف تدریجی آن؛ همچنین یادگیرندگانی که مطالب یادگیری را برای خود توضیح می‌دهند و به دنبال نتایج یادگیری بالاتری هستند و فعالانه اطلاعات جدید را با اطلاعات قبلی موجود در حافظه مقایسه می‌کنند و به آنها پیوند می‌دهند، منجر به افزایش بار شناختی مطلوب می‌شود. مورنو (2009) در تحقیق خود نشان داد که تشویق دانش‌آموزان به ارائهٔ توضیحات بر اساس تفکر خود در مورد مواد آموزش داده شده، سازمان و یکپارچگی اطلاعات جدید با دانش قبلی دانش‌آموزان را ارتقا می‌دهد. در مطالعهٔ دیگری (اسکواندر و چنکی، 2018)، ارائهٔ بازخورد تنها زمانی منجر به یادگیری عمیق‌تر شد و توانست انتقال را ارتقا دهد که از دانشجویان خواسته شد تا به مقایسهٔ مطالب آموخته شده با مثال‌های کار شدهٔ قبلی و تفکر و قیاس آنها با یکدیگر بپردازند، راه‌حل‌های خود را مورد بررسی قرار دهند. به طور خاص، درخواست از دانش‌آموزان برای سازمان‌دهی مراحل مربوط به زنجیرهٔ علّی رویدادها و واداشتن آنها به تفکر یادگیری و انتقال دانش آنها را بهبود بخشید (برین و ونمیرینبوئر، 2018). میر و مورنو (2010) براساس فرضیهٔ واسطه‌ای فراشناختی CATLM بیان می‌دارند، درصورتی‌که دانش‌آموزان را تشویق کنیم که بیشتر از نظر ذهنی فعال شوند، این امر منجر به پردازش عمیق‌تر اطلاعات و افزایش بار شناختی مطلوب می‌شود.

در نهایت، نتایج جدول 1 و شبکهٔ مضامین مرتبط با بار شناختی مطلوب حاکی از آن است که یکی دیگر از مضامین فراگیر مرتبط با بار شناختی مطلوب مضمون فعالیت هدایت شده است. فعالیت هدایت شده اشاره به این موضوع دارد که یادگیرندگان بتوانند در محیط‌های چند رسانه‌ای تعامل داشته باشند و در مورد اقدامات خود در طول یادگیری راهنمایی و بازخورد دریافت کنند؛ بنابراین، در قلب اصل فعالیت هدایت‌شده دو ایده زیر وجود دارد: تعامل و بازخورد. فعالیت هدایت‌شده بیشتر بر دست‌کاری و گفت‌وگو در رابطه با جزئیات فعالیت‌ها متمرکز است. در تعامل همراه با دست‌کاری، یادگیرندگان با مواد آموزشی آزمایش می‌کنند، مانند زمانی که آنها پارامترها را قبل از اجرای شبیه‌سازی تنظیم می‌کنند تا یک فرضیه را آزمایش کنند. در تعامل با مکالمه، فراگیران می‌پرسند و پاسخ دریافت می‌کنند یا پاسخ

1. Leopold, C. & Mayer

می‌دهند و بازخورد دریافت می‌کنند (پلاس و همکاران، 2011). فعالیت هدایت شده حاصل فعالیت‌هایی همچون کاوشگری، توضیحات تکمیلی، هدایت فرایند یادگیری به وسیلهٔ آموزشیار، ارائه بازخورد به وسیلهٔ آموزشیار است. فیورلا و میر (2016) در تحقیق خود نشان دادند هنگامی که یادگیرنده اطلاعات جدید را به وسیلهٔ یک سری اعمال قابل مشاهده به اجرا در می‌آورد، از زمانی که تکلیف مورد نظر فقط به وسیلهٔ آموزشیار ارائه شود، بهتر یاد می‌گیرند. ونمیرینبوئر و همکاران (2017) بیان داشتند که حل مسئله به وسیلهٔ یادگیرنده در حین آموزش و ارائهٔ بازخورد بعد از حل مسئله به وسیلهٔ یادگیرنده و حدف تدریجی راهنمایی و حمایت با هدف مستقل شدن تدریجی یادگیرنده، منجر به درک عمیق‌تر محتوا می‌شود. پژوهش حاضر با پژوهش‌های انجام شده به وسیلهٔ، مورنو، مایر، اسپایرز و ویستل لس‌تر (2001)، مورنو و دران (2004) سوفرت و برانکن (2006) و رضازاده، هاشمی (1399) هم‌خوانی دارد.

در نهایت می‌توان گفت که نتیجهٔ پژوهش، ارائهٔ روش‌های عملیاتی و کاربردی برای تقویت بارشناختی مطلوب به عنوان یک سازهٔ کلیدی در افزایش پردازش زایشی است. با توجه به یافته‌های به دست آمده می‌توان گفت اعمال و فعالیت‌هایی از سوی یادگیرنده یا طراح، تقویت بار شناختی مطلوب را به دنبال دارد که منجر به درگیری عمیق شناختی یادگیرنده با محتوای یادگیری شود و به نوعی در او انگیزش درونی برای یادگیری ایجاد کند. فعالیت‌هایی که هدفش یادگیری طوطی‌وار نیست و به دنبال انتقال دانش آموخته شده به موقعیت‌های زندگی واقعی است.

نتیجه‌گیری

یادگیری یادگیری جزء حیاتی‌ترین نیازهای انسان است. طی قرن‌های متمادی پژوهش‌های بسیاری در مورد یادگیری مؤثر و چگونگی بهبود آن در سراسر جهان صورت گرفته است، اما هنوز در بسیاری از موارد یادگیری در محیط‌های آموزشی با چالش همراه است. بشر هنوز در توضیح روش‌هایی که بتواند به صورت واضح منجر به یادگیری شود، با مشکلاتی مواجه است و در بسیاری از موارد مشاهده می‌شود که فرایند یادگیری در محیط‌های آموزشی با شکست مواجه می‌شود (شانک، 2016) و همین امر ضرورت مطالعات عمیق و خاص را که به بررسی دقیق عوامل تاثیرگذار بر این فرایند حیاتی می‌پردازد، برجسته می‌سازد. بر این اساس در پژوهش حاضر تلاش شد تا ضمن واکاوی دقیق و عمیق بار شناختی مطلوب، روش‌هایی که سبب تقویت این نوع بار شناختی می‌شوند، مورد شناسایی قرار گیرند؛ زیرا این نوع بار شناختی منجر به تقویت پردازش زایشی می‌شود که به صورت خاص دربرگیرندهٔ درک فعالانهٔ اطلاعات آموخته‌شده از طریق سازمان‌دهی دوباره ذهنی و یکپارچه‌سازی آن با دانش قبلی فرد است؛ در نتیجه یادگیرندگان را توانا می‌سازد تا آنچه را آموخته‌اند در موقعیت‌های جدید و زندگی واقعی به کار گیرند.

یافته‌های پژوهش گویای این مطلب است که بار شناختی مطلوب، آن‌چنان‌که از نامش پیداست، با وجود آنکه به عنوان یک بار و تقاضای کاری به حافظهٔ فعال که دارای محدودیت ظرفیتی بسیار اندک است، وارد می‌شود؛ اما به دلیل مزیت‌های درازمدتی که برای فرد به همراه دارد و نقش کلیدی بار شناختی مطلوب در امر طرحواره‌سازی و خودکارسازی طرحواره، باید مورد توجه ویژه قرار گیرد. هدف اصلی یادگیری، انتقال اطلاعات به حافظهٔ دراز مدت و به کارگیری دانش کسب شده در زندگی واقعی است، یعنی همان نوع خاص یادگیری که با عنوان پردازش زایشی از آن نام می‌بریم که حاصل طرحواره‌سازی و خودکارسازی آن است و بار شناختی مطلوب ابزار این فرایند است و یادگیری را تبدیل به پردازش زایشی و مولد که قابل انتقال به موقعیت‌های روزمره است می‌کند؛ بنابراین درحین انجام فرایند آموزش باید با در نظر گرفتن سطح شناختی و درک یادگیرنده، تا حد ممکن محتوای آموزشی را به زبان ساده و غیر رسمی ارائه کرد و از ابزارهای چند رسانه‌ای همچون فیلم، عکس و انیمیشن برای آسان‌سازی یادگیری او بهره جست و فقط به ارائهٔ توضیحات شفاهی بسنده نکرد؛ به عبارتی یادگیری را چندحسی کرد. افزون بر این با به فعالیت واداشتن یادگیرنده در حین آموزش، فرصت تعامل با عناصر یادگیری را برای او فراهم آورد و گام به گام یادگیرنده را راهنمایی و حمایت کرد و درعین حال که در لحظهٔ مناسب بازخورد مطلوب به او ارائه می‌شود، هنگام درگیرشدن او با محتوا، یادگیرنده را به تفکر در مطلب واداشت و به صورت تدریجی فرصت استقلال در کسب یادگیری را برایش فراهم آورد.

در مجموع می‌توان گفت روش‌های زایشی که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته‌اند، محدود هستند و

پژوهش‌های آینده می‌توانند این کار را به روش‌های دیگری نیز گسترش دهند که هدف آن تقویت گزینش فعال، سازمان‌دهی و تلفیق اطلاعات جدید با دانش قبلی دانش‌آموزان است. براین اساس، محیط‌های حمایتی که امکان تقویت پردازش زایشی مرتبط با بار شناختی مطلوب را فراهم می‌آورند و در آنها سناریوهای یادگیری، مبتنی بر مسئله هستند، زیرا آنها به دانش‌آموزان فرصت انتخاب و دست‌کاری مواد آموزشی، کاوش روش‌های متعدد، آزمودن فرضیات، یادگیری خودتنظیم و مبتنی بر تفکر و تامل و در نتیجه ساخت دانش را می‌دهند، از اهمیت ویژه و غیرقابل انکاری برخوردار هستند؛ بنابراین از آنجا که این محیط‌ها بسیار پیچیده و تاثیرگذار بر یادگیری هستند، نیازمند ارزیابی، طراحی و مداخلات دقیق و هدفمندند.

افزون بر این، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده به طور خاص بر نقش فرایندهای انگیزشی و فراشناختی در پردازش زایشی بپردازند. با توجه به نظریهٔ پردازش زایشی، یادگیری معنادار نیازمند این است که یادگیرنده برای سرمایه‌گذاری تلاش در یک فعالیت خاص، انگیزه داشته باشد. مهم است که درک بهتری از این که چگونه اهداف، باورها، علایق، اسنادهای دانش‌آموزان و تفاوت‌های فردی آنها در حوزهٔ دانش قبلی‌شان در هر حوزهٔ خاص، پردازش زایشی را تحت تاثیر قرار می‌دهند، صورت گیرد. افزون بر این راهبردهای فراشناختی خاص را که می‌تواند در خدمت این نوع یادگیری قرار گیرد، بررسی شود. به نظر می‌رسد که راهبردهای پردازش زایشی، مزایای فراشناختی را با ارائهٔ اطلاعات دقیق‌تر به دانش‌آموزان با توجه به درک فعلی از مواد، ارائه می‌دهند.

در نتیجه، دو مسیر برای بهبود یادگیری دانش‌آموزان وجود دارد که شامل بهبود از طریق آموزش (یعنی روش‌های آموزشی) یا بهبود از طریق یادگیرنده (یعنی استراتژی‌های یادگیری) است. اگرچه تحقیقات زیادی در زمینهٔ اثربخشی روش‌های آموزشی و توسعهٔ اصول طراحی آموزشی انجام شده‌است، اما توجه به نقش راهبردهای یادگیری در بهبود نتایج یادگیری، نیازمند ظهور دوباره تحقیقات مفید در زمینهٔ راهبردهای یادگیری است؛ بنابراین مرحلهٔ مهم بعدی بررسی بهتر پردازش شناختی در طول یادگیری افزون بر آزمایش عملکرد و ترکیب نقش انگیزش و فراشناخت است.

منابع

رضازاده شرمه، محمد، هاشمی، سهیلا (1399). مقایسه تاثیر روش‌های آموزش مبتنی بر نظریه بارشناختی، چندرسانه‌ای و سخنرانی بر یادگیری درس علوم دانش‌آموزان. *فصلنامه علمی، پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی*. doi: 10.30473/etl.2020.54246.3283

حسین بگلو، کوروش؛ پیری، موسی؛ یاری، جهانگیر؛ رضایی، اکبر (1398). طراحی آموزش چندرسانه‌ای مبتنی بر نظریهٔ بار شناختی سوئلر و تعیین تأثیر آن بر درگیری تحصیلی و انتقال یادگیری درس ریاضی در فراگیران پایه سوم ابتدایی. *فصلنامه علمی، پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی*، 6 (شماره 4 (بهار 1398))، doi: 10.30473/-44-31 .etl.2019.5792

Aldekhyi, S. Cavalcani, R. Nasmithis, L. (2018). Cognitive load predicts point-of-care ultra-sound simulator performance. 10.1007/-s40037-017-0392-7

Alemdag and Cagiltay. (2018). A systematic re-view of eye tracking research on multimedia learning. 10.1016/j.compedu.2018.06.-023

Anmarkrud, Andresen & Bråten. (2019). Cognitive Load and Working Memory in Multimedia Learning: Conceptual and Measurement Issues: Educational Psychologist, Online first

Anmarkrud, I. Andersen, A. Braten, I. (2019). Cognitive Load and Working Memory in Multimedia Learning: Conceptual and Measurement Issues. 10.1080/00461520.-2018.-1554484

Attride-Stirling, J. (2001), ‘‘Thematic Networks: An Analytic Tool for Qualitative Research’’, Qualitative Research, Vol. 1, No. 3, Pp. 385-405

Beckers, J. D Dolmans, J Van Merriënboer. (2016). E-Portfolios enhancing students’ self-directed learning: A systematic review of in-fluencing factors. Australasian Journal of Educational Technolog

Boyatzis, R.E. (1998), Transforming qualitative information: thematic analysis and code de-velopment, Sage.

Bruin, A. van Merriënboer, JG. (2018). Bridging Cognitive Load and Self-Regulated Learning Research: A complementary approach to con-temporary issues in educational re-search.https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.06.001Get rights and content

Brünken, R., Seufert, T., & Paas, F. (2010). Measuring cognitive load. In J. L. Plass, R.

Moreno, & R. Brünken (Eds.), Cognitive load theory (pp. 181–202). Cambridge, NY: Cambridge University Press

Castro-Alonso, J.C., Wong, A., Adesope, O.O., Ayres, P., & Paas, F. (2019). Gender imbalance in instructional dynamic versus static visualizations: a meta-analysis. Educational Psychology Review, 31, 1–27.

Cheon, J. Grant, M. (2012). The effects of metaphorical interface on germane cognitive load in Web-based instruction. 10.1007/s11423-012-9236-7

Clark, R., Mayer, R.E. (2016). E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.Google Scholar

De Jong, T. (2010). Cognitive load theory, educational research, and instructional design. Instructional Science, 38, 105–134. doi:10.1007/s11251-009-9110-0 [Crossref], [Web of Science ®], [Google Scholar]

Debue, N. Leemput, C. (2014). What does germane load mean? An empirical contribution to the cognitive load theory. https://doi.org/-10.3389/fpsyg.2014.01099

DeLeeuw, K.E., & Mayer, R.E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load:

Denzin,K. Lincoln,S (2017). Handbook of Qualitative Research.SAGE Publication.

DeStefanoJo, D. LeFevre, L. (2007). Cognitive load in hypertext reading: A review. Computers in Human Behavior Volume 23, Issue 3, May 2007, Pages 1616-1641. Educational Psychology, 100, 223–234

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. Educational Psychology Review, 28 (4), 717-741.

Fiorella,l. Mayer,RE (2015).Learning as a generative activity.Cambridge University Press

Fishburn, F. A., Norr, M. E., Medvedev, A. V., & Vaidya, C.J. (2014). Sensitivity of fNIRS 526 to cognitive state and load. Frontiers in human neuroscience, 8, 76.

Große, A Renkl. (2007). Finding and fixing errors in worked examples: Can this foster learning outcomes? Learning and instruction 17 (6), 612-634

Hefter, I ten Hagen, C Krense, K Berthold, A Renkl. (2019). Effective and efficient acquisition of argumentation knowledge by self-explaining examples: Videos, texts, or graphic novels?. Journal of Educational Psychology 111 (8), 1396

Hellenbrand, RE Mayer, M Opfermann, A Schmeck, D Leutner. (2019). How generative drawing affects the learning process: An eye-tracking analysis. Applied Cognitive Psychology 33 (6), 1147-1164

Hughes, M. Factors, H. (2019). Cardiac Measures of Cognitive Workload: A Meta-Analysis. 10.1177/0018720819830553

Kalyuga S. (2016). 'Enhancing the Effectiveness of Educational Hypermedia: A Cognitive Load Approach', in Neto FMM; de Souza R; Gomes AS (ed.), Handbook of Research on 3-D Virtual Environments and Hypermedia for Ubiquitous Learning, edn. Advances in Game-Based Learning, IGI Global, Hershey, PA, pp. 387 - 409, http://dx.doi.org/10.-4018/978-1-5225-0125-1.ch016

Kalyuga S; Plass J. (2018). 'Cognitive Load as a Local Characteristic of Cognitive Processes: Implications for Measurement Approaches', in Zheng R (ed.), Cognitive Load Measurement and Application: A Theoretical Framework for Meaningful Research and Practice, Routledge, New York, NY, pp. 59 - 74, http://dx.doi.org/10.4324/9781315296258

King, N., & Horrocks, C. (2010). Interviews in qualitative research, London: Sage.

Kirschner, F., Pass, F., & Kirschner, P. (2011). Task Complexity as a Driver for Collaborative Learning Efficiency: The Collective Working-Memory Effect. Applied Cognitive Psychology, 25: 615–624 (2011).

Kirschner, P.A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano, R.J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. International Journal of Computer-SupportedCollaborative Learning, 13 (2), 213–233. doi:10.1007/s11412-018-9277-y.

Klepsch, M. Seufert, T. (2020). Understanding instructional design effects by differentiated measurement of intrinsic, extraneous, and germane cognitive load.

Korbach,. Brünken, A. Park, B. (2017). Measurement of cognitive load in multimedia learning: a comparison of different objective measures. Instructional Science volume 45, pages515–536

Korbach, A. Brunken, R. Park, B. (2017). Differentiating Different Types of Cognitive Load: a Comparison of Different Measures. Educational Psychology Review

Lai, AF. Chen ,C H. Lee, G. (2019). An augmented reality-based learning approach to enhancing students' science reading performances from the perspective of the cognitive load theory. https://doi.org/10.1111/-bjet.12716

Lai, J. Bower. M. (2019). How is the use of technology in education evaluated? A systematic review. Computers & Education Volume 133, Number 1, May 2019 ISSN 0360-1315 Publisher: Elsevier Ltd

Leopold, C., & Mayer, R. E. (2015). An imagination effect in learning from scientific text. Journal of Education and Psychology, 107, 47–63. doi:10.1037/a003714

Leppink, J. (2017). Cognitive load theory: Practical implications and an important challenge. https://doi.org/10.1016/j.jtumed.2017.05.003

Leppink, JT. Van Gog, F. Paas, J. Sweller (2015). Cognitive load theory: researching and planning teaching to maximise learningJ. Cleland, S.J. Durning (Eds.), Researching medical education, Wiley & Blackwell, Chichester (2015), pp. 207-218

Leppink,J A. Van den Heuvel. (2015). The evolution of cognitive load theory and its application to medical education. Perspect Med Educ, 4 (2015), pp. 119-127

Mayer, R. E. (Ed.). (2014). The Cambridge handbook of multimedia learning (2nd Rev ed.). New York :Cambridge University Press

Moreno, R., & Mayer, R. E. (2007). Interactive multimodal learning environments. Educational Psychology Review, 19, 309–326

Moreno, R., & Park, B. (2010). Cognitive load theory: Historical development and relation to other theories. In J.

NikouS. Economides, A. (2018). Mobile-Based micro-Learning and Assessment: Impact on learning performance and motivation of high school students

Plass, J., Moreno, R., & Brünken, R. (Eds.). (2010). Cognitive load theory. New York: Cambridge University Press.

Plass, J. Kalyuga, S. (2019). Four Ways of Considering Emotion in Cognitive Load Theory. 10.1007/s10648-019-09473-5

Ponce,HR. Mayer, Loyola, MJ López. (2020). Study Activities That Foster Generative Learning: Notetaking, Graphic Organizer,

Schalk, J Roelle, H Saalbach, K Berthold, E Stern, A Renkl. (2020). Providing worked examples for learning multiple principles. Applied Cognitive Psychology

Schroeder, N. Cenkci, A. (2018). Spatial Contiguity and Spatial Split-Attention Effects in Multimedia Learning Environments: a Meta-Analysis. Educational Psychology Review volume 30, pages679–701

Schunk, D.H. (2016). Learning theories: An educational perspective (7thed). Boston: Pearson Press.

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load. Educational. Psychology Review, 22, 123–138.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory. New York, NY: Springer.

Sweller, J., Van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. Educational Psychology Review, 10, 251–296.

Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G., & Paas, F. (1998). Cognitive architecture and instructional design. Educational Psychology Review, 10 (3), 251–296. https://doi.org/10.-1023/A:1022193728205.

Sweller, J. van Merriënboer, J. Paas, F. (2019). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. Educational Psychology Review (2019) 31:261–292.https://doi.org/-10.1007/s10648-019-09465-5

Szulewski, A. Howes, D. van Merriënboer, JG, Sweller, J. (2020). From Theory to Practice: The Application of Cognitive Load Theory to the Practice of Medicine. Academic Medicine: Journal of the Association of American Medical Colleges

Tindall-Ford, sh. Agostinho,sh. Sweller, J. (2020). Advances in Cognitive Load Theory. First published 2020by Routledge. https://lccn.loc.gov/2019004035

Van Gog, T. H Jarodzka. (2013). Eye Tracking as a Tool to Study and Enhance Cognitive and Metacognitive Processes in Computer-Based Learning Environments. Researching Medical Education.

Van Merriënboer, GJ. Sweller, H. (2006). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. https://link.springer.com/article/10.1007/s106 48-005-3951-0.