پژوهش در برنامه‌ریزی درسی
سال شانزدهم، دوره دوم، شماره ۳۴ (پیاپی ۶۱)
تابستان ۱۳۹۸، صفحات ۱۲۶-۱۱۵

Research in Curriculum Planning
Vol 16. No 34 (continus 61)
summer 2019, Pages 115-126

کارایی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی در درس علوم تجربی
مورد مطالعه: دانش‌آموزان پایهٔ سوم مقطع ابتدایی

علی عبدی*
استادیار، گروه علوم تربیتی، دانشگاه پیام نور، ایران.

چکیده
این پژوهش با هدف بررسی کارایی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی در درس علوم تجربی پایهٔ سوم ابتدایی انجام شد. روش پژوهش، شبه آزمایشی و از نوع طرح دو گروهی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون بود. جامعهٔ آماری این پژوهش شامل همهٔ دانش‌آموزان دختر پایهٔ سوم ابتدایی شهر کرمانشاه در سال تحصیلی ۹۷-۹۸ بود که دو کلاس به روش نمونه‌گیری در دسترس (۳۹ نفر گروه آزمایش و ۳۸ نفر گروه کنترل) انتخاب شدند که در گروه کنترل فراگیران به شیوهٔ مرسوم درس‌های مذکور را یاد می‌گرفتند و در گروه آزمایشی، مطالب درسی بر اساس اثرات بار شناختی (اثر مثال حل شده، اثر تکمیل مسئله، اثر تقسیم توجه، اثر مجرای حسی، اثر افزونگی) به دانش‌آموزان ارائه شد. برای اندازه گیری میزان کارایی از آزمون معلم ساخته پیشرفت تحصیلی درس علوم تجربی و پرسشنامهٔ خودگزارش‌دهی بار شناختی پاس و ون مرینبوئر (Paas &Van Merriënboer,1993) استفاده شد. تأیید روایی ابزار معلم ساخته بر اساس روایی محتوایی و نظر متخصصین و پایایی آن به شیوهٔ کودر ریچادسون۲۱ انجام شد که در پیش‌آزمون عدد ۰/۹۱ و در پس‌آزمون عدد ۰/۷۲ به دست آمد. برای تحلیل داده‌های آماری از تحلیل کوواریانس چند راهه (MANCOVA)، نمره z و آزمون t مستقل به کمک نرم‌افزار $SPSS_{22}$ بهره گرفته شد. نتایج به دست آمده نشان داد که بین دو روش آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی و روش سنتی از نظر میزان کارایی تفاوت معناداری وجود دارد ($p<۰/۰۰۱$)، به این معنا که میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزانی که از طریق برنامهٔ آموزشی مبتنی بر اثرات بار شناختی آموزش دیده بودند، بالاتر از دانش‌آموزان آموزش‌دیده با روش تدریس مرسوم و متداول بود. همچنین دانش‌آموزان گروه آزمایش بار شناختی کم‌تری از دانش‌آموزان گروه کنترل تجربه کردند.

واژه‌های کلیدی: آموزش مبتنی بر اثرات بارشناختی، بار شناختی، پیشرفت تحصیلی، کارایی

Efficiency of instruction based on the effects of cognitive load on the experimental sciences
Case Study: experimental science of elementary third grade

Ali Abdi
Assistant Professor, Department of educational sciences, Payame Noor Universtiy, Tehran, Iran.

Abstract
This research was conducted with the aim of to investigate the efficiency of teaching based on the effects of cognitive load on the experimental science of elementary third grade. A quasi-experimental research design was utilized. The statistical population of this study included all female students of Kermanshah's 3rd elementary school in the academic year of 2017-2018. Two classes were selected using available sampling (Experimental N = 39 and Control N =38). In the control group, traditionally, students learned the lessons, and in the experimental and in the experimental group, students were presented content based on the cognitive load effects (Worked Example Effect and Completion Problem Effect, Attention Split Effect, Modality Effect, Redundancy effect). The efficiency of educational program was evaluated by a test of academic achievement in sciences and the one item Subjective Rating Scale (SRS) developed by Paas and Van Merrienboer (1993) was used to measure stu-dents' cognitive load for both experimental and control group students. Confirmation of the validity of the academic achievement tool was based on the content validity and opinion of the experts and its reliability was done in the Richardson 21 method, which was 0.91 in the pre-test and 0.72 in the post-test. To analyze the statistical data, statistical descriptive statistics and inferential statistics including multivariate analysis of covariance (MANCOVA), z score and independent t-test were used by SPSS software version 22.used. The results showed that there is a significant difference between the two methods of teaching based on the effects of cognitive load and traditional method in terms of efficiency ($p <0.001$), which means that the academic achievement level of students who through the educational program Trained cognitive effects were higher than those trained by conventional and conventional teaching methods. Also, students in the experimental group experienced a lower cognitive load of control group students.

Keywords: Cognitive-based learning, cognitive load, efficiency, instruction based on cognitive load effects

*. **نویسندهٔ مسئول**: ali_abdi2004@yahoo.com

وصول: ۹۵/۰۸/۱۹ پذیرش: ۹۷/۱۲/۰۵

مقدمه

نظریهٔ بار شناختی (Cognitive Load Theory) در طی چند دههٔ گذشته به‌عنوان یک نظریه تأثیرگذار، چارچوبی را برای پژوهش در فرایندهای شناختی و طراحی آموزشی فراهم کرده است. این نظریه، در دههٔ ۱۹۸۰ توسط جان سوئلر (Sweller, 1980) و همکارانش در دانشگاه نیوسوت ولز (New South Wales) مطرح شد (Clark, Nguyen, & Sweller, 2005; Paas, Renkl, & Sweller, 2003) و آن را می‌توان به‌عنوان نظریهٔ اصول یادگیری و طراحی آموزش بر مبنای فرضیات مربوط به ساختارشناختی انسان تعریف کرد (Van Merriënboer Sweller, 2004 & Ayres, 2005;). نظریهٔ بار شناخنی بر این فرض استوار است که ظرفیت شناختی انسان از محدودیت برخوردار است، بدین معنا که در آنِ واحد، می‌توانیم تعداد محدودی از واحدهای اطلاعاتی را پردازش کنیم (Kalyuga, 2009). بارشناختی نیز به میزان باری که در هنگام پردازش اطلاعات بر حافظه فعال یا کاری (Working Memory) وارد می‌آید، تا بتواند آن اطلاعات را برای جای‌دهی در حافظه بلندمدت رمزگذاری کند، اشاره دارد. در واقع به این تلاش ذهنی برای پردازش اطلاعات در طی فرآیند یاددهی-یادگیری، بار شناختی می‌گویند (Amirteimouri & Zare, 2015).

نظریهٔ بار شناختی با نظریه‌های دیگر آموزشی از این نظر متفاوت است که ساختار شناختی انسان را به‌عنوان عاملی مهم برای طرح‌ریزی آموزشی تلقی می‌کند و تأثیرگذاری یک روش آموزشی را عمدتاً به ویژگی‌های ساختار شناخت انسان وابسته می‌داند (Takir, & Aksu, 2012). بسیاری از روش‌های آموزشی که برای آموزش موضوعات ساده خوب کار می‌کنند، برای موضوعات پیچیده کارآمد نیستند و بالعکس. موضوعات پیچیده، دارای بار شناختی بالایی در حافظهٔ فعال ما هستند و اگر این نوع موضوعات را بدون راهکار و شیوهٔ مناسب، به‌خصوص در آغاز آموزش ارائه دهیم، سبب وارد آمدن بار شناختی زیادی بر یادگیرنده می‌شود و در نهایت، بر یادگیری اثر منفی دارد (Van Merriënboer, Clark & de Croock, 2002).

در نظریهٔ بارشناختی، سه منبع مؤثر بر ظرفیت حافظهٔ فعال تحمیل می‌شود: بار شناختی درونی (Intrinsic)، بار شناختی بیرونی (Extraneous) و بار شناختی مربوط (Germane) (Pass, Renkel &Sweller,2003). بار شناختی بیرونی از طراحی‌های آموزشی ضعیف ناشی می‌شود، بار شناختی درونی ناشی از ارتباط درونی عناصر یادگیری است و بار شناختی مربوط ناشی از تلاش‌های یادگیرنده برای ساخت طرحواره خود است. برای جلوگیری از اضافه بار شناختی، طراحی آموزشی مناسب باید بار شناختی درونی را مدیریت کند، بار شناختی بیرونی را کاهش دهد و بار مربوط را افزایش دهد (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998).

به همین منظور، در نظریهٔ بار شناختی از تعدادی تکنیک برای مدیریت بار شاختی درونی، کاهش بار شناختی بیرونی و افزایش بار شناختی مربوط استفاده شده است که اثرات نظریهٔ بار شناختی نامیده می‌شوند (Takir, & Aksu, 2012). اثرات بارشناختی شامل اثر مثال حل شده (Worked Example Effect)، اثر تکمیل مسئله (Completion Problem Effect)، اثر تقسیم توجه (Attention Split Effect)، اثر مجرای حسی (Modality Effect)، اثر معکوس خبرگی (Expertise reversal effect)، اثر افزونگی (Redundancy effect) و اثرحذف راهنمایی (Guidance fading effect) هستند که برنامه‌ریزان آموزشی می‌توانند در هنگام طرح‌ریزی یک روش آموزشی آن‌ها را به کارگیرند (Van Merriënboer, &Sweller, 2005).

اثر مثال حل شده، تکنیکی است که با جایگزین کردن تمرین‌های عملی با مجموعه‌ای از مثال‌های حل

شده، بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد (Clark, Nguyen, & Sweller, 2005). اثر تکمیل مسئله، یک مثال حل شده ناتمام است که در آن یادگیرنده باید برخی مراحل مهم راه‌حل را کامل کند (Sweller, Ayres & Kalyuga, 2011). اثر تقسیم توجه را به عنوان منبع بار بیرونی تعریف می‌کنند که به‌وسیلهٔ جدایی عناصر آموزشی مرتبطی که باید با یکدیگر پردازش شوند، به وجود می‌آید. مبنای اثر مجرای حسی (وجهی) آن است که علائم دیداری پیچیده وقتی به‌طور مؤثرتر درک می‌شوند که کلمات توضیحی، بیشتر از اینکه با بُعد نوشتاری ارائه شوند با بعد شنیداری ارائه شوند (Clark, Nguyen, & Sweller, 2005). اثر حشو (افزونگی) به مؤثرتر بودن ارائه‌های منفرد نسبت به ارائه‌های تلفیقی تحت شرایط خاصی اشاره دارد. درواقع اثر افزونگی نظریهٔ بار شناختی وقتی رخ می‌دهد که اطلاعات اضافی و غیر ضروری به یادگیرنده ارائه می‌شود (Sweller, 2010). اثر معکوس خبرگی، وقتی پیش می‌آید که یک روش آموزشی در مقایسه با یک روش آموزشی جایگزین که برای مبتدیان مؤثرتر است با افزایش مهارت کم اثرتر می‌شود. اثر حذف راهنمایی نشان می‌دهد که در آموزش ابتدا باید مثال‌های حل شده، سپس نحوهٔ تکمیل مسائل و پس از آن تکالیف مسئله‌ای کامل به یادگیرنده‌ها ارائه ود (Renkl & Atkinson, 2003).

باتوجه به مطالب مذکور لازم است که نظام آموزش سنتی به محدودیت‌های نظام پردازش اطلاعات انسان و نیز محدودیت‌های ظرفیت پردازش حافظهٔ فعال، توجه کرده و با به‌کارگیری الگوهای طراحی آموزشی متناسب با موقعیت‌ها و موضوع‌های آموزشی خاص، درصدد ایجاد یادگیری مؤثر و کاربردی برای حل مسائل در جهان واقعی امروز باشد. مشکل شیوه‌های آموزش سنتی آن است که در شرایطی که موضوع مورد یادگیری پیچیده باشد، کارا نیستند و باعث وارد شدن بارشناختی بیرونی زیادی بر فراگیر شده و در نتیجه به کاهش یادگیری منجر می‌شوند (salari & amirtimori, 2017). بی‌شک آموزش علوم تجربی بخش درخور توجهی از فعالیت مدارس را به خود اختصاص می‌دهد و یکی از حوزه‌های مهم یادگیری در برنامه درسی محسوب می‌شود که دارای تعامل بین عناصری بالایی است و یادگیرندگان با مفاهیم بسیار زیاد مواجه‌اند، در نتیجه این درس موضوعی پیچیده قلمداد می‌شود و این خود به ایجاد بار شناختی بسیار بالایی منجر می‌شود، بنابراین به کارگیری اصول و اثرات نظریهٔ بار شناختی در طراحی آموزشی برای آموزش مفاهیم علوم تجربی، می‌تواند به کارایی قابل ملاحظه‌ای بینجامد.

کارایی عبارت است از ویژگی دستاوردهای آموزشی که منجر به یادگیری سریع‌تر، بهتر یا هر دو می‌شود (Clark, Nguyen, & Sweller, 2005). اگرچه در هر نظام آموزشی معیار اصلی کارایی آن نظام میزان عملکرد تحصیلی فراگیران است، اما کارایی یادگیری، مبتنی بر دو بخش عملکرد و تلاش ذهنی است. دو یادگیرنده ممکن است نمرهٔ عملکرد یکسان، اما تلاش ذهنی متفاوتی داشته باشند. بنابراین ترکیب اندازه‌های عملکرد و تلاش ذهنی می‌تواند تخمینی از کارایی یادگیری را فراهم کند (Afgani Dahlan, 2016).

پژوهش‌های انجام شده در زمینهٔ اثرات بار شناختی نشان داده که آموزش بر اساس این نظریه در بهبود یادگیری در موضوعات مختلف درسی مؤثر بوده است. تکیر و آکسو (Takir & Aksu, 2012)، در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که آموزش بر اساس اثرات نظریهٔ بار شناختی (اثر مثال، اثر تکمیل مسئله و اثر عرضیت) موجب پیشرفت درسی و کاهش بارشناختی می‌شود. پژوهش رستمی، طالع‌پسند و محمدی‌فر (Rostami, Talepasand, Mohammadyfar, 2017) نشان داد که دانش‌آموزان آموزش دیده بر اساس اثرات بارشناختی، دارای پیشرفت تحصیلی بالاتر و بار شناختی تجربه‌شدهٔ کمتری در کسب مفاهیم جبر بودند. عبدی و رستمی(abdi & rostami, 2018) در پژوهش خود به

این نتیجه دست یافتند که آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی به افزایش انگیزش و کاهش بار شناختی منجر می‌شود. ترافتون و ریسر (Trafton & Reiser,1993) در مطالعه‌ای به مقایسهٔ تأثیر آموزش از طریق ارائه مثال همراه با طرح مسئله بر میزان یادگیری فراگیران پرداختند. آن‌ها نتیجه گرفتند که ارائهٔ مثال بر یادگیری تأثیر دارد، چراکه فراگیران از دانشی که در مطالعهٔ مثال‌ها کسب می‌کنند بهتر می‌توانند برای حل مسائل جدید استفاده کنند.

موسی رمضانی، کنعانی و ولایتی (Mosaramezani, Kanani & Velayati, 2013) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که کاهش بار شناختی بیرونی، مدیریت بارشناختی درونی و کنترل همزمان هر دو، سبب افزایش یادگیری دانش‌آموزان می‌شود. زارع، ساریخانی، مهربان و سالاری (Zare, Sarikhani, Mehraban & Salari 2015) در پژوهش خود به این نتیجه رسیدند که استفاده از چند رسانه‌ای طراحی شده بر اساس اصول بار شناختی موجب کاهش بار شناختی بیرونی و افزایش میزان یادگیری می‌شود. موسوی، لو و سوئلر (Mousavi, Low & Sweller, 1995) از اثر مجرای حسی یا عرضیت آموزشی در حیطهٔ هندسه استفاده کرده‌اند و به این نتیجه رسیدند که می‌توان از نتایج منفی اثر تقسیم توجه در حیطهٔ هندسه به‌وسیلهٔ ارائهٔ توضیحات در شکل شنیداری نسبت به شکل دیداری اجتناب کرد. تابرز و مارتینس و مرینبوئر (Tabbers, Martens, & Merriënboer, 2004)، نیز نشان دادند که طراحی آموزش بر اساس اثرات بار شناختی در بهبود عملکرد تحصلی تأثیر مثبت دارد.

همچنین کوپر و سوئلر (Cooper & Sweller,1987 Quoted by Takir, & Aksu, 2012,) شرایطی را بررسی کردند که تحت آن مثال‌های حل شده می‌توانند فرایند انتقال را تسهیل کند. در یک مطالعهٔ طولی، ژوو و سیمون (Zhu, & Simon, 1987) نشان دادند که مثال‌های حل شده را می‌توان به‌طور موفقیت‌آمیزی برای سخنرانی و دیگر فعالیت‌های کلاسی ریاضیات برای یک دورهٔ طولانی جایگزین کرد. به عبارتی دیگر، یک دورهٔ ریاضیات که به‌طور سنتی در سه سال تدریس می‌شد، می‌توانست در دو سال با عملکرد بهتر با استفاده از راهبردهای جامع مبتنی بر مثال‌های حل شده به اتمام برسد. همچنین تأثیرگذاری اثر مثال‌های حل شده در بسیاری از پژوهش‌های دیگر تأیید شده است (Mc Laren, van Jalani, & Chee sern, 2014,2015; Gog, Ganoe, Karabinos, Yaron, 2016).

در راستای پژوهش‌های انجام شده، این پژوهش با هدف بررسی میزان کارایی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی در درس علوم تجربی پایهٔ سوم ابتدایی انجام شد. آموزش بر اساس این روش، به یادگیرندگان کمک می‌کند تا دانش و اطلاعات یک حوزه را به صورت یک تصویر کلی به کار ببرند و اطلاعات اضافی را که به بار شناختی منجر می‌شود، کاهش دهند تا یادگیری تسهیل شود. همچنین به یادگیرنده‌ها این امکان را می‌دهد تا تلاش شناختی موجود را صرف یادگیری، بهتر کنند که درنتیجهٔ آن کارایی یادگیری افزایش یابد. نتایج این پژوهش می‌تواند راه را برای انجام پژوهش‌های بیشتر در زمینهٔ اثرات بار شناختی در موقعیت‌های کلاسی باز نماید. همچنین نتایج این بررسی می‌تواند پیشنهادهایی ارزشمند به ویژه برای معلمان ارائه دهد. بنابراین در جهت دستیابی به هدف پژوهش، فرضیهٔ زیر مورد بررسی قرار گرفت:

بین میزان کارایی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی و روش معمول در آموزش علوم تجربی تفاوت وجود دارد.

روش پژوهش

این پژوهش از نوع مطالعات شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعهٔ آماری پژوهش شامل همهٔ دانش‌آموزان دختر پایهٔ سوم ابتدایی مدارس عادی نواحی سه‌گانه آموزش و پرورش شهر

کرمانشاه در سال تحصیلی ۲۰۱۷- ۲۰۱۸ بود. برای انتخاب نمونه در ابتدا، از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای تصادفی استفاده شد. به این ترتیب که از بین مدارس دخترانهٔ نواحی سه‌گانه آموزش و پرورش شهر کرمانشاه یک ناحیه انتخاب شد. پس از آن از بین مدارس این ناحیه، یک مدرسه با اعلام آمادگی معلمان پایهٔ سوم، به صورت نمونه‌گیری در دسترس انتخاب شد. به دلیل محدودیت‌های پژوهش از لحاظ شرایط خاص کنترل متغیرهای اثرگذار، مسائل اداری، رضایت آزمودنی‌ها، توافق معلمان و امکانات، از این روش نمونه‌گیری استفاده شد. از آنجا که مدرسهٔ انتخاب شده دارای ۵ کلاس پایه سوم بود، به صورت نمونه گیری در دسترس با آمادگی و رضایت معلمان، یک کلاس به‌عنوان گروه آزمایش و کلاس دیگر به‌عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شد. تعداد افراد دو کلاس مجموعاً ۷۷ نفر بودند (۳۹ نفر گروه آزمایش، ۳۸ نفر گروه کنترل).

ابزارهای گردآوری داده‌ها

بر اساس دیدگاه کلارک و همکاران (Clark, Nguyen, & Sweller, 2005) و افغانی داهلان (Afgani Dahlan, 2016)، برای تعیین میزان کارایی دانش‌آموزان، باید میزان تلاش شناختی و عملکرد آن‌ها را اندازه‌گیری کرد. در این پژوهش برای اندازه‌گیری تلاش ذهنی از مقیاس درجه‌بندی ذهنی بار شناختی پاس و ون‌مرینبوئر (۱۹۹۳) و برای عملکرد از آزمون معلم ساخته پیشرفت تحصیلی علوم تجربی استفاده شد که در زیر مشخصات هر کدام از ابزارها آمده است:

الف) آزمون پیشرفت تحصیلی درس علوم تجربی: در این تحقیق برای اندازه‌گیری میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان در درس علوم تجربی از پیش‌آزمون و پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی استفاده شد. هم پیش‌آزمون و هم پس‌آزمون هر کدام شامل ۲۰ سوأل چهارگزینه‌ای به شکل موازی بودند که از مطالب دو فصل کتاب درسی علوم تجربی پایهٔ سوم خوراکی‌ها و مواد اطراف ما) با توجه به سطوح مختلف شناختی بلوم در سطح دانش (۸ سؤال)، فهمیدن (۷ سؤال) و کاربست (۷ سؤال) طراحی و تدوین شدند. روایی محتوایی ابزار توسط دو تن از معلمان درس علوم تجربی مورد تأیید قرار گرفت. پایایی پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا شده بر روی گروه آزمایش و کنترل با استفاده از روش کودرریچاردسون ۲۱ محاسبه شد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱. بررسی پایایی سوأل‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی درس علوم تجربی در دو گروه آزمایش و کنترل

آزمون	تعداد سؤال	میانگین	انحراف معیار	پایایی
پیش‌آزمون	۲۰	۸/۲۰	۲/۱۱	۰/۹۱
پس‌آزمون	۲۰	۱۳/۹۲	۳/۲۰	۰/۷۲

ب) پرسشنامهٔ بار شناختی: مقیاس درجه‌بندی ذهنی تک آیتمی ۹ درجه‌ای از ۱ (تلاش ذهنی بسیار کم) تا ۹ (تلاش ذهنی بسیار زیاد). که به‌وسیلهٔ پاس و ون مرینبوئر (Pass & Van Merrienboer, 1993) ارائه شده است، برای اندازه‌گیری بار شناختی دانش‌آموزان مورد استفاده قرار گرفت. در مطالعهٔ پاس (Paas,1992)و پاس و مرینبوئر (Pass & Van Merrienboer, 1994) میزان آلفای کرانباخ مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی به ترتیب ۰/۹۰و ۰/۸۲ گزارش شده است. در پژوهش محبوبی، زارع، سرمدی، فردانش و فیضی (Mahbubi, Zare, Sarmadi, Fardanesh, & Feyzi, 2012) همسانی درونی مقیاس بار شناختی از طریق آلفای کرانباخ ۰/۸۶ و آعتبار بازآزمایی ۰/۸۶ گزارش شده است.

شیوهٔ انجام پژوهش در این پژوهش بعد از اینکه گروه‌های آزمایش و کنترل مشخص شدند، فرایند اجرا در چهار مرحله صورت گرفت که در جدول ۲ آمده است:

جدول ۲. مراحل و شیوهٔ اجرای پژوهش

مراحل	فعالیت‌ها
مرحلهٔ اول: فعالیت‌های پیش از اجرا و عمل آموزش	در این مرحله که شامل فراهم کردن مقدمات لازم برای اجرای آزمایش بود، با مطالعهٔ دقیق مبانی نظری و تجربی نظریهٔ بار شناختی، طراحی آموزشی برای دو فصل درس علوم تجربی پایهٔ سوم (خوراکی‌ها و مواد اطراف ما) با توجه به اهداف برنامه درسی علوم تجربی پایهٔ سوم و اثرات بار شناختی بیرونی (اثر مثال حل شده، اثر تکمیل مسئله، اثر تقسیم توجه، اثر مجرای حسی و اثر افزونگی) انجام شد. پس از طراحی، طرح درس‌ها، توسط دو معلم علوم تجربی از لحاظ محتوا، مناسب بودن زبان، سطح پایه دانش‌آموزان و اثرات بار شناختی، بررسی شدند و با توجه به پیشنهادهای آن‌ها اصلاحات لازم بر روی آن‌ها صورت گرفت. همچنین در این مرحله، آموزش‌های لازم در مورد به کارگیری این طرح درس‌ها به معلم کلاس آزمایش داده شد.
مرحلهٔ دوم: اجرای پیش‌آزمون	در اولین جلسه اجرای آزمایش در هر دو گروه آزمایش و کنترل پیش‌آزمون که شامل آزمون پیشرفت درسی علوم تجربی و سیاههٔ خودگزارش‌دهی بار شناختی ادراک‌شده بود، اجرا شد.
مرحلهٔ سوم: اجرای آموزش در گروه آزمایش بر اساس اثرات بار شناختی	به‌طور کلی تمام فعالیت‌ها برای اجرا در گروه آزمایش بر اساس الگوی طراحی‌شده مبتنی بر اثرات بار شناختی به‌وسیلهٔ تکیر و آکسو (Takir, & Aksu, 2012) بود. اولین گام آموزش، تعیین دانش قبلی دانش‌آموزان است. از آنجا که کلاس‌های درس، از نظر میزان پیشرفت تحصیلی متفاوت هستند از این رو در نظر گرفتن اهمیت دانش قبلی دانش‌آموزان به‌منظور به کار بردن تکنیک‌های آموزشی مناسب افزایش می‌یابد. این به اثر معکوس خبرگی نظریهٔ بار شناختی مربوط است. در آغاز هر درس، معلم سوالاتی از دانش‌آموزان می‌پرسید و یا مروری در مورد موضوع، در به‌روز کردن حافظهٔ دانش‌آموزان و فعال‌کردن دانش قبلی آن‌ها انجام می‌دهد. بعد از تکرار تعدادی از پیش‌نیازهای یادگیری، معلم هر موضوع را با توجه به طرح درس آماده شده ارائه می‌دهد. نقطهٔ شروع در هر درس، ارائهٔ مثال‌های حل شده است. معلم هر موضوع را با مثال‌های حل‌شده به‌طور شفاهی (مجرای حسی) توضیح می‌دهد و پس از آن یک تمرین عملی مشابه (تکمیل مسئله) به دانش‌آموزان برای ارضای ساختار طرحواره ارائه می‌دهد. معلم زمان کافی برای تکمیل مسئله به دانش‌آموزان می‌دهد و معمولاً کلاس را به‌منظور کمک به دانش‌آموزان وارسی و مشاهد می‌کند. برای برخی موضوعات به جای ارائهٔ تمرینات عملی بعد از مثال‌های حل شده از مثال‌های کامل شده استفاد می‌شود. این کار، باعث رضایت دانش‌آموزان در انتقال از مثال‌های حل شده به تمرینات عملی می‌شود. استفاده از مثال‌های حل شده، تکمیلی و تمرینات عملی، به حذف وارونهٔ اثرات بار شناختی مرتبط است که به انطباق فرایند یادگیری تدریجی اجازه می‌دهد. در همهٔ موضوعات، برای در نظر گرفتن اثر تقسیم توجه، معلم نباید چیزی بر روی تخته بنویسد. به علاوه باید با تهیه جزوهٔ درسی که شامل خلاصه‌هایی از محتوای درس است، مانع از یاداشت‌برداری دانش‌آموزان در کلاس درس به‌منظور در نظر گرفتن اثر تقسیم توجه شود. به‌منظور در نظر گرفتن اثر افزونگی که عبارت است از توضیح و بیان بیشتر محتوا، در شروع ارائهٔ هر موضوع از توضیح و ارائه هر تصویر و فعالیت کلاسی اضافی پرهیز باید کرد. به همین دلیل، اطلاعات به دانش‌آموزان باید به یک شیوهٔ (شنیداری، نوشتاری) ارائه شود. در این پژوهش، معلم محتوا را فقط به صورت شنیداری توضیح می‌داد. بعد از این که دانش‌آموزان تجربهٔ مرتبط با موضوع را به دست آوردند، دیگر نباید مثال‌های حل شده و کامل کردنی به دانش‌آموزان ارائه شود، به همین دلیل، تمرینات کامل یا کار گروهی و یا فعالیت‌های کلاسی به دانش‌آموزان محول می‌شود که به اثر حذف راهنمایی مربوط می‌شود این رویه در گروه آزمایش برای ارائهٔ کل موضوعات درس علوم تجربی در نظر گرفته شد. در کلاس گروه کنترل، واحد درسی مربوط به درس علوم بر اساس روش آموزش معمول تدریس شد.
مرحلهٔ چهارم: اجرای پس آزمون	پس از پایان دورهٔ آموزش که یک دورهٔ شش هفته‌ای بود به اجرای پس‌آزمون (آزمون پیشرفت تحصیلی درس علوم تجربی) پرداخته شد. لازم به ذکر است که پرسشنامهٔ بار شناختی در پایان هر جلسهٔ تدریس در گروه آزمایش و کنترل اجرا شد.

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

به‌منظور تجزیه‌وتحلیل داده‌های پژوهش از شاخص‌های آمارتوصیفی (فراوانی، میانگین، انحراف معیار) و برای بررسی فرضیهٔ پژوهش ابتدا از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیری (MANCOVA) استفاده شد. همچنین برای بررسی تفاوت کارایی در دو روش آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی و روش معمول در درس علوم تجربی، نمرات دانش‌آموزان برای تلاش شناختی (مقیاس درجه‌بندی ذهنی بارشناختی) و عملکرد (آزمون پیشرفت درسی علوم تجربی) استاندارد شدند و یک نمره Z برای بارشناختی و یک نمره Z برای پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی علوم تجربی در دو گروه آزمایش و کنترل به دست آمد. سپس، نمرهٔ کارایی در یادگیری از طریق فرمول $E = \frac{z\text{ عملکرد} - z\text{ تلاش ذهنی}}{\sqrt{2}}$ محاسبه شد.

نتایج

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد پیش‌آزمون و پس‌آزمون پیشرفت تحصیلی و بار شناختی ادراک‌شده در دو گروه آزمایش و کنترل

متغیرها	گروه	پیش‌آزمون		پس‌آزمون	
		M	SD	M	SD
پیشرفت تحصیلی	گروه آزمایش	۸/۳۰	۲/۱۹	۱۵/۹۱	۱/۹۲
	گروه کنترل	۸/۱۰	۲/۰۵	۱۱/۸۳	۳/۰۰
بار شناختی ادراک‌شده	گروه آزمایش	۵/۲۰	۰/۸۶۳	۳/۱۰	۰/۹۱۱
	گروه کنترل	۵/۳۴	۰/۷۴۵	۵/۰۲	۱/۱۰

جدول ۳ میانگین و انحراف معیار پیشرفت تحصیلی و میزان بار شناختی ادراک‌شده در دو گروه آزمایش و کنترل بر اساس نمرات پیش آزمون و پس آزمون را نشان می‌دهد. میانگین گروه آزمایش و کنترل در پیش‌آزمون پیشرفت تحصیلی به ترتیب (۸/۳۰) و (۸/۱۰) و انحراف استاندارد (۲/۱۹) و (۲/۰۵) بوده است، اما میانگین پیشرفت تحصیلی دو گروه آزمایش و کنترل در پس‌آزمون به ترتیب (۱۵/۹۱) و (۱۱/۸۳) و انحراف معیار (۱/۹۲) و (۳/۰۰) بوده است. همچنین میانگین متغیر بار شناختی در پیش‌آزمون گروه آزمایش و کنترل به ترتیب (۵/۲۰) و (۵/۳۴) و انحراف استاندارد (۰/۸۶۳) و (۰/۷۴۵) بوده است، اما میانگین بار شناختی دو گروه آزمایش و کنترل در پس‌آزمون به ترتیب (۳/۱۰) و (۵/۰۲) و انحراف معیار (۰/۹۱۱) و (۱/۱۰) بوده است. نکتهٔ قابل ذکر در اینجا این است که نمرهٔ پیش‌آزمون بار شناختی، نمرهٔ اولین اجرای این آزمون در دو گروه آزمایس و کنترل قبل از اولین جلسه است؛ اما پس‌آزمون بار شناختی حاصل میانگین نمرات به دست آمده از اجرای پرسشامهٔ بار شناختی در پایان تمام جلسات درس علوم در گروه آزمایش و کنترل است. نمرهٔ بار شناختی ۱ تا ۴ نشان‌دهندهٔ بار شناختی کم و نمره ۵ تا ۹ نشانگر بار شناختی بالا است (Pass & Van Merrienboer, 1993, Quoted By Takir, & Aksu, 2012). با توجه به محدودهٔ بار شناختی، ۳ دانش‌آموز در گروه آزمایش و ۳۱ نفر در گروه کنترل در محدودهٔ بار شناختی بالا بودند. در مقابل ۳۶ نفر از دانش‌آموزان در گروه آزمایش و ۷ نفر در گروه کنترل در محدودهٔ بار شناختی کم بودند، بنابراین تعداد دانش‌آموزان گروه کنترل که بار شناختی بیشتری را تجربه کردند، بیشتر از تعداد دانش‌آموزان گروه آزمایش بود.

جدول ۴. آزمون لوین برای برابری واریانس خطا

متغیر	F	Df1	Df2	sig
پیشرفت تحصیلی	**۳.۷۰۹**	۷۵	۱	.۰۵۸
بار شناختی	۰.۰۲۶	۷۵	۱	.۸۷۳

همانطور که جدول ۴ نشان می‌دهد فرض برابری واریانس‌ها برای متغیرهای پیشرفت تحصیلی و بار شناختی برقرار است.

جدول ۵. نتایج تحلیل کوواریانس چند متغیری (MANCOVA) برای بررسی تفاوت پس آزمون پیشرفت تحصیلی و بار شناختی ادراک شده در گروه آزمایش و گروه کنترل

منبع	متغیر	SS	Df	MS	F	sig
گروه	پیشرفت تحصیلی	۳۶/۳۸۰	۱	۳۶/۳۸۰	۵/۶۷۸	۰/۰۲۰
	بار شناختی	۴/۹۵۱	۱	۴/۹۵۱	۴/۷۳۰	۰/۰۲۳
خطا	پیشرفت تحصیلی	۴۶۷/۷۰۰	۷۳	۶/۴۰۷		
	بار شناختی	۷۶/۴۲۴	۷۳	۱/۰۴۷		
کل	پیشرفت تحصیلی	۱۵۶۷۵/۵۰۶	۷۷			
	بار شناختی	۱۴۱۲/۰	۷۷			

همانطور که در جدول ۵ مشاهده می‌شود نتایج نشان داد که بین دوگروه آزمایش (آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی) و کنترل (روش تدریس سنتی) در پس آزمون پیشرفت تحصیلی ($F_{(۱\text{ و }۷۳)}$=۵/۶۷۸ و p=۰/۰۵) و بار شناختی ($F_{(۱\text{ و }۷۳)}$=۴/۷۳۰ و p=۰/۰۵) تفاوت معنی‌دار وجود دارد (partial η^2 =۰/۱۲؛ Wilks Lambda=۰/۸۷؛ $F_{(۲\text{ و }۷۳)}$=۵/۳۴۱ و p<۰/۰۰۷) . بنابراین با توجه به تصحیح آلفای بنفرونی میزان آلفای ۰/۰۵ تقسیم بر ۲ (تعداد متغیرهای وابسته) می‌شود و بر اساس آلفای تصحیح شده تفاوت هر دو متغیر در گروه‌ها معنی‌دار است (p<۰/۰۲۵). به عبارت دیگر آموزش بر اساس اثرات بار شناختی نسبت به روش سنتی اثربخش‌تر است.

برای نشان دادن تفاوت کارایی در دو روش تدریس مبتنی بر اثرات بار شناختی در گروه آزمایش و روش معمول در گروه کنترل، نمرات دانش‌آموزان برای تلاش شناختی (مقیاس درجه‌بندی ذهنی بارشناختی) و عملکرد (آزمون پیشرفت تحصیلی درس علوم تجربی) استاندارد شدند و یک نمره Z برای بار شناختی و یک نمره Z برای پیشرفت تحصیلی مفاهیم علوم در دو گروه آزمایش و کنترل به دست آمد. سپس، نمرهٔ کارایی در یادگیری از طریق فرمول $E = \frac{z_{\text{تلاش ذهنی}} - z_{\text{عملکرد}}}{\sqrt{۲}}$ محاسبه شد که نتیجهٔ آن در جدول ۷ ارائه شده است. اگر E=۰ باشد به معنای آن است که تلاش ذهنی و پیشرفت درسی مفاهیم علوم در تعادل هستند. بر طبق فرمول، وقتی پیشرفت درسی بیشتر از بار شناختی است مقدار کارایی مثبت است. از طرف دیگر وقتی پیشرفت تحصیلی کمتر از بار شناختی است مقدار کارایی منفی است (Clark et al, 2005, Paas et al, 2003).

جدول ۶. میانگین نمرات z پس آزمون پیشرفت درسی و بار شناختی در دو گروه آزمایش و کنترل

گروه‌ها	میانگین نمره z پیشرفت درسی	میانگین نمره z بار شناختی	ارزش کارایی
گروه آزمایش	.۶۲	-.۶۸	.۹۲
گروه کنترل	-.۶۲	.۶۸	-.۹۲

نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که شاخص کارایی در برنامهٔ آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی ۰/۹۲ و در گروه کنترل ۰/۹۲- است.

برای بررسی فرض تفاوت ارزش کارایی بین دو روش کنترل و آزمایش از آزمونتی گروه‌های مستقل استفاده شد که نتایج آن در جدول ۷ گزارش شده است.

جدول ۷. نتایج آزمون t گروه‌های مستقل برای مقایسه میزان کارایی در بین دو گروه آزمایش و کنترل

T	درجه آزادی	سطح معناداری
۳/۰۶	۷۵	۰/۰۰۱

همانطور که در جدول ۷ ملاحظه می‌شود بین میزان ارزش کارایی در دو گروه آزمایش و کنترل تفاوت معناداری و جود دارد، بنابراین فرض صفر مبنی بر عدم تفاوت کارایی بین دو گروه آزمایش و کنترل رد می‌شود و فرض محقق تأیید می‌شود. این بدان معناست که میزان کارایی دانش‌آموزان آموزش‌دیده بر اساس اثرات بار شناختی در مقایسه با گروه آموزش دیده به شیوهٔ معمول بیشتر بوده است ($t_{(۷۵)}$=۳/۰۶ و p=۰/۰۰۱).

بحث و نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی کارآیی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی در درس علوم تجربی پایهٔ سوم ابتدایی انجام شد. نتایج حاصل از تحلیل داده‌ها نشان داد که کارایی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی در درس علوم تجربی پایهٔ سوم ابتدایی به صورت معناداری مؤثر است. نتایج این تحقیق با پژوهش‌های، تکیر و آکسو (Takir, & Aksu, 2012)، رستمی، طالع‌پسند و محمدی‌فر (Rostami, Talepasand, Mohammadyfar, 2017) عبدی و رستمی(abdi & rostami, 2018)؛ مک لارن، ونگوگ، گانو، کارابینس و یارن (McLaren, van Gog, Ganoe, Karabinos, Yaron, 2016)؛ زارع، ساریخانی، مهربان و سالاری (Zare, Sarikhani, Mehraban & Salari 2015)، جالانی و چی سرن (Jalani, & Chee sern, 2014,2015)؛ اشنوتز، کیرشنر (Schnotz, & Kürschner, 2007)؛ موسوی، لو و سوئلر (Mousavi, Low, & Sweller, 1995)؛ تابرز و مارتینس و مرینبوئر (Tabbers, Martens, & Merriënboer, 2004)؛ سوئلر (Sweller, 2010)؛ اتکینسون، دری، رنکل و ورث هام (Atkinson, Derry, Renkl & Wortham, 2000)؛ سوئلر، آیرس و کالیوگا (Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011)؛ پاس و ون مرینبوئر (pass, & Van Merriënboer, 1994)؛ کالیوگا، چندلر و سوئلر (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2001)؛ برن آستین، بیتس و اندرسون (Brunstein, Betts, & Anderson, 2009) و موسی رمضانی، کنعانی و ولایتی (Muosaramazani, Kanani & Velayati, 2013) هماهنگی و همخوانی دارد.

دلیل موفقیت آموزش علوم تجربی بر اساس این روش در مقایسه با روش معمول و سنتی این است که شیوه‌های آموزش سنتی در شرایطی که موضوع مورد یادگیری پیچیده باشد، کارا نیست و باعث وارد شدن بار

شناختی بیرونی زیادی بر فراگیر شده و در نتیجه به کاهش یادگیری منجر می‌شود. این‌گونه آموزش‌ها در مواردی به جای تسهیل و تسریع یادگیری، برای یادگیرنده، به‌ویژه برای حافظهٔ فعال او به‌عنوان گلوگاه یادگیری، بار یا تراکم شناختی ایجاد می‌کنند و بدین‌طریق سبب کندی و حتی مانع یادگیری می‌شوند (Sweller, 2004) و این امر به نوبه خود مانع از اکتساب طرحواره و خودکار شدن قاعده‌ها می‌شود. بر این اساس، بیان‌شده است که علت غیر مؤثر بودن تعداد زیادی از مواد آموزشی سنتی، بی‌توجهی آن‌ها به محدودیت‌های نظام پردازش اطلاعات انسان و محدودیت‌های ظرفیت پردازش حافظهٔ فعال است (salari & amirtimori, 2017). در الگوی آموزش بر اساس اثرات بار شناختی، تکالیف یادگیری از مثال‌های حل شده و موضوعات ساده و دارای تعامل بین عناصر کم‌تر شروع شده و به‌تدریج با ارائهٔ مثال‌های کامل کردنی و تمرینات عملی بر میزان پیچیدگی آن‌ها افزوده می‌شود؛ بنابراین دانش‌آموزان تلاش ذهنی کمتری را تجربه کرده و بار شناختی زیادی بر یادگیرنده وارد نمی‌شود. استفاده از مثال‌های حل شده و جایگزین کردن آن‌ها با مثال‌های کامل کردنی و تمرین‌های عملی، نتایج یادگیری مشابهی را در زمان کمتر و با تلاش کمتر یادگیرنده ارائه می‌دهند. در این زمینه کالیوگا، چندلر و سوئلر (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2001) نشان دادند که مثال‌های کارشده و مثال‌های کامل کردنی به یادگیری مؤثرتر در طی مراحل اولیه یادگیری منجر می‌شوند. سوئلر، چندلر، تیمی و کوپر (Sweller, Chandler, Tierney & Cooper, 1990) نیز بیان کرده‌اند که دانش‌آموزان در محیط‌های بهینه‌شده بر اساس بار شناختی تلاش ذهنی کمتری را تجربه می‌کنند. از آنجا که در این پژوهش روش تدریس در گروه آزمایش با ظرفیت شناختی یادگیرندگان بهینه شده بود، فعالیت‌های آموزشی موجب عملکرد و یادگیری بهتر شد.

از آنجا که میزان کارایی آموزشی در این پژوهش بر اساس فرمول ارائه شده، تابعی از میزان یادگیری و بار شناختی درک شده است، بدیهی است گروه آزمایش به دلیل تجربه بار شناختی کمتر و میزان یادگیری بیشتر، سطح بالاتری از کارایی آموزشی را نشان دهد. ترکیب نمره‌های عملکرد و بار شناختی ادراک‌شده نسبت به زمانی که عملکرد یا تلاش ذهنی به‌تنهایی اندازه‌گیری می‌شوند، می‌تواند مهم‌تر باشد. این روش آموزش، بار شناختی ادراک‌شده هنگام یادگیری را کاهش داده، موجب تسهیل یادگیری و افزایش کارایی یادگیری می‌شود (Rostami, Talepasand, Mohammadyfar, 2017).

پژوهش حاضر علاوه بر نتایج مثبت حاصل شده، با محدودیت‌هایی ازجمله کوچک بودن حجم نمونه و عدم امکان انتخاب تصادفی آزمودنی‌ها مواجه بود که این عوامل می‌توانند تعمیم نتایج را با مشکل روبه‌رو سازند. پیشنهاد می‌شود پژوهش‌های آتی علاوه بر استفاده از نمونه‌های با تعداد بیشتر آزمودنی، تأثیر اثرات بار شناختی در موضوعات دیگر مد نظر قرار دهند.

نهایتاً، نظریهٔ بارشناختی می‌تواند در گسترهٔ وسیعی از محیط‌های یادگیری، به‌ویژه چندرسانه‌ای‌های آموزشی به کار گرفته شود؛ زیرا طراحی مواد آموزشی را به اصول پردازش و اثرات بار شناختی ارتباط داده و موجب کاهش بارشناختی در یادگیرندگان شده و پیشرفت تحصیلی آن‌ها را افزایش می‌دهد. با توجه به یافته‌های این پژوهش پیشنهاد می‌شود، معلمان و متصدیان امر آموزش دربارهٔ اصول پایه و اساسی نظریهٔ بار شناختی آموزش ببینند تا بتوانند ظرفیت محدود حافظهٔ فعال دانش‌آموزان را در آموزش و برنامه‌ریزی دروس به کار گیرند. همچنین فعالیت‌های آموزشی را در کلاس درس با توجه به ظرفیت شناختی دانش‌آموزان طراحی کنند تا آن‌ها بار اضافی تجربه نکنند. پیشنهاد می‌شود ارزیابی بار شناختی وارده بر یادگیرندگان در هر برنامه آموزشی به‌عنوان بخشی مهم

از فرایند آموزش در کلاس درس مد نظر قرار گیرد. معلمان از این الگو می‌توانند برای آموزش مفاهیم پیچیده در همهٔ دروس استفاده کنند. با توجه به اینکه در این پژوهش کارایی یادگیری به‌عنوان ترکیبی از تلاش ذهنی و پیشرفت تحصیلی در نظر گرفته شده است و این امر صرفاً با اندازه‌های پیشرفت تحصیلی و بار شناختی به‌تنهایی انعکاس داده نمی‌شود، بنابراین پیشنهاد می‌شود که معلمان به‌منظور فهم دقیق‌تر میزان بار شناختی و ارزیابی دقیق میزان کارایی یادگیری دانش‌آموزان از این روش ارزیابی استفاده کنند.

منابع

Abdi, A. & Rostami,.M.(2018).The Effect of instruction based on the Cognitive Load Theory effects on academic achievement, perceived cognitive load and motivation to learning in Sciences subject. *Journal of Instruction and* Evaluation. 10(40), 43–67. [Persian].

Afgani Dahlan, J. (2016). Performance, Mental Effort, and Efficiency of Multimedia-Based Discovery Learning in Mathematics Learning. IJCAS; 3(10), 29-39.

Amirteimouri MH, Zare M. (2015). Cognitive load and instructional multimedia. Tehran: Allameh Tabatabai University press;. [In Persian].

Atkinson, R., Derry, S., Renkl, A., &Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research, 70*(2), 181-214.

Brunstein, A., Betts, S., & Anderson, J. R. (2009). Practice enables successful learning under minimal guidance. *Journal of Educational Psychology, 101*, 790-802.

Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2005). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco: Pfeiffer.

Cooper G, Sweller J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer.J Educ Psychol; 79(4):347-362.

Jalani, N. H., &Chee sern, L. (2014). Effects of example-problem based learning on transfer performance in Circuit Theory. *Journal of Technical Education and Training*, *6*(2), 28–37.

Jalani, N. H., &Chee sern, L. (2015). The Example-Problem-Based Learning Model: Applying Cognitive Load Theory.Procedia-Social and Behavioral Sciences, 195, 872-880.

Kalyuga S. (2009) Cognitive load factors in instructional design for advanced learners. New York, NY: Nova Science Publishers, Inc.

Mahbubi T, Zare H, Sarmadi MR, Fardanesh H, Feyzi A.(2012) Effect principles of instructional design on cognitive load topics learning in multimedia learning environments. Journal of higher education curriculum studies; 3 (6): 29-46. [Persian]

McLaren, B, M., van Gog, T., Ganoe, C., Karabinos, M., Yaron, D. (2016). The efficiency of worked examples compared to erroneous examples, tutored problem solving, and problem solving in computer-based learning environments. Computers in Human Behavior, 55, 87-99

Sweller J, Chandler P, Tierney P, Cooper M. (1990).Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *J Exp Psychol;* 119(2): 176- 192

Mosaramezani S, Kanani E, Velayati E. (2013).the effect of Cognitive load control on memory and retention English grammar. *New Thoughts on Education.* (9) 1.105-131. [Persian]

Mousavi, S., Low, R., &Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology, 87*(2), 319-334.

Paas, F., & Van Merrienboer, J. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society, 35*(4), 737-743.

Paas, F., & Van Merriënboer, J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review, 6*(4), 351-371.

Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist, 38*, 1–4.

Renkl, A. & Atkinson, R. K. (2003). Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skills acquisition: A cognitive load perspective. *Educational Psychologist, 38*, 15-22.

Rostami, M.; Talepasand, M. & Mohammadifar, A.(2017). Effectiveness of Educational Program Based Cognitive Load in Learning Efficiency of Algebra Concepts Among 7th Grade Girl Students in Tehran. *Education Strategies in Medical Sciences*; 10(4): 322-333. [In Persian].

Salari, M. & Amirtimori, MH. (2017). Investigating the Effect of Four Elemental Design Patterns on Excess Cognitive Exercise and Complex Learning. *Quarterly of Educatinal Psychology. Allameh Tabataba'i University*. Vol. 13, No. 44. 173- 197;. [In Persian].

Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review, 19*(4), 469-508.

Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science, 32*, 9-31.

Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review, 22*(2), 123-138.

Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory in perspective. *Cognitive Load Theory*, 237-242.

Sweller, J., Van Merrienboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review, 10*(3), 251-296.

Tabbers, H. K., Martens, R. L., & Merriënboer, J. J. G. (2004). Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. *British Journal of Educational Psychology, 74*(1), 71-81.

Trafton, J. G., & Reiser, B. J. (1993). The contributions of studying examples and solving problems to skill acquisition. In Proceedings of the Fifteenth Annual Conference of the Cognitive Science Society, (pp. 1017-1022). Boulder, CO:

Takir, A, &Aksu, M., (2012). The Effect of an Instruction Designed by Cognitive Load Theory Principles on 7th Grade Students' Achievement in Algebra Topics and Cognitive Load .*Journal of Creative Education* (3) 2, 232-240.

Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & de Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development, 50*(2), 39– 64.

Van Merriënboer, J., &Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review, 17*(2), 147-177.

Zare M, Salari M, Sarikhani R.(2016) The impact of educational strategies of cognitive load theory on extraneous cognitive load and learning in physiology course. J Med Edu Dev 2016; 9(22): 44-52.

Zare, M. Sarikhani, R. Mehraban, J. & Salari, M. (2015). Comparison of the Effect of Beybee and Traditional Teaching Methods on Creativity and Cognition in the Chemistry Course. Scientific Journal of Invention and Creativity in the Humanities. 5 (2): 55- 76. [Persian]

Zhu, X., & Simon, H. A. (1987). Learning mathematics from examples and by doing. *Cognition and Instruction, 4*(3), 137-166.

Trafton, j.G, Reiser, B.J. (1993). The contributions of studying examples and solving problems to skill acquisition. *In proceeding of the fifteenth annual conference of the cognitive science society*.