

## مقایسه تأثیر روش‌های آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی، چندرسانه‌ای و سخنرانی بر یادگیری درس علوم دانش آموزان

محمد رضا زاده شرمه<sup>1\*</sup>، سهیلا هاشمی<sup>2</sup>

1. کارشناسی ارشد، روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

2. دانشیار، گروه روان‌شناسی تربیتی، دانشگاه مازندران، بابلسر، ایران

تاریخ دریافت: 1399/05/03 تاریخ پذیرش: 1399/09/30

### Comparing the Effect of Cognitive Load Theory, Multimedia and Speech Teaching Methods on Learning Students' in Science Courses

M. RezaZadeh Sherme<sup>\*1</sup>, S. Hashemi<sup>2</sup>

1. M.A., Educational Psychology, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

2. Associate Professor, Department of Psychology, University of Mazandaran, Babolsar, Iran

Received: 2020/07/24

Accepted: 2020/12/20

#### Abstract

The aim of this study was to compare three methods of teaching based on the cognitive load theory (CLT), multimedia education, and speech on the level of achievement and motivation of students in learning the fourth elementary science course, which was done as a quasi-experimental project. The statistical population of the study was the students of a school equipped with information technology in Mahmudabad city. The tools of this research include 1. Researcher-made learning test in the fourth science course 2. Questionnaire of academic achievement motivation of Verland et al. (1985) 3. Academic motivation scale (AMS) and 4. Measurement scale of Pass and Van Merriënboer (1993). The results of the questionnaires and the learning test were analyzed by using ANOVA. The results showed that the level of learning, the motivation of students who were under teaching based on cognitive load theory was significantly higher than students who received multimedia education and speech. Also, the mean of the cognitive load in speech group was 4.47, multimedia group 3.82, and in training group based on cognitive load theory 3.63. This means that students in the teaching group based on cognitive load theory received less cognitive load than students in other groups. Based on the results of this study, it is suggested that teachers and educational planners train the basic principles of cognitive theory so that they learn these principles and due to the limited capacity of students' active memory and the motivational aspects of the learning environment, they apply them in teaching and planning lessons.

#### Keywords

Education, Motivation, Cognitive, Fourth Elementary Science Course.

#### چکیده

این پژوهش با هدف مقایسه سه روش آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی، آموزش چندرسانه‌ای و آموزش سخنرانی در میزان پیشرفت تحصیلی و انگیزش دانش‌آموزان در یادگیری درس علوم چهارم انجام شد. جامعه آماری پژوهش، یک مدرسه مجهز به فناوری اطلاعات در شهرستان محمودآباد (استان مازندران) بود. ابزارهای این پژوهش شامل 1. آزمون یادگیری محقق‌ساخته در درس علوم چهارم 2. پرسش‌نامه انگیزش پیشرفت تحصیلی ورنلد و همکاران (1985) 3. مقیاس انگیزش پیشرفت تحصیلی (AMS) و 4. مقیاس درجه‌بندی ذهنی بار شناختی پاس و ون مرینبوئر (1993) بود. نتایج حاصل از جمع‌آوری پرسش‌نامه‌ها و آزمون یادگیری به کمک تحلیل واریانس مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. نتایج نشان داد که میزان یادگیری، انگیزش دانش‌آموزانی که تحت تأثیر آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی بوده‌اند، به طور معناداری بیشتر از دانش‌آموزانی بود که آموزش چندرسانه‌ای و سخنرانی را در درس علوم دریافت کردند. همچنین میانگین بار شناختی در گروه سخنرانی (4/47)، گروه چندرسانه‌ای (3/82) و در گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی (3/63) بود. این بدین معنی است که دانش‌آموزان گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی، بار شناختی کمتری از دانش‌آموزان سایر گروه دریافت کردند. با توجه به نتایج، پیشنهاد می‌شود معلمان و برنامه‌ریزان تحصیلی درباره اصول پایه و اساسی نظریه بار شناختی آموزش ببینند تا بتوانند این اصول را با توجه به ظرفیت محدود حافظه فعال دانش‌آموزان و با توجه به جنبه‌های انگیزشی محیط یادگیری، در آموزش و برنامه‌ریزی درس‌ها به کار گیرند.

#### واژگان کلیدی

آموزش، انگیزش، بار شناختی، علوم چهارم ابتدایی.

## مقدمه

بهبود یادگیری و توسعه آموزش از گذشته‌های دور توجه و علاقه محققان را به خود جلب کرده است. با توجه به رشد تکنولوژی آموزشی، همواره سعی در به‌روز کردن و متحول کردن روش‌های آموزشی و ارتقا و بهبود کیفیت آن بوده است. فرآیند آموزش و یادگیری از لحاظ برخورداری از ویژگی‌های خاص، دارای جنبه‌های مختلف، اجزا و عناصری است که دارای کنش‌های متقابل است و هر یک بر دیگری تأثیر می‌گذارد و از دیگری تأثیر می‌پذیرد (فردانش، 1387). در واقع کیفیت آموزش به عنوان یک جزء اصلی در بهبود یادگیری و انگیزش یادگیری محسوب می‌شود (موسوی و همکاران، 1397؛ باقرپور، 1398). روش تدریس سخنرانی که سابقه‌ای طولانی در نظام‌های آموزشی دارد، به ارائه مفاهیم به طور شفاهی از طرف معلم و یادگیری آنان از طریق گوش کردن و یادداشت‌برداری از طرف دانش‌آموز می‌پردازد. در این روش معلم به طور شفاهی اطلاعات مفاهیم را در طول مدتی که ممکن است از چند دقیقه تا یک ساعت یا بیشتر طول بکشد، در کلاس ارائه می‌دهد (واکان<sup>1</sup> و همکاران، 2016).

رشد روز افزون تحولات در زمینه‌های مختلف زندگی بشر، تغییرات زیادی را در عرصه زندگی و گستره فکری او ایجاد کرده است. افزایش روزافزون استفاده از فناوری اطلاعات و ارتباطات تحولی بزرگ را در تمام زمینه‌ها و از همه مهم‌تر حوزه آموزش و یادگیری نوید می‌دهد. با گسترش علوم رایانه، استقبال زیادی از ابزار چندرسانه‌ای به شکل نرم‌افزارهای آموزشی به وجود آمد و باعث شد تأثیرات آنها در نظام‌های آموزشی به ویژه در فرآیند آموزش و یادگیری مورد توجه قرار گیرد (گاریسون و آندرسون<sup>2</sup>، 2003). وجود پیشینه تحقیقاتی بسیار در زمینه عوامل پیش‌بینی‌کننده پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در روند بین‌المللی مطالعات علمی و ریاضیات (تیمز)<sup>3</sup>، بیان‌کننده عوامل تعیین‌کننده زیادی در زمینه پیشرفت تحصیلی و کارایی دانش‌آموزان در درس علوم است. در این میان می‌توان به نقش معلم، آموزش مهارت‌های تدریس به آنها،

نگرش مثبت به موضوع درسی، تهیه برنامه آموزشی مناسب و روش‌های تدریس فعال، اشاره کرد (مرکز ملی مطالعات تیمز و پرلز، 2011).

نظریه بار شناختی<sup>4</sup> یکی از نظریه‌های شناختی است که اخیراً تحقیقات قابل توجهی را در آموزشی مطالب درسی به خود اختصاص داده است و می‌توان از آن برای سازمان‌دهی مناسب و اصولی آموزش با روش چندرسانه‌ای استفاده کرد. نظریه بار شناختی در دهه هشتاد میلادی به وسیله جان سوئلر<sup>5</sup> و همکاران در دانشگاه نیوسوت ولز مطرح شد (کرایسشنر، کلارک و سوئلر، 2006؛ پاس، رنکل و سوئلر، 2004) و آن را می‌توان به عنوان نظریه اصول یادگیری و طراحی آموزشی بر مبنای فرضیات مربوط به ساختارشناختی یادگیری تعریف کرد (سوئلر، 2004). ادعای اصلی این نظریه این است که اثربخشی طراحی آموزشی بدون دانش درباره ساختار شناختی انسان احتمالاً تصادفی است و این استدلال را مطرح می‌کند که بسیاری از تکنیک‌های آموزش سخنرانی محدودیت‌های ساختار شناختی انسان را به طور دقیق مدنظر قرار نداده‌اند. چون آنها به طور غیرضروری حافظه فعال یادگیرنده، یعنی خلاء محوری سیستم شناختی وی را پر می‌کنند. بر این اساس نظریه بار شناختی تلاش می‌کند تا دانش مربوط به ساختار و عملکرد سیستم شناختی انسان را با اصول طراحی آموزشی ادغام کند (اشنوتز، فریز و هورتز، 2009).

نظریه بار شناختی، توصیه‌های آموزشی مبتنی بر دانش شناخت انسان را ارائه می‌دهد. این نظریه فرض می‌کند که دانش باید به اطلاعات اولیه از نظر بیولوژیکی که انسان به طور خاص برای دست‌یابی به آن تکامل یافته است و از نظر زیست شناختی ثانویه که به طور خاص برای کسب آن رشد نکرده است، تقسیم شود. دانش ابتدایی بیشتر از مهارت‌های عمومی - شناختی تشکیل شده است که برای بقای انسان مهم است و نمی‌توان آن را آموخت، زیرا ناخودآگاه به دست می‌آید، در حالی که دانش ثانویه معمولاً ماهیتی خاص دارد و نیاز به آموزش صریح در زمینه‌های آموزش و پرورش دارد. این نظریه از معماری شناختی برای طراحی رویه‌های آموزشی استفاده می‌کند که بیشتر مربوط به اطلاعات

1. Vaccani

2. Garrison & Anderson

3. Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

4. Cognitive Load Theory (CLT)

5. John Sweller

اضافی در سؤالات امتحان ممکن است از سنجش دقیق مهارت‌ها و دانش دانش‌آموزان در این ارزیابی‌ها جلوگیری کند. این امر به نیاز مربیان برای از بین بردن بار شناختی از امتحاناتشان اشاره می‌کند.

فان، نگو و یئونگ<sup>۲</sup> (2017)، در پژوهشی با عنوان «دستیابی به بهترین روش بهینه بهره‌وری آموزشی و استفاده از نظریه بار شناختی در حل مسائل ریاضی» دریافته‌اند که دانش‌آموزان در تلاش برای دستیابی به بهترین روش بهینه و نتایج شخصی، حداکثر توانایی‌های خود را منعکس می‌کنند. چنین دستاورد واقعی، عملکرد شخصی را که ممکن است قابلیت متوسط و بدون هرگونه آرمان، انگیزه و یا هزینه تلاش باشد، نشان می‌دهد.

ماسون، ستون و کوپر<sup>۳</sup> (2016)، در پژوهشی با عنوان «استفاده از نظریه بار شناختی برای طراحی دوباره یک دوره سیستم‌های پایگاه داده دانشجویان»، به این نتیجه رسیدند که محتوای دوره معمولی مناسب بود، اما مواد آموزشی مورد استفاده به ویژه برای دانشجویان تازه وارد، بیش از حد پیچیده است؛ همچنین نتایج نشان داد که رضایت دانشجویان نیز افزایش یافته و بازخورد از مطالعات بعدی بسیار مثبت است.

کامس و پرترات<sup>۴</sup> (2015) در پژوهشی با عنوان «اثر بار شناختی بر روی یادآوری تاختیری» دریافته‌اند که برای یادداری اثربخش اطلاعات در حافظه فعال، نیاز به تکرار و مرور ذهنی است. این پژوهش را بر روی دانشجویان دوره کارشناسی در درس شیمی انجام داده‌اند. تعداد گروه کنترل و گروه آزمایش به ترتیب 27 و 29 نفر بوده است. نتیجه حاصل از انجام این پژوهش نشان داد که استفاده از اصول مربوط به نظریه بار شناختی، باعث افزایش میزان یادآوری دانشجویان می‌شود.

با توجه موارد یاد شده، به نظر می‌رسد با روش‌های آموزشی چندرسانه‌ای و بار شناختی و به کارگیری آنها در مدارس هوشمند که بستر مناسبی را برای الکترونیکی کردن آموزش فراهم کرده‌اند، زمینه مناسبی برای آسان‌سازی و تسریع فرآیند یادگیری معنادار و حل مسئله‌مدار فراهم شود.

پیچیده‌ای است که نیاز به کاهش بار حافظه فعال دارند. بسیاری از این روش‌های آموزشی با کمک فناوری آموزشی می‌توانند به راحتی مورد استفاده قرار گیرند (سوئلر، 2020).

در مجموع آنچه می‌توان در ارتباط با پیشینه تحقیق در ایران و جهان بیان کرد، این است که در این زمینه پژوهش‌های اندکی انجام گرفته و این حیطه نیازمند پژوهش‌های بیشتر است. از تحقیقات انجام گرفته بر می‌آید که بیشتر پژوهش‌ها اتفاق نظر دارند که استفاده از چندرسانه‌ای در آموزش بر یادگیری و یادداری دانش‌آموزان تأثیر دارد و اگر این رسانه‌ها با توجه به اصول علمی و کاهش بار شناختی یادگیرندگان طراحی و تولید شوند، می‌توانند یادگیری را به میزان زیادی افزایش دهند. این اصول باید مبتنی بر اصول پردازش اطلاعات به وسیله انسان‌ها باشد؛ بنابراین طراحی محیط‌های چندرسانه‌ای باید مبتنی بر چگونگی یادگیری افراد باشد. به طور خلاصه اصول چندرسانه‌ای باید در قبال دانش ما درباره اینکه افراد چگونه اطلاعات را پردازش می‌کنند، حساس باشد.

عبدی و رستمی (1396) اثربخشی روش آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی بر پیشرفت درسی، بار شناختی ادراک شده و انگیزش دانش‌آموزان به یادگیری درس علوم تجربی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنان نشان داد دانش‌آموزانی که از طریق روش آموزشی مبتنی بر اثرات بار شناختی آموزش دیده بودند، نمره پیشرفت درسی و انگیزش بالاتری در مقایسه با دانش‌آموزان آموزش دیده با روش تدریس سنتی داشتند؛ همچنین دانش‌آموزان گروه آزمایش بار شناختی کمتری از دانش‌آموزان گروه کنترل ادراک کردند. در پژوهش دیگری، حسین بگلو و همکاران (1398) مشخص شده است که طراحی آموزش چندرسانه‌ای مبتنی بر نظریه بار شناختی سوئلر می‌تواند در یادگیری کلاسی درس ریاضی و انتقال آن به فرصت‌های پیش رو موثر و مفید باشد.

فیلیس، بریگز و لی جنسن<sup>۱</sup> (2020) درک دانشجویان از طبقه‌بندی بلوم و پیوند آن با بار شناختی را بررسی کردند. نتایج آنان حاکی از این بود که وجود بار شناختی از ارزیابی دقیق دانش‌آموزان جلوگیری می‌کند؛ بنابراین، بار شناختی

2. Phan, Ngu, & Yeung

3. Mason, Seton, & Cooper

4. Camos & Portrat

1. Phillips, Briggs & Lee Jensen

پیچیده ارائه محتوا) و افزایش بارمطلوب (تخیل و مثال‌های متنوع) برای اجرا در گروه بار شناختی انجام شد. در طراحی طرح درس‌ها برای هر درس، اهداف برنامه درسی علوم چهارم و اثرات بار شناختی در نظر گرفته شد. طرح درس‌ها به وسیله سه معلم علوم قبل از اجرا بررسی شدند و با توجه به پیشنهادها و انتقادات اصلاحات لازم روی کار انجام شد. به طور دقیق تمام فعالیت‌ها با استفاده از اصول نظریه بار شناختی و اثرات آن آماده شدند و الگوی ارائه شده به وسیله تکیر و آکسو (2012) مبنای شیوه اجرا در این پژوهش بود. اولین گام تعیین دانش قبلی دانش‌آموزان بود. برای رسیدن به آگاهی کامل در این زمینه، پیش از برگزاری کلاس‌ها جلسه‌ای با خانواده‌های شصت دانش‌آموز حاضر در پژوهش برگزار و مشخصات دقیق دانش‌آموزان و ویژگی‌های فردی و تحصیلی آنها جمع‌آوری شد. سپس با سه معلم سال‌های گذشته (پایه اول تا سوم) دانش‌آموزان جلسه‌ای برگزار و در مورد شرایط تک تک دانش‌آموزان در سال‌های گذشته بحث و تبادل نظر شد. پس از آن برای مدیریت بار درونی، مباحث فصل از ساده‌ترین موضوع (ستاره و تفاوت آن با سیاره) به پیچیده‌ترین موضوع (ویژگی‌های خاص هر یک از سیارات منظومه شمسی) پیچیده شد با وجود همه اقداماتی که برای تعیین دانش قبلی و سطح دانش‌آموزان انجام شد.

در آغاز درس، معلم سؤالاتی از دانش‌آموزان پرسید و مروری در مورد موضوع، به منظور به‌روز کردن حافظه دانش‌آموزان و فعال کردن دانش قبلی انجام شد و اطلاعات عمومی و کلی دانش‌آموزان در رابطه با مبحث آسمان در شب سنجیده شد؛ به طور مثال شب‌ها ستاره‌های آسمان را دیده‌اید؟ دقت کرده اید بعضی از ستاره‌ها پرنورتر و برخی کم نورتر هستند؟ می‌دانید تلسکوپ چیست؟ در مورد سفینه فضایی یا آدم فضایی‌ها فکر کرده‌اید؟ نقطه شروع در هر درس ارائه مثال‌های کاری (حل شده) بود. معلم هر موضوع را با مثال‌های کار شده به طور شفاهی (اثر عرضیت یا مجرای حسی) توضیح می‌داد و گاهی از نرم‌افزار آموزشی که از لحاظ ساختاری اثر مجرای حسی را رعایت کرده بود، استفاده و خود در آن لحظه سکوت می‌کرد. پس از آن یک تمرین عملی مشابه به دانش‌آموزان برای ارضای ساختار طرح‌واره ارائه می‌شد و زمان مورد نیاز و کافی را می‌داد تا دانش‌آموزان

وجه تمایز این پژوهش، مقایسه شیوه آموزشی مبتنی بر نظریه بار شناختی با روش چندرسانه‌ای است. به نظر می‌رسد به کارگیری فناوری در امر آموزش به منظور آسان‌سازی فرآیند یادگیری اگر مبتنی بر اصول پردازش اطلاعات در نظام شناختی یادگیرنده نباشد، نه تنها اثربخش نیست، بلکه می‌تواند بازدارنده یادگیری نیز باشد؛ بنابراین با توجه به استفاده روزافزون از فناوری در فرآیند آموزش بررسی اثربخشی و مقایسه چندرسانه‌ای و آموزش مبتنی بر بار شناختی اهمیت و ضرورت دارد. از این رو، در این پژوهش مقایسه روش‌های سخنرانی، چندرسانه‌ای و بار شناختی در یادگیری درس علوم پایه چهارم ابتدایی و انگیزش دانش‌آموزان مورد بررسی قرار گرفته است تا ضمن آشکارسازی تفاوت معنادار آنها با یکدیگر، یافته‌های آن زمینه‌ساز به کارگیری کارآمدتر شیوه‌های تدریس در فرآیند یادگیری گردد.

## روش پژوهش

### الف) طرح پژوهش و نمونه تحقیق

روش پژوهش حاضر از لحاظ هدف جزء پژوهش‌های کاربردی و از لحاظ اجرا جزء پژوهش‌های شبه آزمایشی با طرح سه گروهی ناهمسان با پس آزمون است. برای اجرای پژوهش حاضر، ابتدا از دانشگاه مازندران معرفی نامه‌ای برای همکاری مدیریت آموزش و پرورش استان مازندران واقع در شهرستان ساری اخذ شد؛ سپس هماهنگی‌های لازم برای ارجاع به مدیریت آموزش پرورش شهرستان محمودآباد انجام شد. از بین مدارس شهرستان محمودآباد، یک مدرسه انتخاب شد و از دو کلاس پایه چهارم این مدرسه، 60 نفر به صورت تصادفی انتخاب شدند و در سه گروه 20 نفر قرار گرفتند.

### ب) محتوای آموزشی

بار شناختی: این آموزش در 4 جلسه 35-40 دقیقه‌ای انجام شد. در مرحله اول با مطالعه دقیق مبانی نظری و تجربی نظریه بار شناختی، طراحی آموزشی برای درس هشتم علوم تجربی پایه چهارم (آسمان در شب) با توجه به اثرات بار شناختی بیرونی (اثر مثال حل شده، اثر تکمیل مسئله، اثر تقسیم توجه، اثر عرضیت و اثر افزونگی) و در نظر گرفتن روش‌های مدیریت بار درونی (تکنیک ساده به

به رایانه است در این گروه از این روش مرسوم ارائه چندرسانه‌ای یعنی پاورپوینت ارائه محور استفاده شد. در این روش معلم ابتدا اهداف درس هشتم علوم پایه چهارم را تعیین و آنها را در نرم‌افزار پاورپوینت آماده می‌کند و در پایان به آن متن، تصویر، نمودار و یا کلیپ اضافه می‌کند. پاورپوینت تهیه شده برای در برگرفتن همه مباحث درس آسمان در شب کتاب درسی، شامل 24 اسلاید بود که هر اسلاید حاوی تصویر بود. همچنین از دو فیلم و دو نمودار در آن استفاده شد. معلم در چهار جلسه حدوداً چهل دقیقه‌ای، هر جلسه پنج یا شش اسلاید را برای دانش‌آموزان ارائه و تدریس می‌کرد.

**آموزش سخنرانی:** در این گروه آموزش، دانش‌آموزان محتوای آموزش را که در آن معلم در رابطه با فصل‌ها سخنرانی می‌کند، دریافت کردند.

### ج) ابزار

**آزمون پیشرفت درسی (یادگیری) در یادگیری علوم:** به منظور سنجش میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان (یادگیری) با همکاری معلم نمونه مورد مطالعه، یک آزمون موازی محقق ساخته از درس علوم تجربی بر اساس جدول مشخصات هدف- محتوا تهیه و تنظیم گردید. سوالات پرسش‌نامه مذکور با توجه به سطوح مختلف حیطه شناختی بلوم طراحی و تدوین گردید که شامل بیست سوال چهارگزینه‌ای برای هر پرسش‌نامه است.

**آزمون انگیزش در یادگیری علوم:** از مقیاس انگیزش پیشرفت تحصیلی (AMS)<sup>1</sup> که به وسیله ورنلد، پلیتر، بلیس و بریر بر مبنای نظریه خودمختاری دسی وریان (1985) طراحی شده است و دارای هفت خرده‌مقیاس است، استفاده شد. در مطالعه باقری (1379) میزان آلفای کرونباخ مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی 0/86-0/62 گزارش شده است. در پژوهش حاضر اعتبار این پرسش‌نامه با استفاده از آلفای کرونباخ 0/78 به دست آمد. محاسبه نمرات آزمودنی‌ها در نمره انگیزش درونی، از مجموع نمرات سه عامل (انگیزش درونی برای فهمیدن،

مسئله را تکمیل کنند و کلاس را به منظور کمک به دانش‌آموزان مشاهده و واری می‌کرد.

در برخی موضوعات به جای ارائه مثال‌های عملی بعد از مثال‌های حل شده از مثال‌های کامل‌کردنی استفاده می‌شد. به عبارت دیگر معلم در آغاز هر درس، مثال‌های کاری را به صورت شفاهی توضیح می‌داد، سپس به دانش‌آموزان زمان کافی برای تکمیل مراحل از قلم افتاده مثال‌های کامل‌کردنی می‌داد و در پایان تمرینات عملی به آنها محول می‌شد. در همه موضوعات، برای در نظر گرفتن اثر تقسیم توجه، معلم چیزی بر روی تخته وایت برد نمی‌نوشت. افزون بر این تهیه جزوه درسی حاوی خلاصه‌ای از محتوای درس آسمان در شب، مانع از یادداشت‌برداری دانش‌آموزان در کلاس درس به منظور در نظر گرفتن اثر تقسیم توجه می‌شد.

در آغاز ارائه هر موضوعی از درس، از ارائه هر توضیح، تصویر و فعالیت کلاسی اضافی، برای در نظر گرفتن اثر افزونگی پرهیز می‌شد. بعد از اینکه دانش‌آموزان تجربه مرتبط با موضوع را به دست آوردند، از آن جا که به دلیل اثر معکوس خبرگی دیگر مثال‌های حل شده و تکمیل‌کردنی مضرند- تمرینات کامل و مثال‌های متنوع و کار گروهی که باعث افزایش بار شناختی مطلوب می‌شوند، به دانش‌آموزان محول شد. در پایان از روش بسیار موثر افزایش بار شناختی مطلوب یعنی کاربرد تخیل استفاده شد و دانش‌آموزان چشمان خود را بستند و با روایت معلم سوار بر سفینه فضایی شدند و با قدرت خیال مسیری را از خورشید به سمت هشتمین سیاره (نپتون) تجربه کردند و در راه به هر یک از سیارات که می‌رسیدند آن را تجسم و مشخصات آن را با خود مرور می‌کردند. در نهایت پس از پایان این سفر هیجان‌انگیز، هر یک دانش‌آموزان هر تصویر شاخصی را که از این سفر در ذهنش مانده بود، نقاشی کرد.

**چندرسانه‌ای:** یکی از کاربردهای فناوری اطلاعات و ارتباطات در آموزش و یادگیری شیوه‌های نوین آموزشی با پاورپوینت است. پاورپوینت از نرم‌افزارهای ساده و ایده‌آل برای ساخت فایل‌های چندرسانه‌ای و تصویری است که با آن می‌توان اسلایدهای دیجیتال را تهیه و از آن برای ارائه اطلاعات استفاده کرد و امروزه جزء اصلی ارائه‌ها در سالن‌های سخنرانی، اتاق‌های همایش و کلاس‌های مجهز

1. Academic Motivation Scale (AMS)

از آزمون تحلیل واریانس (ANOVA) به وسیله نرم‌افزاری آماری SPSS استفاده خواهد شد.

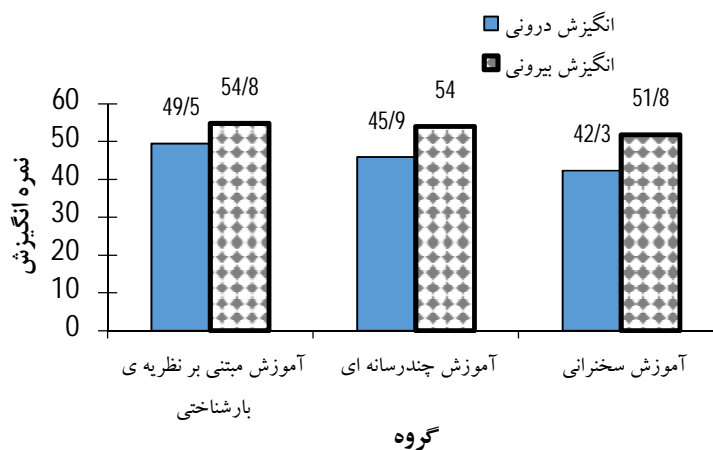
### نتایج

جدول 1. نتایج توصیفی آزمون یادگیری و بار شناختی دانش‌آموزان به یادگیری درس علوم

متغیرها	گروه	میانگین	انحراف معیار
یادگیری	سخنرانی	15/45	2/76
	چندرسانه ای	16/15	2/78
	مبتنی بر نظریه بار شناختی	17/15	1/98
بار شناختی	سخنرانی	4/47	1/12
	چندرسانه ای	3/82	1/15
	مبتنی بر نظریه بار شناختی	3/63	1/11

انگیزش درونی برای تجربه تحریک و انگیزش پیشرفت برای انجام کار) به دست آمد که شامل سوالات 2، 4، 6، 9، 11، 16، 20، 23، 25 و 27 بود و نمره انگیزش بیرونی از مجموع نمرات چهار عامل (تنظیم همانندسازی شده، تنظیم درون فکنی شده، تنظیم بیرونی و سازه بی‌انگیزگی) به دست آمد که شامل سوالات 1، 3، 5، 7، 8، 10، 12، 14، 15، 17، 19، 21، 22، 24، 26 و 28 بود.

**پرسش‌نامه بار شناختی:** مقیاس درجه‌بندی ذهنی تک آیتمی 9 درجه‌ای از 1 (تلاش ذهنی بسیار کم) تا 9 (تلاش ذهنی بسیار زیاد) که به وسیله پاس و ون مرینوئر (1993) ارائه شده است. برای اندازه‌گیری بار شناختی ادراک شده دانش‌آموزان مورد استفاده قرار گرفت. در مطالعه پاس و مرینوئر (1994) میزان آلفای کرونباخ مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی 0/82 گزارش شده است.



شکل 1. مقایسه میانگین نمرات متغیرهای پژوهش در دو گروه

بر اساس اطلاعات مندرج در جدول 1، میانگین نمرات گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی 17/15، گروه آموزش چندرسانه‌ای 16/15 و گروه آموزش سخنرانی 15/45 است. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد میانگین نمرات در گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی بیشتر از دو گروه دیگر است. در شکل 4-1، میانگین نمرات یادگیری به تفکیک برای سه گروه نشان داده شده است. همچنین جدول 1، میانگین و انحراف معیار میزان بار شناختی درس علوم را در سه گروه براساس نمرات آزمون

در پژوهش محبوبی و همکاران (1391) همسانی درونی مقیاس بار شناختی از طریق آلفای کرونباخ 0/86 و اعتبار بازآزمایی 0/86 گزارش شده است. در پژوهش حاضر پایایی این پرسش‌نامه با استفاده از آلفای کرونباخ 0/88 به دست آمد.

**روش تجزیه و تحلیل اطلاعات:** به منظور تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش از شاخص‌های آمار توصیفی (فراوانی، میانگین، انحراف معیار) و جهت بررسی فرضیات

جدول 3. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه میزان یادگیری شرکت کنندگان

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه میانگین آزادی مربعات	مقدار Sig. F	نتیجه
گروه آموزش	29/200	2	0/01	**
خطا	366/050	57	6/422	
مجموع	395/25	59		

بر اساس نتایج مندرج در جدول 3،  $F=2/273$  و  $p<0/05$ ، تفاوت بین گروه‌ها در سطح 5 درصد معنادار است؛ بنابراین فرض صفر رد شده و فرض پژوهشی مورد تایید قرار می‌گیرد و نتیجه چنین می‌شود که گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی نسبت به گروه آموزش چند رسانه‌ای و آموزش سخنرانی نمرات بالاتری کسب کرده‌اند. بر این اساس می‌توان این گونه نتیجه گرفت که آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی موجب افزایش یادگیری

جدول 4. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (نمرات انگیزش)

متغیر	شاخص‌های آماری	گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی	گروه آموزش چندرسانه‌ای	گروه آموزش سخنرانی
تعداد		20	20	20
آماره کولموگروف-اسمیرنوف		0/559	0/626	0/526
سطح معناداری		0/913	0/828	0/945
تعداد		20	20	20
آماره کولموگروف-اسمیرنوف		0/602	0/426	0/610
سطح معناداری		0/862	0/994	0/851

می‌شود.

نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن توزیع نمرات انگیزش انجام و نتایج آن در جدول 4 ارائه شده است. بر اساس نتایج مندرج در جدول 4، سطح معناداری آماره محاسبه شده بزرگتر از 0/05 است؛ بنابراین فرض نرمال بودن توزیع نمرات انگیزش پذیرفته می‌شود.

یادگیری نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار متغیر بار شناختی در گروه سخنرانی (4/47) و در گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی (3/63) بود. نکته قابل ذکر آن است که نمره بار شناختی حاصل میانگین نمرات اجرای پرسش‌نامه بار شناختی در پایان تمام جلسات درس علوم در گروه‌ها است. نمره بار شناختی بین 1 تا 4 نشان دهنده بار شناختی کم، و نمره 5 تا 9 نشان دهنده بار شناختی بالا است. با توجه به محدوده بار شناختی، ده دانش‌آموز در گروه سخنرانی، سه دانش‌آموز در گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی و پنج دانش‌آموز در گروه آموزش چندرسانه‌ای در محدوده بار شناختی بالا بودند؛ بنابراین تعداد دانش‌آموزان گروه سخنرانی که بار شناختی بیشتری را تجربه کردند، بیشتر از تعداد دانش‌آموزان گروه آموزش چندرسانه‌ای و آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی بود.

از آنجا که برای بررسی فرضیه‌ها از تحلیل واریانس استفاده خواهد شد، ابتدا پیش فرض‌های این تحلیل بررسی می‌گردد. یکی از این پیش فرض‌ها، نرمال بودن توزیع نمرات است که برای این کار از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف استفاده می‌شود. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف جهت بررسی نرمال بودن توزیع نمرات یادگیری انجام و نتایج آن در جدول 2 ارائه شده است.

جدول 2. نتایج آزمون کولموگروف-اسمیرنوف (نمرات یادگیری)

متغیر	شاخص‌های آماری	گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی	گروه آموزش چندرسانه‌ای	گروه آموزش سخنرانی
تعداد		20	20	20
آماره کولموگروف-اسمیرنوف		0/599	0/575	0/541
سطح معناداری		0/866	0/896	0/931

بر اساس نتایج مندرج در جدول 2، سطح معناداری آماره محاسبه شده بزرگتر از 0/05 است؛ بنابراین فرض نرمال بودن توزیع نمرات یادگیری پذیرفته می‌شود.

اسچیترا<sup>5</sup> و همکاران (2009) همسو است. در تبیین این یافته‌ها می‌توان بیان کرد که فرض اصلی نظریه بار شناختی طراحی آموزشی مبتنی بر ویژگی‌های ساختار شناختی انسان است. این مطلب بیانگر آن است که آموزش باید

بر اساس نتایج مندرج در جدول 5، بین میانگین‌های انگیزش درونی و بیرونی سه گروه آزمایشی تفاوت معناداری وجود دارد؛ یعنی دانش‌آموزانی که آموزش از طریق چند رسانه‌ای‌ها و مبتنی بر بار شناختی را دریافت کرده‌اند، در

جدول 5. نتایج آزمون تحلیل واریانس یک طرفه میزان انگیزش شرکت کنندگان

منبع تغییرات	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	مقدار F	Sig.	نتیجه
انگیزش درونی گروه آموزش	518/400	2	259/200	3/667	0/032	**
خطا	4029	57	70/684			
مجموع	4547/4	59				
انگیزش بیرونی گروه آموزش	92/031	2	46/016	1/577	0/04	**
خطا	1663/672	57	29/187			
مجموع	1755/703	59				

محدودیت‌های حافظه فعال را در نظر بگیرد و بر ضرورت این مطلب تأکید کند که تکنیک‌های آموزشی باید در راستای اصول عملی اساسی سیستم شناختی انسان طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی شوند. بسیاری از تکنیک‌های آموزشی سنتی، محدودیت‌های ساختار شناختی انسان را به طور دقیق و درست مورد توجه قرار نمی‌دهند؛ بنابراین آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی نتایج یادگیری را افزایش و بار شناختی ادراکی را به حداقل می‌رساند (عبدی و رستمی، 1396). در تحقیق دیگری مایر و چندلر<sup>6</sup> (2001) به این نتیجه رسیدند که ابزارهای چندرسانه‌ای بخش بندی شده باعث انتقال و یادداری بهتر دانش‌آموزان می‌شود. یادداری مربوط به بازخوانی اطلاعات از حافظه دراز مدت است. بخش‌بندی، ارائه‌ها را به واحدهای کوچک‌تر تفکیک می‌کند و اجازه توقف بین این واحدها پیچیدگی مواد ارائه شده را کاهش می‌دهد و دانش‌آموزان قادر هستند با زمان کافی بر فعالیت‌های شناختی لازم توجه کنند، بدون اینکه بخواهند به‌طور همزمان بر اطلاعات جدید ورودی توجه کنند؛ در نتیجه بار شناختی بیرون کاهش می‌یابد. این امر در دراز مدت منجر به ایجاد طرح‌واره‌های شناختی از مواد آموخته شده در حافظه بلندمدت می‌گردد و در نهایت منجر به یادآوری بهتر مطالب یادگرفته شده می‌شود. در پژوهش وال مایز و راینبرگ<sup>7</sup> (2000) آمده است هر چه انگیزه

آزمون‌های یادگیری و انگیزه درونی نمرات بالاتری را نسبت به آموزش سخنرانی کسب کرده‌اند. به عبارت دیگر فرضیه دوم پژوهش تأیید می‌شود. بر این اساس می‌توان این گونه نتیجه گرفت که استفاده از آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی تفاوت معناداری در میزان انگیزش (پیشرفت تحصیلی) درس علوم پایه چهارم ابتدایی در بین دانش‌آموزان دارد.

### نتیجه‌گیری و بحث

براساس فرضیه اول این مطالعه نتایج نشان داد که دانش‌آموزان گروه آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی نسبت به گروه آموزش چندرسانه‌ای و گروه سخنرانی، عملکرد بالاتری در درس علوم داشتند و بار شناختی ادراک شده پایین‌تری گزارش کردند. یافته‌های به دست آمده مبنی بر اثربخشی آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی در یادگیری درس علوم با یافته‌های پژوهش عبدی و رستمی (1396)، زارع و همکاران (1394، 1395)، سالاری و همکاران (1395)، احمدی و اسلام پناه (1394)، موسی رضانی و همکاران (1392)، حسین بگلو و همکاران (1398)، فیلیس، بریگز و لی جنسن<sup>1</sup> (2020)، فان<sup>2</sup> و همکاران (2017)، کامس و پترت<sup>3</sup> (2015)، کیاو<sup>4</sup> و همکاران (2014) و

1. Phillips, Briggs & Lee Jensen

2. Phan

3. Camos & Portrat

4. Qiao

5. Scheiter

6. Mayer & Chandler

7. Vollmeyer & Rheinberg



رضانی (1390) گزارش کرد بین پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزانی که تحت تأثیر آموزش چندرسانه‌ای و سخنرانی قرار گرفتند، تفاوتی مشاهده نگردید که با یافته‌های این تحقیق ناهمسو است.

پیروان رویکرد رفتارگرایی، انگیزش را وابسته به کسب تقویت و اجتناب از تنبیه می‌دانند. این برداشت از انگیزش بر اندیشه اصلی رفتارگرایان استوار است که می‌گویند پیامدهای اعمال و رفتارها، هدایت‌کننده و کنترل‌کننده آنها هستند (سیف، 1388). اگر چه هر دو جهت‌گیری انگیزش درونی و بیرونی در بیشتر کلاس‌ها وجود دارد، ولی شیوه‌های علمی مراکز و مؤسسات آموزشی و سیستم کلاس‌ها طوری طرح‌ریزی می‌شود که جهت‌گیری انگیزش بیرونی را به صورت افراطی تسریع می‌کند. با توجه به نتایج پژوهش حاضر می‌توان گفت آموزش از طریق چند رسانه‌ای‌ها و مبتنی بر بار شناختی طوری طراحی شده است که توانسته انگیزه افراد را از بیرون به درون هدایت کند و یادگیری دانش‌آموزان را خودانگیخته گرداند که این نتیجه مهم می‌تواند اثرات مثبت و قابل توجهی در یادگیری و یادداری آنان داشته باشد.

با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش، پیشنهاد می‌شود معلمان و دست‌اندرکاران درباره اصول پایه و اساسی نظریه بار شناختی آموزش ببینند تا بتوانند این اصول را با توجه به ظرفیت محدود حافظه فعال دانش‌آموزان و با توجه به جنبه‌های انگیزشی محیط یادگیری، در آموزش و برنامه‌ریزی درس‌ها آن را به کار گیرند.

باقرپور، معصومه (1398). پیش‌بینی اهداف پیشرفت براساس کارایی مدارس هوشمند با نقش میانجی سرزندگی تحصیلی دانش‌آموزان متوسطه استان گلستان. فصلنامه پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی، 7(3)، 51-62. حسین بگلو، کوروش؛ پیری، موسی؛ یاری، جهانگیر؛ رضایی، اکبر (1398). طراحی آموزش چندرسانه‌ای مبتنی بر نظریه بار شناختی سوئلر و تعیین تأثیر آن بر درگیری تحصیلی و انتقال یادگیری درس ریاضی در فراگیران پایه سوم ابتدایی. فصلنامه پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی، 6(4)، 31-44.

یادگیرنده بالاتر باشد، یادگیرنده تمایل بیشتری برای صرف پافشاری در یادگیری دارد؛ بنابراین بار مطلوب نه تنها تابعی از کیفیت آموزش است، بلکه تحت تأثیر جنبه‌ای از خود تنظیمی یادگیرنده نیز است. طراحی محیط‌های آموزشی مبتنی بر اثرات بار شناختی که بر اساس یادگیری فعال بهینه شده است، باعث می‌شود دانش‌آموزان ارزش یادگیری را درک کنند و با اعتماد به توانایی‌های خود به این نتیجه برسند که با تلاش قابل قبول یاد بگیرند و پیشرفت کنند.

براساس فرضیه دوم این مطالعه مشخص گردید که انگیزش در یادگیری علوم در بین سه گروه (آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی، گروه آموزش چندرسانه‌ای و گروه آموزش سخنرانی) تفاوت معناداری وجود دارد. یافته‌های به دست آمده مبنی بر استفاده از آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی تفاوت معناداری در میزان پیشرفت تحصیلی (انگیزش) درس علوم پایه چهارم ابتدایی در بین دانش‌آموزان با یافته‌های پژوهش محققانی سنکو و همکاران (2011)، عیدی و رستمی (1396)، زارع و همکاران (1394، 1395)، فان و همکاران (2017)، کامس و پرترات (2015)، کیاو و همکاران (2014) و اسپیتیر و همکاران (2009) همسو می‌باشد. در مطالعات احمدی و اسلام پناه (1394) گزارش کردند که در پیشرفت درس علوم و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه پنجم ابتدایی که تحت تأثیر آموزش مبتنی بر نظریه بار شناختی قرار گرفته بودند، تفاوت معنادار مشاهده شد؛ اما این تفاوت در خصوص انگیزش بیرونی معنادار نبود. در تحقیق دیگری موسی

## منابع

احمدی، محمد و مریم اسلام پناه (1394). نقش آموزش مبتنی بر دیدگاه بار شناختی در پیشرفت درسی و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان پایه پنجم ابتدایی، دومین کنفرانس ملی توسعه پایدار در علوم تربیتی و روان‌شناسی، مطالعات اجتماعی و فرهنگی، تهران، مرکز مطالعات و تحقیقات اسلامی سروش حکمت مرتضوی، موسسه آموزش عالی مهر ارون، مرکز راهکارهای دستیابی به توسعه پایدار. باقری، ناصر (1379). هنجاریابی مقیاس انگیزش پیشرفت تحصیلی بین دانش‌آموزان دبیرستان‌های تهران. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت معلم کرج.

- محبوبی، طاهره؛ زارع، حسین؛ سرمدی، محمدرضا، فردانش، هاشم؛ فیضی، آوات (1391). تأثیر رعایت اصول طراحی آموزشی بر بار شناختی موضوعات یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای. *مجله مطالعات برنامه درسی آموزش عالی*، 3 (6)، 29-46.
- مرکز ملی مطالعات تیمز و پرلز (2011). گزارش اجمالی از مهم‌ترین نتایج تیمز و پرلز 2011 و مقایسه آن با عملکرد دانش‌آموزان ایران در دوره‌های قبل. *انتشارات سازمان پژوهش و برنامه ریزی آموزشی*.
- موسوی، سیده ماهرخ؛ کیامنش، علیرضا؛ اخوان تفتی، مهناز (1397). بررسی پیشرفت تحصیلی با واسطه کیفیت آموزشی، درگیری تحصیلی، یادگیری به کمک همسالان و انگیزش تحصیلی (یک مطالعه در دو سطح دانش‌آموز و معلم). *فصلنامه پژوهش در یادگیری آموزشگاهی و مجازی*، 5 (4)، 24-9.
- موسی رضانی، سونیا (1390). تأثیر آموزش چندرسانه‌ای و سخنرانی بر انگیزش پیشرفت تحصیلی و خودتنظیمی دانش‌آموزان از راه دور. *فناوری آموزش (فناوری و آموزش)*، 6 (1)، 57-45.
- Camos, V., & Portrat, S. (2015). The impact of cognitive load on delayed recall. *Psychonomic bulletin & review*, 22 (4), 1029-1034.
- Garrison, D. R., & Anderson, T. (2003). *E-Learning in the 21st century: A framework for research and practice*. London: Routledge/ Falmer. doi:10.4324/97802-03166093.
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational psychologist*, 41 (2), 75-86.
- Mason, R., Seton, C., & Cooper, G. (2016). Applying cognitive load theory to the redesign of a conventional database systems course. *Computer Science Education*, 26 (1), 68-87.
- Mayer, R., & Chandler, P. (2001). When learning is just a click away: Does simple user interaction foster deeper understanding of multimedia messages? *Journal of Educational Psychology*, pp. 93 (2), 390.
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional science*, 32 (1), 1-8.
- Phan, H. P., Ngu, B. H., & Yeung, A. S. (2017). Achieving optimal best: Instructional efficiency and the use of cognitive load theory in mathematical problem solving. *Educational Psychology Review*, 29 (4), 667-692.
- Phillips, A.J., Briggs, J.C., & Jensen, J.L., (2019). Beyond Bloom's: Students' Perception of Bloom's Taxonomy and its Convolution with Cognitive Load [J]. *Journal of Psychological Research*, 1 (1), 24-32.
- Qiao, Y. Q., Shen, J., Liang, X., Ding, S., Chen, F. Y., Shao, L., ... & Ran, Z. H. (2014). Using cognitive theory to facilitate medical education. *BMC medical education*, 14 (1), 79.
- Scheiter, K., Gerjets, P., Vollmann, B., & Castrambone, R. (2009). The impact of learner
- زارع، محمد (1393). بررسی بار شناختی بیرونی آموزش به شیوه چند رسانه‌ای مبتنی بر الگوی طراحی آموزشی مریل. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علامه طباطبائی.
- زارع، محمد؛ ساریخانی، راحله؛ مهربان، جواد؛ سالاری، مصطفی (1394). مقایسه تأثیر روش تدریس بایبی و سنتی بر میزان خلاقیت و بار شناختی در درس شیمی. *مجله ابتکار و خلاقیت در علوم انسانی*، 5 (2)، 55-76.
- سالاری، مصطفی؛ امیرتیموری، محمدحسن؛ زارعی زوارکی، اسماعیل (1395). تأثیر الگوی طراحی آموزشی چهار مؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و مهارت حل مسئله در درس فیزیک. *فصلنامه اندیشه‌های نوین تربیتی*، 12 (1)، 117-142.
- سیف، علی اکبر (1388). روان‌شناسی پرورشی نوین: روان‌شناسی یادگیری و آموزش (ویرایش ششم). تهران: آگاه.
- عبدی، علی؛ رستمی، مریم (1396). اثربخشی روش آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی بر پیشرفت درسی، بار شناختی ادراک شده و انگیزش دانش‌آموزان به یادگیری درس علوم تجربی. *مجله آموزش و ارزشیابی*، 10 (40)، 43-67.
- فردانش، هاشم (1387). مبانی نظری فناوری آموزشی (چاپ پنجم). تهران: سمت.

- characteristics on information utilization strategies, cognitive load experienced, and performance in hypermedia learning. *Learning and Instruction*, 19 (5), 387-401.
- Schnotz, W., Fries, S., & Horz, H. (2009). Motivational aspects of cognitive load theory. In M. Wosnitza, S. A. Karabenick, A. Effklides, & P. Nenniger (Eds.), *Contemporary motivation research: From global to local perspectives* (pp.69-96). New York.
- Senko, C., Hulleman, C. S., & Harackiewicz, J. M. (2011). Achievement goal theory at the crossroads: Old controversies, current challenges, and new directions. *Educational Psychologist*, 46, 1, 26-47.
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional science*, 32 (1-2), 9-31.
- Sweller, J. (2020). Cognitive load theory and educational technology. *Educational Technology Research and Development*, 68 (1), 1-16.
- Vaccani, J. P., Javidnia, H., & Humphrey-Murto, S. (2016). The effectiveness of webcast compared to live lectures as a teaching tool in medical school. *Medical teacher*, 38 (1), 59-63.
- Vollmeyer, R., & Rheinberg, F. (2000). Does motivation affect performance via persistence? *Learning and Instruction*, 10, 293-309.