

Research Article

The Effect of Virtual Instruction Using the Model of van Merriënboer's Four-Component Instructional Design in Science Using Multimedia Method on Cognitive Load, Learning, and Academic Motivation of the Sixth-Grade Students of Primary Schools

F. Najafi Nejad Moshizi, MSc in Educational Psychology, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

A. Towhidi*, Associate professor in Educational Psychology, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
atowhidi@uk.ac.ir

M. Tajrobehkar, Assistant Professor in Educational Psychology, Faculty of Literature and Humanities, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

Abstract

The purpose of this research was to investigate the effect of the virtual instruction using van Merriënboer's four-components instructional design (4C/ID) in science using multimedia method on the cognitive load, learning, and academic motivation. The research method was experimental of the pre-test and post-test kind with a control group. The statistical population included all the sixth-grade girl students of primary schools in the city of Kerman in the academic year 1398-1399. Among them 64 students were recruited via multi-stage cluster sampling method and within the last cluster using simple random sampling method and then placed into two control and experimental groups. The experimental group was instructed by researcher's prepared multimedia based on van Merriënboer's four-Component Instructional design (4C/ID) and the control group was instructed in the traditional way by the teacher. Data gathering instruments were included Pass' Cognitive Load Questionnaire, researcher-made Science Learning Test, and Harter's Academic Motivation Questionnaire. The data were analyzed using frequent measurement method. Results show that students who were exposed to the virtual multimedia using van Merriënboer's four-component instructional design (4C/ID) model of instruction show an increase in learning and academic motivation and a reduction in terms of cognitive load in comparison to those students who had the traditional method of teaching. It is concluded that multi-media instruction based on van Merriënboer's four-component instructional design (4C/ID) could be used in order to increase students' learning and academic motivation and it can also be used to enhance long distance education conditions.

Keywords: virtual instruction. van Merriënboer's four-component, multi-media, cognitive load, learning, academic motivation, sixth grade students

* Corresponding Author

رویکردهای نوین آموزشی

دانشکده علوم تربیتی و روان‌شناسی دانشگاه اصفهان

سال پانزدهم، شماره ۱، شماره پیاپی ۳۱، بهار و تابستان ۱۳۹۹

ص ۱۵۷-۱۷۶ تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۲۸ بازنگری: ۱۳۹۹/۱۱/۱۲، ۱۳۹۹/۰۷/۲۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۲/۰۵

شناسه دیجیتال (DOI): 10.22108/nea.2021.124725.1518

مقاله پژوهشی

اثربخشی آموزش مجازی با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای ون مرینوئر در علوم به روش چندرسانه‌ای بر بار شناختی، یادگیری، و انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی

فاطمه نجفی‌نژاد مشیزی، کارشناس ارشد روان‌شناسی تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
افسانه توحیدی^{*}، دانشیار روان‌شناسی تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
atowhidi@uk.ac.ir

مهشید تجربه‌کار، استادیار روان‌شناسی تربیتی، دانشکده ادبیات و علوم انسانی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

هدف پژوهش، بررسی اثربخشی آموزش مجازی با استفاده از طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینوئر در علوم با استفاده از روش چندرسانه‌ای بر بار شناختی، یادگیری، و انگیزه تحصیلی بود. روش پژوهش شبه‌آزمایشی از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌همراه گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل تمامی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی دبستان‌های دخترانه شهر کرمان در سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ بود که از بین آنها ۶۴ دانش‌آموز به‌روش خوشه‌ای چندمرحله‌ای و درون آخرین خوشه به‌صورت تصادفی ساده انتخاب شدند و سپس در دو گروه آزمایش و کنترل جایگزین شدند. گروه آزمایش با استفاده از چندرسانه‌ای پژوهشگرساخته مبتنی بر الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینوئر و گروه کنترل به روش سنتی توسط معلم آموزش دیدند. ابزارهای گردآوری داده‌ها شامل پرسشنامه‌های بار شناختی پاس و انگیزه تحصیلی هارتر، آزمون پژوهشگرساخته یادگیری علوم بود. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از روش اندازه‌گیری مکرر است. یافته‌ها نشان می‌دهند دانش‌آموزانی که در معرض آموزش مجازی به‌روش چندرسانه‌ای طراحی شده مبتنی بر الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینوئر قرار گرفتند، نسبت به آن دسته از دانش‌آموزانی که به‌روش سنتی آموزش دیدند، در میزان یادگیری و انگیزش تحصیلی افزایش و برحسب بار شناختی کاهش نشان می‌دهند. نتیجه گرفته می‌شود که می‌توان از آموزش چندرسانه‌ای مبتنی بر الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینوئر برای افزایش یادگیری و انگیزش تحصیلی دانش‌آموزان و بهبود شرایط آموزش از راه دور بهره برد.

واژگان کلیدی: آموزش مجازی، چهارمؤلفه‌ای ون مرینوئر، چندرسانه‌ای، بار شناختی، یادگیری، انگیزه

تحصیلی، دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی

* نویسنده مسئول

مقدمه

بسیاری از روش‌های آموزشی که برای موضوعات ساده مناسب هستند، برای آموزش موضوعات پیچیده به‌اندازه کافی کارآمد نیستند. یادگیری موضوعات پیچیده موجب ایجاد بار شناختی بالایی در حافظه فعال می‌شود و آموزش این مطالب بدون روش تدریس مناسب، با افزایش بار شناختی در حافظه فعال، به اثرات منفی در یادگیری منجر می‌شود (جینز و لپنیک، ۲۰۱۹؛ ون مرینبوئر و همکاران، ۲۰۰۲). در یادگیری چندرسانه‌ای ایجاد یادگیری معنادار مستلزم درگیر شدن یادگیرنده در پردازش شناختی است؛ درحالی که ظرفیت شناختی یادگیرنده برای پردازش بسیار محدود است؛ بنابراین، طراحان چندرسانه‌ای باید به‌نحوی مطالب یادگیری را سازمان دهند که بار شناختی بیش از ظرفیت شناختی یادگیرنده ایجاد نشود (مایر و مورنو، ۲۰۰۳). علت بی‌تأثیر بودن بسیاری از محتوای آموزشی چندرسانه‌ای، بی‌توجهی به برخی محدودیت‌های نظام پردازش اطلاعات از جمله محدودیت‌های حافظه فعال است (حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸)؛ چنان‌که اگر در آموزش چندرسانه‌ای ترکیب متن و نمودار یا ارائه تصویر (گرافیک) و متن شنیداری به‌صورت هم‌زمان استفاده شود، این ترکیب موجب کاهش بار شناختی می‌شود (توحیدی، ۱۳۹۳؛ سولر، ۱۹۸۸، ۲۰۰۳، ۲۰۱۱). الگوی چهارمؤلفه‌ای ون مرینبوئر یکی از الگوهای اساسی طراحی آموزشی برای یادگیری موضوعات پیچیده است که با نظریه بار شناختی هم‌ساز است (ون مرینبوئر و سولر، ۲۰۰۵؛ ون مرینبوئر و کستر، ۲۰۰۵)، خاص آموزش مجازی طراحی شده است (ون مرینبوئر، ۱۹۹۹؛ ون مرینبوئر و کستر، ۲۰۰۵)، بر کاهش بار شناختی تأکید دارد (ون مرینبوئر، ۲۰۱۲؛ ون مرینبوئر و همکاران، ۲۰۰۳)، به کمک انواع رسانه‌ها از جمله چندرسانه‌ای می‌تواند فرایند یاددهی و یادگیری را تسهیل کند و در پی آن یادگیری مادام‌العمر را بهبود بخشد (علیزاده و همکاران، ۱۳۹۵).

رسانه‌های آموزشی به تمامی مواد و هر نوع وسیله فیزیکی گفته می‌شود که ممکن است در آموزش به‌منظور تسهیل دستیابی یادگیرندگان به هدف‌های آموزشی از آنها استفاده شود و در آن هیچ محدودیتی از لحاظ نوع رسانه وجود ندارد و حتی انسان نیز می‌تواند نوعی رسانه آموزشی محسوب شود (توحیدی، ۱۳۸۷، ۱۳۹۳). چندرسانه‌ای عبارت است از ارتباط با استفاده از ترکیب واژه و تصویر (توحیدی، ۲۰۱۰؛ مایر، ۲۰۰۵) و آموزش چندرسانه‌ای به محیط‌های یادگیری اشاره دارد که شامل واژه و تصویر با هدف ارتقای سطح یادگیری است؛ مانند کتاب‌های مصور، انیمیشن‌های برخط^۱ و بازی‌های رایانه‌ای آموزشی^۲ (مایر، ۲۰۰۵، ۲۰۱۱). به‌عبارتی، یادگیری چندرسانه‌ای می‌تواند شامل یادگیری از واژه با تصویر، کتاب‌های درسی حاوی متن و تصویر، درس‌های مبتنی بر رایانه حاوی انیمیشن و گفتار زمینه متن (نریشن)^۳، و اسلایدهای پاورپوینت^۴ شامل گرافیک^۵ و صحبت شفاهی باشد (مایر، ۲۰۱۴). موفقیت در یادگیری، زمانی رخ می‌دهد که بتوانیم در یادگیرندگان یادگیری معنادار ایجاد کنیم و یادگیری معنادار در یادگیرندگان ایجاد

1Ginns & Leppink

2Van Merriënboer, Clark, & De Croock

3Mayer & Moreno

4Sweller

5Van Merrienboer & Sweller

6Van Merriënboer & Kester

7Van Merriënboer, Kirschner, & Kester

8Towhidi

9Mayer

1 pictorial books

1 online animations

1 educational computer games

1 narration

1 slide PowerPoints

1 graphics

انگیزه می‌کند (دهقان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). یافته‌های پژوهشی نشان دادند دانش‌آموزان در دروس علوم و ریاضی به روش چندرسانه‌ای نسبت به روش سنتی بهتر یاد می‌گیرند (ضربیان، ۱۳۹۷). علاوه بر یادگیری، انگیزه دانش‌آموزان در یادگیری دروس علوم به روش چندرسانه‌ای بیشتر است (بالکریشنن و شانمگام، ۲۰۱۹). پژوهش‌های بسیاری نقش استفاده از رایانه و چندرسانه‌ای را در افزایش انگیزه و علاقه فراگیران در یادگیری مطالب تأیید می‌کنند (اسماعیلی، ۱۳۹۷؛ ایمانی، ۱۳۹۶؛ بالکریشنن و شانمگام، ۲۰۱۹؛ تسانکوف و همکاران، ۲۰۱۶؛ رستگارپور و همکاران، ۱۳۸۸) و انگیزه از ضروری‌ترین مفاهیم روان‌شناختی در آموزش است که بر کنجکاوی، پشتکار، یادگیری و عملکرد بهتر تأثیرگذار است (ناصر و همکاران، ۱۳۹۶).

حال، به پژوهش‌های برگرفته از اثربخشی آموزش به روش چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) بر هر متغیر پژوهش به‌طور جداگانه پرداخته می‌شود. اثربخشی استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای بر کاهش بار شناختی در پژوهش‌های بسیاری مشاهده شده است (ایبیلی، ۲۰۱۹؛ چین‌ون و همکاران، ۲۰۱۹؛ دینچر و دوگانای، ۲۰۱۷؛ سالاری و امیرتیموری، ۱۳۹۶؛ قنبری و همکاران، ۱۳۹۶؛ محبوبی و همکاران، ۱۳۹۲). نتایج پژوهش‌ها نشان می‌دهند استفاده از چندرسانه‌ای در آموزش علوم بر یادگیری دانش‌آموزان نیز مؤثر است (احمدی گل و حاتمی، ۱۳۹۵؛ توحیدی، ۱۳۸۷؛ چین‌ون و همکاران، ۲۰۱۹؛ دینچر و دوگانای، ۲۰۱۷؛ رابرتز، ۲۰۱۷؛ ضربیان، ۱۳۹۷؛ عبدی و محمدی، ۱۳۹۶؛ قربانی و همکاران، ۱۳۹۸؛ قنبری و همکاران، ۱۳۹۶). همچنین، اثربخشی استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای ون مرینوئر در بسیاری از پژوهش‌هایی که با یادگیری موضوعات پیچیده درگیر بوده‌اند، تأیید شده است (دهقان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶؛ سالاری و امیرتیموری، ۱۳۹۶؛ دهقان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۴؛ کولچو و همکاران، ۲۰۲۰؛ فریريجان و همکاران، ۲۰۱۹؛ مارتینو کاستا و لوباتو میراندا، ۲۰۱۹؛ ملو، ۲۰۱۸؛ مارچلیس و همکاران، ۲۰۱۸؛ دنیل و همکاران، ۲۰۱۸؛ لارموزو، الن، و دپه، ۲۰۱۸). پژوهش‌ها نشان می‌دهند استفاده از چندرسانه‌ای آموزشی باعث غنی‌شدن محیط یادگیری می‌شود و بر افزایش میزان انگیزه تحصیلی مؤثر است (اسماعیلی، ۱۳۹۷؛ ایمانی، ۱۳۹۶؛ باستیانس و مارتینز، ۲۰۰۷؛ بالکریشنن و شانمگام، ۲۰۱۹؛ تسانکوف و همکاران، ۲۰۱۶؛ حسین‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸؛ دینچر و دوگانای، ۲۰۱۷؛ صفری و همکاران، ۱۳۹۵).

یکی از دروس مهم در حوزه یادگیری و برنامه‌دستی دانش‌آموزان، درس علوم تجربی است که تعامل بالای بین عناصر و مفاهیم زیاد این درس، در هنگام یادگیری بار شناختی بالایی را در پی دارد و به‌عنوان مطلبی پیچیده، نیازمند به کارگیری اصولی است که در حین آموزش بر کنترل میزان بار شناختی توجه داشته باشند (توحیدی، ۱۳۸۷؛ توحیدی و نوروزی، ۱۳۸۶؛ عبدی، ۱۳۹۸). شیوه‌های آموزش سنتی در موضوعات یادگیری پیچیده کارایی ندارند و با افزایش بار شناختی به کاهش یادگیری در دانش‌آموزان منجر می‌شود (سالاری و امیرتیموری، ۱۳۹۶). همچنین، یکی از مهم‌ترین

1 Balakrishnan & Shanmugam

2 Tsankov, Voinohovska, & Dimitrov

3 Ibili

4 Chin, Wen, Ching, Huei, & Sie, Jih

5 Dinçer & Doğanay

6 Roberts

7 Kolcu, Öztürkçü, & Kaki

8 Frerejean, van Merriënboer, Kirschner, Roex, Aertgeerts, & Marcellis

9 Martino Costa & Loboto Miranda

10 Melo

11 Marcellis, Barendsen, & van Merriënboer

12 Daniel, Stojan, Wolff, Taqui, Glasgow, & Cassese

13 Earmuseau, Elen, & Depaepe

14 Bastiaen & Martens

اهداف آموزش علاوه بر بهبود یادگیری، تقویت انگیزش نسبت به یادگیری در دانش آموزان است. در بسیاری از مواردی که شاهد افت تحصیلی در دانش آموزان هستیم، علت اصلی آن فهم مطالب آموختنی نیست؛ بلکه بی‌انگیزگی به تحصیل است که به افت تحصیلی منجر شده است. علاوه بر این، بی‌انگیزگی موجب هدررفت منابع مالی و انسانی صرف شده در آموزش و پرورش می‌شود (تقی‌پور و همکاران، ۱۳۹۷). سریز^۱ (۲۰۲۰) به‌طور دائم، گزارش‌های روندهای مطالعه بین‌المللی ریاضیات و علوم تیمز (TIMSS)^۲ مربوط به عملکرد کشورها در ریاضی و علوم را منعکس می‌کند. برای جلوگیری از افزایش بار شناختی درس علوم به‌عنوان مطلبی پیچیده و همچنین افزایش میزان انگیزه تحصیلی دانش آموزان و باتوجه به نتایج آزمون تیمز (TIMSS) و رتبه پایین ایران در مقایسه با سایر کشورها در یادگیری درس علوم (توحیدی، ۱۳۸۷؛ ملانوری، ۱۳۹۸)، ضرورت دارد از تولید محتوا و چندرسانه‌های مناسب آموزشی برای ارتقای سطح یادگیری دانش آموزان و بهبود انگیزه آنان در این درس بهره گرفته شود (توحیدی، ۱۳۹۳). همچنین، با بهره‌گیری از روش‌های مناسب آموزشی نظیر روش چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) بار شناختی وارد بر حافظه فعال در حین یادگیری کاهش داده شود و در پایان باتوجه به مقاصد آموزشی وزارت آموزش و پرورش، مؤسسات آموزشی، مدارس، مؤلفین کتاب‌ها و نرم‌افزارهای آموزشی، دانش آموزان و معلمان از آن استفاده کنند.

در مطالعات تیمز (TIMSS) مربوط به سال ۲۰۱۱ تا ۲۰۱۵ متوسط عملکرد دانش آموزان ایرانی در درس علوم افت داشته است و حتی این نتایج در حد عملکرد سال ۲۰۰۳ تا ۲۰۰۷ بوده است که از مقیاس تیمز (TIMSS) پایین‌تر است و نشان می‌دهد هنوز میانگین عملکرد دانش آموزان ایرانی در این درس به‌طور معناداری از میانگین عملکرد سایر کشورهای شرکت‌کننده پایین‌تر است (ملانوری، ۱۳۹۸). گزارش مرحله مقدماتی آزمون تیمز (TIMSS) مربوط به سال ۲۰۱۹ نشان می‌دهد که متوسط درصد پاسخ دانش آموزان در مقایسه با میانگین کشورهای شرکت‌کننده ۲۰ درصد تا ۳۰ درصد پایین‌تر است. نتایج این مطالعه نشان داد درصد پاسخ دانش آموزان ایرانی به‌طور متوسط بین ۳۰ درصد است؛ درحالی‌که سایر کشورها حدود ۴۵ درصد و کشورهای بالای جدول نظیر سنگاپور و کره تا ۷۰ درصد پاسخ‌گو بوده‌اند (نقل از واحد اشاعه و کاربست یافته‌های پژوهشی، ۱۳۹۸). این مسئله اهمیت نقش معلم، نگرش مثبت به موضوع درسی و استفاده از الگوهای تدریس فعال در آموزش و پرورش برای یادگیری عمیق و مؤثر در دانش آموزان را نشان می‌دهد (مرکز مطالعات تیمز (TIMSS) و پیشرفت در مطالعه بین‌المللی سواد خواندن پرلز (PIRLS)^۳، ۲۰۰۶، ۲۰۰۷؛ نقل از عبدی و رستمی، ۱۳۹۶).

در ایران معلمان برای تدریس درس علوم تجربی عمدتاً از روش سنتی و آموزش معلم‌محور استفاده می‌کنند که این موضوع یکی از مهم‌ترین چالش‌های برنامه درسی علوم تجربی است (ملانوری، ۱۳۹۸). با استفاده از آموزش الکترونیک می‌توان برای افراد متفاوت باتوجه به تفاوت‌های فردی، محیط مطلوب یادگیری را ایجاد کرد. به‌کارگیری آموزش الکترونیک با فراهم کردن محیطی غنی و همراه با تعامل بالای فراگیران، توانسته بسیاری از ناکارآمدی‌های نظام‌های آموزشی سنتی گذشته را رفع کند و کاهش هزینه‌های آموزشی، بهبود عملکرد و بهره‌وری و همچنین ایجاد فرصت به روزسازی دانش را موجب شده است. پژوهش‌های اخیر تأثیر آموزش مبتنی بر چندرسانه‌ای به بهبود درک مطلب و یادداری فراگیران را تأیید می‌کنند (بادله، ۱۳۹۶). با اینکه ظهور فناوری‌های نوین آموزشی با امکان دسترسی آسان به رایانه در مدارس، شرایط بهره‌گیری از چندرسانه‌ای‌ها را آسان کرده است، یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهد همه

1SERIES

2Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)

3Progress in International Reading Literacy Study (PIRLS)

محصولات آموزش الکترونیکی موجود در بازار، برای تدریس و یادگیری مناسب نیستند و معلم ناچار است از میان آنها دست به انتخاب بزند و یا متناسب با اهداف آموزشی به تولید محتوای الکترونیک پردازد؛ زیرا نتایج یافته‌های پژوهشی نشان می‌دهند این رسانه‌ها با شیوه نامناسب طراحی و تدوین شده‌اند و برای سال‌ها به روزرسانی نشده‌اند (کیایی، ۱۳۹۵). دراصل این الگو با توجه به چهارچوب محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای و اصول آموزش مجازی تدوین شده بود (ون مرینبوئر، ۱۹۹۹؛ ون مرینبوئر و کستر، ۲۰۰۵)؛ بنابراین، در پژوهش حاضر، این چهارچوب آموزش مجازی را با استفاده از این الگو اقتباس کرده است و در تدوین محتوا روش ارائه در قالب چندرسانه‌ای را مد نظر قرار داده است. هدف پژوهش، بررسی اثربخشی آموزش علوم به روش چندرسانه‌ای با استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر بر بار شناختی، یادگیری، و انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان دختر پایه ششم ابتدایی است و فرضیه پژوهش این است که آموزش علوم به روش چندرسانه‌ای با استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر بر بار شناختی، یادگیری، و انگیزه تحصیلی اثربخش است.

روش

روش پژوهش شبه آزمایشی از نوع پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل به همراه مرحله پیگیری است. جامعه آماری شامل تمامی دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی دبستان‌های دخترانه شهر کرمان در سال تحصیلی ۹۹-۱۳۹۸ بود که از بین آنها ۶۴ دانش‌آموز (۳۳ نفر در گروه آزمایش و ۳۱ نفر در گروه کنترل) در رده سنی ۱۱ تا ۱۳ با میانگین سنی ۱۲/۵۳ و انحراف معیار ۰/۰۶۲ به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای و درون دو خوشه آخر به صورت تصادفی ساده انتخاب شدند.

ابزارهای اندازه‌گیری: ابزار پژوهش شامل پرسشنامه استاندارد انگیزش تحصیلی هارتر، پرسشنامه استاندارد سنجش بار شناختی پاس، آزمون پژوهشگر ساخته یادگیری و یادداری، و نرم‌افزار آموزشی پژوهشگر ساخته بود.

پرسشنامه استاندارد انگیزش تحصیلی هارتر (۱۹۸۱) خاص دانش‌آموزان شامل ۳۳ گویه برای بررسی انگیزش تحصیلی در مقیاس پنج‌تایی لیکرت از هیچ‌وقت (۱) تا تقریباً همیشه (۵) است. شیوه نمره‌گذاری در سؤال‌های ۳، ۴، ۵، ۹، ۱۰، ۱۵، ۱۶، ۱۹، ۲۱، ۲۷ و ۳۱ معکوس است. سؤال‌هایی نظیر «دوست دارم در مدرسه تا می‌توانم یاد بگیرم»، «من مسائل دشوار را دوست دارم، چون از حل آنها لذت می‌برم» و «به کارهای سخت علاقه دارم، چون توانایی‌های خودم را می‌توانم آزمایش کنم» در این پرسشنامه گنجانده شد. پایایی پرسشنامه را هارتر به روش کودر-ریچاردسون بین ۰/۵۴ تا ۰/۸۴ به دست آورده است. ظهیری و رجیبی (۱۳۸۸) روایی پرسشنامه را مطلوب برآورد کردند و پایایی را توسط آلفای کرونباخ، ۰/۹۲ به دست آوردند. در پژوهش حاضر، روایی صوری پرسشنامه با استفاده از نظر متخصصان مقدار ۰/۶۳ محاسبه شد و پایایی پرسشنامه با استفاده از همسانی درونی به روش آلفای کرونباخ، مقدار ۰/۶۸ به دست آمد.

پرسشنامه سنجش بار شناختی پاس^۱ (CLSRS) (۱۹۹۲) با چهار گویه در مقیاس لیکرت نه‌درجه‌ای از آسان آسان (۱) تا بیش از حد سخت (۹) و با سؤال‌هایی «نظیر فهم و درک مطالب ارائه‌شده برای شما چقدر دشوار بود؟» و «برای خواندن و فهمیدن مطالب ارائه‌شده چقدر انرژی صرف کردید؟» بار شناختی را سنجش کرد. روایی درونی پرسشنامه با آلفای کرونباخ ۰/۹۰ و پایایی آن با روش آلفای کرونباخ ۰/۸۲ گزارش شد. گفتنی است که برای طرح‌های آزمایشی

در دستورالعمل پرسشنامه، مرحله پیش‌آزمون وجود ندارد (سالاری و امیرتیموری، ۱۳۹۶). در پژوهش حاضر، روایی صوری پرسشنامه با استفاده از نظر متخصصان مقدار ۰/۷۸ محاسبه شد و پایایی پرسشنامه با استفاده از همسانی درونی به روش آلفای کرونباخ مقدار ۰/۵۴ به دست آمد.

آزمون یادگیری و یادداری درس سفر انرژی علوم دارای ۲۰ گویه چهارگزینه‌ای را پژوهشگر ساخت. هر گویه ارزشی برابر با یک امتیاز داشت و برای هر سؤال نمره منفی در نظر گرفته نشد. با استفاده از سؤال‌هایی نظیر «تبدیل انرژی در هنگام دویدن به چه صورت است؟ (۱- حرکتی به شیمیایی، ۲- شیمیایی به حرکتی، ۳- حرکتی به حرکتی، ۴- شیمیایی به شیمیایی)» و «انرژی پتانسیل شیمیایی در کدام مورد زیر وجود ندارد؟ (۱- بنزین داخل خودرو، ۲- کوهنورد در قله کوه، ۳- باتری داخل کنترل، ۴- گوشت مرغ در غذا)» میزان یادگیری سنجیده شد. روایی صوری این آزمون با استفاده از صاحب‌نظران (سرگروه‌های درس علوم) به این صورت محاسبه شد که برای هر سؤال آزمون از متخصصان درخواست شد مناسب بودن هر سؤال را در طیف پنج‌تایی از بسیار مناسب (۵) تا بسیار نامناسب (۱) علامت بزنند که در نهایت ۰/۸۷ به دست آمد. پایایی آزمون با استفاده از همسانی درونی به روش آلفای کرونباخ مقدار ۰/۵۷ به دست آمد. پس از اجرای مقدماتی و تعیین ضریب دشواری و ضریب تمیز برای هر سؤال آزمون یادگیری و یادداری درس سفر انرژی علوم به شکل نهایی تدوین و اجرا شد.

روش اجرا

برای تدوین محتوای درس سفر انرژی، از الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر (تکالیف یادگیری، اطلاعات پشتیبان، اطلاعات به‌موقع و تمرین خرده‌تکالیف‌ها) اقتباس شد (ون مرینبوئر، ۱۹۹۷، ۲۰۱۲؛ ون مرینبوئر و کستر، ۲۰۰۵). برخی از این تصاویر در پیوست موجود است.

الگوی موازی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر و الگوی استفاده‌شده برای تدوین محتوای آموزش درس سفر انرژی در این پژوهش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱: اقتباس از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر برای تدوین محتوای آموزش درس سفر انرژی

کار	الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر	اقتباس از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر
تکالیف یادگیری	تکالیف درست با هدف یکپارچگی مهارت، دانش و نگرش	مفهوم انرژی، منابع انرژی، صورت‌های انرژی، ذخیره انرژی، تبدیل انرژی، اندازه‌گیری انرژی
اطلاعات پشتیبان	اطلاعات مفید یادگیری، حل مسئله و استدلال	تأکید بر مطالب کلیدی، ارائه مثال با استفاده از صدا و تصویر انیمیشن و فیلم
اطلاعات به‌موقع یادگیری	اطلاعات لازم یادگیری و انجام جنبه‌های معمول تکالیف یادگیری	ارائه آموزش در گام‌های جانبی با استفاده از صدا و تصویر، انیمیشن و فیلم
تمرین خرده‌تکالیف‌ها	ارتقای یادگیرنده به سطح بالای خودکاری	حل مسئله (ارزشیابی گام‌به‌گام) و ارائه بازخورد در هر گام ارزشیابی

برای اجرای آموزش برخط درس به تدوین یک نرم‌افزار (چندرسانه‌ای) نیاز بود. برای ساخت نرم‌افزار آموزشی ابتدایی از نرم‌افزار گرافیکی سینکست به‌عنوان آموزش چندرسانه‌ای و برای تدوین محتوا از چهارچوب محتوایی کتاب

درسی علوم پایه ششم ابتدایی، درس سفر انرژی در سال تحصیلی ۹۸-۱۳۹۹ براساس الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه ای ون مرینبوئر (4C/ID) استفاده شد. طراحی و تدوین نرم‌افزار با همکاری فرد متخصص (نجفی‌زاده، ۱۳۹۹) زیر نظر پژوهشگر انجام شد. روایی صوری محتوایی نرم‌افزار را هشت آموزگار پایه ششم ابتدایی و استادان راهنما و مشاور بررسی و تأیید کردند. محتوای آموزشی در ۱۰ قسمت تدوین شده است و دانش‌آموز براساس سرعت شخصی و در زمان دلخواه با توجه به لینکی که در اختیار داشت، می‌توانست مطالب را مطالعه کند. برای اتمام محتوا تعداد جلسات خاص و محدودیت زمانی خاصی وجود نداشت. با وجود دربرداشتن بخش‌های ارزشیابی به‌عنوان بخش‌های اساسی آموزش چندرسانه‌ای و آموزش مجازی، برای همکاری با پژوهشگر دانش‌آموزان پیش‌آزمون را اجرا کردند.

نظر به اینکه شیوع ویروس کووید-۱۹ در ایران، در تاریخ ۹۸/۱۱/۳۰ رسماً اعلام شد و موجب تعطیلی مدارس در سراسر کشور شد، اجرای آموزش در قالب لینک برخط آدر اختیار یادگیرندگان قرار گرفت و اجرای آموزش به‌صورت مجازی با استفاده از لینک در هر ساعتی به اختیار خود یادگیرنده انجام شد؛ ولی شرط آموزش در همان روز بعد از برقراری لینک بود. بلافاصله پس از آموزش اجرای آزمون (سنجش میزان یادگیری) با استفاده از آزمون پیشرفت تحصیلی سفر انرژی و در ادامه اجرای پرسشنامه‌های انگیزه تحصیلی و بار شناختی با استفاده از لینک صورت گرفت. آموزش با چندرسانه‌ای مبتنی بر الگوی چهارمؤلفه‌ای ون مرینبوئر (4C/ID) گروه آزمایش بود که با استفاده از نرم‌افزار پژوهشگر ساخته آموزش دیدند و آموزش به‌روش سنتی (گروه کنترل) آموزش حضوری توسط معلم بود (چون برخلاف شیوع ویروس کووید-۱۹ برخی مدارس به دلیل شرایط غیربحرانی باز بودند).

خلاصه، برای تعیین میزان اثربخشی این آموزش بر یادگیری، انگیزه تحصیلی و بار شناختی، این مراحل اجرا شد: اجرای پیش‌آزمون، اعمال متغیر مستقل یا آموزش با چندرسانه‌ای مبتنی بر الگوی چهارمؤلفه‌ای ون مرینبوئر (4C/ID)، اجرای پس‌آزمون و اجرای پس‌آزمون در مرحله پایان آموزش. مرحله پیگیری پس از گذشت دو هفته پس‌آزمون مجدد در قالب آزمون پیشرفت تحصیلی پژوهشگر ساخته اجرا شد. ملاک ورود به آزمایش رضایت والدین و دانش‌آموزان، تحصیل در مقطع دبستان سال ششم ابتدایی، نداشتن مطالعه قبلی درس سفر انرژی و تمایل به همکاری در مشارکت به شیوه مجازی بود. ملاک خروج، داشتن حتی یک جلسه غیبت، نداشتن تمایل به مشارکت به‌روش آموزش مجازی و نداشتن تمایل به ادامه همکاری به‌هر دلیل بود. تصاویری از این نرم‌افزار در پیوست ارائه شده است.

محتوای آموزش درس انرژی علوم پایه ششم ابتدایی در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: شرح جلسات آموزش نرم‌افزار مبتنی بر الگوی چهارمؤلفه‌ای ون مرینبوئر (4C/ID)

محتوای درس		محتوا برای ایجاد انگیزه	
۱ طرح سؤال	۳ مفهوم انرژی	۵ منابع انرژی	۷ تبدیل انرژی
۲ طرح سؤال بار شناختی	۴ ذخیره انرژی	۶ صورت‌های انرژی	۸ اندازه‌گیری انرژی
		۹ حل مسئله	۱۰ بازخورد

برای تحلیل داده‌ها از روش تحلیل اندازه‌گیری مکرر به کمک نرم‌افزار SPSS نسخه ۲۱ استفاده شد.

یافته‌ها

در جدول ۳ با توجه به دستورالعمل اجرا چون ابزار بار شناختی پیش‌آزمون ندارد، نتایج یافته‌های توصیفی نظیر میانگین، انحراف استاندارد، حداقل، حداکثر و شاخص‌های توزیع کجی و کشیدگی بدون این شاخص ارائه شده است.

جدول ۳: مقادیر شاخص‌های توصیفی در متغیرهای پژوهش

متغیر	مرحله آزمون	گروه	میانگین	انحراف استاندارد	حداقل	حداکثر	کجی	کشیدگی
بار شناختی	پیش‌آزمون	آزمایش	-	-	-	-	-	-
		کنترل	-	-	-	-	-	-
	پس‌آزمون	آزمایش	۱۱/۴۲	۰/۵۳	۵	۱۷	-۰/۱۱	-۰/۷۹
		کنترل	۱۵/۶۱	۰/۷۶	۷	۲۶	۰/۲۵	۰/۱۵
یادگیری	پیش‌آزمون	آزمایش	۱۰/۵۴	۰/۶۰	۵	۱۷	۰/۰۱	-۱/۱۴
		کنترل	۱۵/۶۷	۰/۷۷	۷	۲۶	۰/۲۴	-۰/۰۱
	پس‌آزمون	آزمایش	۹/۱۵	۰/۶۳	۱	۱۹	۰/۵۰	۱/۱۸
		کنترل	۱۰/۵۴	۰/۶۱	۴	۱۷	-۰/۳۲	-۰/۶۲
انگیزه تحصیلی	پیش‌آزمون	آزمایش	۱۳/۶۰	۰/۵۸	۷	۲۰	-۰/۲۳	-۰/۲۱
		کنترل	۱۰/۴۱	۰/۵۱	۵	۱۶	-۰/۲۷	-۰/۷۲
	پس‌آزمون	آزمایش	۱۳/۵۱	۰/۶۰	۶	۲۰	-۰/۲۸	-۰/۱۰
		کنترل	۱۰/۵۸	۰/۵۶	۴	۱۹	-۰/۱۰	۱/۱۰
	پیش‌آزمون	آزمایش	۱۱۰/۷۲	۲/۰۳	۷۹	۱۲۹	-۱/۱۷	۱/۰۹
		کنترل	۱۱۰/۱۳	۲/۴۹	۸۳	۱۴۱	۰/۰۲	-۰/۳۷
پس‌آزمون	آزمایش	۱۱۹/۷۵	۲/۳۵	۸۴	۱۴۰	-۰/۷۸	-۰/۴۰	
	کنترل	۱۱۰/۹۷	۲/۳۹	۷۴	۱۴۲	-۰/۱۲	۰/۸۹	
پیش‌آزمون	آزمایش	۱۱۷/۷۲	۲/۶۶	۸۵	۱۴۰	-۰/۵۱	۰/۵۵	
	کنترل	۱۱۰/۱۹	۱/۳۶	۷۸	۱۳۶	-۰/۲۴	۰/۳۰	

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد در مرحله پس‌آزمون، گروه آزمایش در بار شناختی دارای میانگین ۱۱/۴۲ و انحراف معیار ۰/۵۳ ($M = 11/42, SD = 0/53$) و گروه کنترل دارای میانگین ۱۵/۶۱ و انحراف معیار ۰/۷۶ ($M = 15/61, SD = 0/76$) است. در گروه آزمایش در یادگیری مفاهیم درس انرژی، دارای میانگین ۹/۱۵ و انحراف معیار ۰/۶۳ ($M = 9/15, SD = 0/63$) و گروه کنترل دارای میانگین ۱۰/۵۴ و انحراف معیار ۰/۶۱ ($M = 10/54, SD = 0/61$) است؛ اما در مرحله پس‌آزمون در گروه آزمایش در یادگیری مفاهیم درس انرژی دارای میانگین ۱۳/۶۰ و انحراف معیار ۰/۵۸ ($M = 13/60, SD = 0/58$) و گروه کنترل دارای میانگین ۱۰/۴۱ و انحراف معیار ۰/۵۱ ($M = 10/41, SD = 0/51$) است. در گروه آزمایش در انگیزه تحصیلی، دارای میانگین ۱۱۰/۷۲ و انحراف معیار ۲/۰۳ ($M = 110/72, SD = 2/03$) و گروه کنترل دارای میانگین ۱۱۰/۱۳ و انحراف معیار ۲/۴۹ ($M = 110/13, SD = 2/49$) است.

و انحراف معیار $2/49$ ($SD = 2/49$, $M = 110/13$) است؛ اما در مرحله پس‌آزمون در گروه آزمایش در انگیزه تحصیلی دارای میانگین $119/75$ و انحراف معیار $2/35$ ($SD = 2/35$, $M = 119/75$) و گروه کنترل دارای میانگین $110/97$ و انحراف معیار $2/39$ ($SD = 2/39$, $M = 110/97$) است.

برای بررسی مفروضه‌های اندازه‌گیری مکرر، به منظور بررسی نرمال بودن داده‌ها، نتایج همین جدول نشان می‌دهد شاخص‌های کجی^۱ و کشیدگی^۲ متغیرها بین ± 2 است که شاخص مطلوبیت وضعیت متغیرها برای انجام آزمون‌های پارامتری است. سایر مفروضه‌ها نظیر همسانی ماتریس‌های واریانس-کوواریانس، همگنی واریانس‌های خطا، یکسان بودن واریانس تفاوت بین ترکیب‌های مربوط به گروه‌ها (کرویت) بررسی شدند و مشخص شد که برقرار بودند. برای بررسی اثربخشی آموزش چهارمؤلفه‌ای ون مرینبوئر در علوم با استفاده از روش چندرسانه‌ای بر متغیرهای پژوهش، باتوجه به معنادار نشدن فرض یکسانی واریانس تفاوت بین ترکیب از آزمون تصحیح گرینهاوس-گیزر استفاده شد. نتایج آزمون گرینهاوس-گیزر در جدول ۴ نشان داده شده است.

جدول ۴: نتایج آزمون تعدیل یافته با استفاده از آزمون گرینهاوس-گیزر

**	مجموع مجذورات	df	میانگین مجموع مجذورات	F	معناداری	مجذوراتا
زمان	۱۲۲۷۷۱۸/۰۰۹	۲/۲۰	۵۵۶۱۳۳/۰۲	۲۷۴۹/۲۵	۰/۰۰۰۱	۰/۹۷۸
زمان* گروه	۲۸۷۶/۹۶	۲/۲۰	۱۳۰۳/۲۰	۶/۴۴	۰/۰۰۱	۰/۰۹۴

بر اساس نتایج جدول ۴ بر اثر مداخله، نمرات مشارکت کنندگان در مرحله پس‌آزمون و پیگیری در گروه آزمایش به صورت معناداری نسبت به گروه کنترل تغییر کرده است ($F = 2749/25$, $p = 0/0001$, $\eta^2 = 0/97$). یعنی بین نمرات پس‌آزمون و پیگیری در بار شناختی، یادگیری و انگیزه تحصیلی نسبت به مرحله پیش‌آزمون تفاوت معناداری وجود دارد؛ بنابراین، میانگین نمرات پس‌آزمون گروه آزمایش به‌طور معناداری در بار شناختی، یادگیری و انگیزه تحصیلی متفاوت با گروه کنترل است. به عبارتی، می‌توان گفت آموزش چهارمؤلفه‌ای ون مرینبوئر در علوم با استفاده از روش چندرسانه‌ای به شکل معناداری موجب کاهش در بار شناختی شده است و از طرف دیگر، باعث بهبود یادگیری و افزایش انگیزه تحصیلی دانش‌آموزان شده است. پس می‌توان چنین استدلال کرد که بین گروه آزمایش و گروه کنترل در بار شناختی، یادگیری و انگیزه پیشرفت تفاوت معناداری وجود دارد و آموزش چهارمؤلفه‌ای ون مرینبوئر در علوم با استفاده از روش چندرسانه‌ای بر بار شناختی، یادگیری و انگیزه تحصیلی تأثیر گذار است.

با در نظر گرفتن دستورالعمل اجرای آزمون که بار شناختی پیش‌آزمون ندارد، نتایج اجرای آزمون اندازه‌گیری مکرر برای اثرهای درون‌گروهی و بین‌گروهی بار شناختی، یادگیری و انگیزه تحصیلی در جدول ۵ ارائه شده است.

1skewness

2kurtosis

3Greenhouse-Geisser correction

جدول ۵: نتایج تحلیل اندازه گیری مکرر اثر درون گروهی و بین گروهی بارشناختی، یادگیری و انگیزه تحصیلی

متغیر	مجموع مجذورات	df	میانگین مجموع مجذورات	F	معناداری	اثر اندازه
زمان	۵/۲۹	۱	۵/۲۹	۳/۵۴	۰/۰۴	۰/۴۴
	خطا	۶۲	۱۱۵/۶۹			
زمان* گروه	۷/۱۱	۱	۷/۱۱	۲/۶۸	۰/۰۵	۰/۵۸
	خطا	۶۲	۱۱۵/۶۹			
بار شناختی	۶۹۴/۳۱	۱	۶۹۴/۳۱	۲۵/۹۵	۰/۰۰۰۱	۰/۲۹
	خطا	۶۲	۱۶۵۷/۶۷			
زمان	۴۸/۲۳	۱	۴۸/۲۳	۲۹/۴۸	۰/۰۰۰۱	۰/۳۲
	خطا	۶۲	۱۰۱/۴۲			
زمان* گروه	۶۲/۲۹	۱	۶۲/۲۹	۳۸/۰۸	۰/۰۰۰۱	۰/۳۸
	خطا	۶۲	۱۰۱/۴۲			
یادگیری	۱۱۹/۰۱	۱	۱۱۹/۰۱	۴/۱۷	۰/۰۴	۰/۰۶
	خطا	۶۲	۱۷۶۹/۲۶			
زمان	۴۲۷/۸۹	۱	۴۲۷/۸۹	۶/۷۶	۰/۰۱	۰/۱۰
	خطا	۶۲	۲۳۳۹/۵۳			
زمان* گروه	۲۳۷/۷۹	۱	۲۳۷/۷۹	۳/۷۵	۰/۰۵	۰/۰۶
	خطا	۶۲	۲۳۳۹/۵۳			
انگیزه تحصیلی	۱۶۷۴/۵۸	۱	۱۶۷۴/۵۸	۳/۹۷	۰/۰۵	۰/۰۶
	خطا	۶۲	۲۶۱۴۱/۷۵			

نتایج جدول ۵ نشان می دهد در بار شناختی در دو مرحله پس آزمون و پیگیری تفاوت معناداری بین دو گروه آزمایش و کنترل وجود دارد ($F_{1,62} = 2/68, p = 0/05$) و در تعامل دو گروه تفاوت درخور مشاهده است و میانگین نمرات گروه آزمایش در پس آزمون و پیگیری به طور معناداری کمتر از گروه کنترل است ($F_{1,62} = 25/95, p = 0/05$). براساس همین جدول، در یادگیری همچنین تفاوت معناداری بین دو گروه آزمایش و کنترل وجود دارد ($F_{1,62} = 62/29, p = 0/0001$) و تفاوت بین گروه ها معنادار است ($F_{1,62} = 4/17, p = 0/04$). در انگیزه تحصیلی نیز تفاوت معناداری بین دو گروه آزمایش و کنترل وجود دارد ($F_{1,62} = 3/75, p = 0/05$) و تفاوت بین گروه ها معنادار است ($F_{1,62} = 3/97, p = 0/05$)؛ بنابراین، می توان گفت آموزش چند رسانه ای با استفاده از الگوی چهارمؤلفه ای (4C/ID) ون مرینبوئر موجب کاهش بار شناختی، افزایش یادگیری و انگیزه تحصیلی در گروه آزمایش می شود.

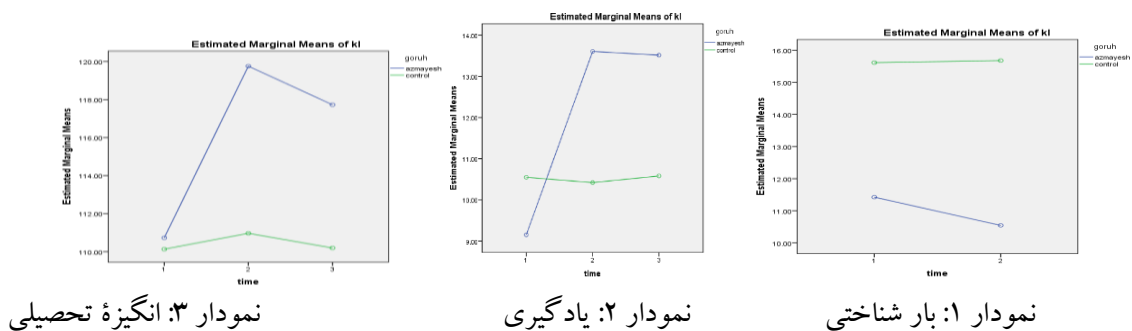
با استفاده از آزمون تعقیبی بونفرنی مقایسه دوه دوی گروه ها در جدول ۶ آورده شده است.

جدول ۶: مقایسه دویهدو گروه‌ها در بار شناختی، یادگیری و انگیزه تحصیلی

متغیر	مرحله آزمون		تفاوت میانگین‌ها	خطای معیار	معناداری	سطح اطمینان ۰/۹۵	
	پس آزمون	پیش آزمون				حد بالا	حد پایین
بار شناختی	پس آزمون	پیش آزمون	-۴/۶۶	۰/۹۱	۰/۰۰۰۱	-۶/۴۸	-۲/۸۳
	پس آزمون	پیش آزمون	-۲/۱۶	۰/۳۱	۰/۰۰۰۱	-۲/۹۳	-۱/۳۹
	پس آزمون	پیش آزمون	-۲/۱۹	۰/۳۲	۰/۰۰۰۱	-۲/۹۹	-۱/۳۹
یادگیری	پس آزمون	پیش آزمون	۲/۱۶	۰/۳۱	۰/۰۰۰۱	۱/۳۹	۲/۹۳
	پس آزمون	پیش آزمون	-۰/۰۳	۰/۱۷	۱	-۰/۴۷	۰/۴۰
	پس آزمون	پیش آزمون	۲/۱۹	۰/۳۱	۰/۰۰۰۱	۱/۳۹	۲/۹۹
انگیزه تحصیلی	پس آزمون	پیش آزمون	-۴/۹۳	۱/۵۹	۰/۰۰۰۹	-۸/۸۵	-۱/۰۱
	پس آزمون	پیش آزمون	-۲/۵۳	۱/۴۳	۰/۰۴	-۷/۰۵	-۰/۰۰۸
	پس آزمون	پیش آزمون	۴/۹۳	۱/۵۹	۰/۰۰۰۹	۱/۰۱	۸/۸۵
	پس آزمون	پیش آزمون	۱/۴۰	۱/۲۰	۰/۷۴	-۱/۵۶	۴/۳۷
	پس آزمون	پیش آزمون	۳/۵۳	۱/۴۳	۰/۰۴	۰/۰۰۸	۷/۰۵
	پس آزمون	پیش آزمون	-۱/۴۰	۱/۲۰	۰/۷۴	-۴/۳۷	۱/۵۶

در جدول ۶ باتوجه به اینکه اجرای ابزار بار شناختی مرحله پیش آزمون ندارد، نتایج نشان می‌دهند نمرات بار شناختی در گروه آزمایش در دو مرحله پس آزمون و پیگیری نسبت به گروه کنترل کاهش معناداری دارد ($p = ۰/۰۰۰۱$) و ثبات نمرات گروه آزمایش در این دو مرحله نشان‌دهنده پایداری مداخله آموزشی با استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینوئر در کاهش بار شناختی است ($p = ۰/۰۰۰۱$). براساس نتایج همین جدول، نمرات مشارکت کنندگان در یادگیری در گروه آزمایش در دو مرحله پس آزمون و پیگیری نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری دارد ($p = ۰/۰۰۰۱$) و ثبات نمرات گروه آزمایش در این دو مرحله از آزمون نشان‌دهنده پایداری مداخله آموزشی است ($p = ۱$). در انگیزه تحصیلی نیز در گروه آزمایش در هر دو مرحله نسبت به گروه کنترل افزایش معناداری وجود دارد ($p = ۰/۰۴$) و ثبات نمرات گروه آزمایش در دو مرحله آزمون نشان‌دهنده پایداری مداخله آموزشی است ($p = ۰/۷۴$).

نمودار ۱ تفاوت نمرات مشارکت کنندگان در بار شناختی را در مراحل پس آزمون (۱) و پیگیری (۲) نشان می‌دهد.



در نمودار ۱ دیده می‌شود که در بار شناختی بین پس‌آزمون (۱) و پیگیری (۲) تفاوت وجود ندارد (بار شناختی مرحله پیش‌آزمون ندارد). نمودارهای ۲ و ۳ تفاوت نمرات را در پیش‌آزمون (۱)، پس‌آزمون (۲) و پیگیری (۳) در یادگیری و انگیزه تحصیلی نشان می‌دهند. در نمودار ۲ و ۳ با مقایسه پس‌آزمون (۲) نسبت به پیش‌آزمون (۱) در گروه آزمایش نسبت به کنترل در یادگیری و انگیزه تحصیلی افزایش دیده می‌شود. مقایسه پس‌آزمون (۲) و پیگیری (۳) با هم پایداری اثربخشی آموزش چندرسانه‌ای با استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر را نشان می‌دهند.

بحث و نتیجه‌گیری

فرضیه «آموزش با استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر به‌روشن چندرسانه‌ای و مجازی بر کاهش بار شناختی اثر دارد»، تأیید می‌شود. این یافته با یافته‌های سالاری و امیرتیموری (۱۳۹۶) درباره تأثیر الگوی چهارمؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و یادگیری، قنبری و همکاران (۱۳۹۶) درباره اثرهای تبیین‌گری و دانش قبلی بر بار شناختی و یادگیری در یادگیری چندرسانه‌ای، محبوبی و همکاران (۱۳۹۲) درباره اثربخشی الگوی چهارمؤلفه‌ای بر بار شناختی و یادگیری در محیط‌های چندرسانه‌ای، چین‌ون و همکاران (۲۰۱۹) درباره دستاوردهای یادگیری، انگیزش ذاتی، بار شناختی در محیط بازی دیجیتال، ایبیلی (۲۰۱۹) درباره تأثیر واقعیت افزوده بر بار شناختی و انگیزه، و یافته‌های دینچر و دوگانای (۲۰۱۷) درباره تأثیر عوامل چندرسانه‌ای بر انگیزه و بار شناختی دانش‌آموزان هم‌خوان است. این یافته این‌گونه تبیین می‌شود: حافظه فعال انسان با محدودیت‌های ظرفیت و مصرف منابع شناختی روبه‌رو است. پژوهش‌های انجام‌شده درباره بار شناختی نشان داده‌اند در صورتی که بار شناختی بیشتر از ظرفیت حافظه فعال باشد، یادگیری موضوع دشوار خواهد بود و مانع از کسب طرح‌واره و خودکارشدن قاعده‌ها می‌شود. در نظریه بار شناختی سه منبع مؤثر بر حافظه فعال معرفی شده است: ۱. بار شناختی درونی ۲. بار شناختی بیرونی ۳. بار شناختی مطلوب، که از این بین، بار شناختی بیرونی تحت تأثیر طراحی آموزشی است و طراح آموزشی با انتخاب شیوه مناسب تدریس می‌تواند آن را کاهش دهد (سالاری و امیرتیموری، ۱۳۹۶). الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر با افزایش تدریجی بار شناختی واردشده از طریق توالی‌های کل کار، محدودیت ظرفیت پردازشی حافظه فعال را مورد توجه قرار می‌دهد و روش‌هایی برای تحلیل مهارت‌های پیچیده، تعیین ساختارهای شناختی لازم برای انجام آن مهارت‌ها و توسعه توالی مناسب از موقعیت‌های تمرین کامل کار که در حمایت از کسب آن مهارت و یادگیری است، توصیه می‌کند (عبدی و محمدی، ۱۳۹۶). علت بی‌تأثیر بودن تعداد زیادی از مواد آموزشی سنتی، بی‌توجهی به محدودیت‌های نظام پردازش اطلاعات انسان و ظرفیت پردازشی حافظه فعال است (سالاری و امیرتیموری، ۱۳۹۶). در آموزش به‌شیوه سنتی در نتیجه به کارنگرفتن الگوهای طراحی آموزشی متناسب با یادگیری موضوعات پیچیده، بار شناختی بیرونی که ناشی از نحوه ارائه مطالب یادگیری است، مضاعف می‌شود و به افزایش بار شناختی بر حافظه فعال یادگیرنده می‌انجامد؛ بنابراین، بهره‌گیری از شیوه‌ها و الگوهای مناسب آموزشی و همچنین به کارگیری رسانه‌های متنوع آموزشی، از ایجاد بار شناختی و محدودیت در حافظه کاری دانش‌آموزان در حین یادگیری جلوگیری می‌کند.

فرضیه اثر آموزش با استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر به‌روشن چندرسانه‌ای و مجازی بر یادگیری مفاهیم درس علوم مبحث سفر انرژی تأیید می‌شود. این یافته با یافته توحیدی (۱۳۸۷) و توحیدی و نوروزی

(۱۳۸۶) درباره مقایسه و اثربخشی رسانه‌های مختلف آموزشی بر مفهوم‌سازی، یافته حسین‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) درباره تأثیر طراحی چندرسانه‌ای بر یادگیری، یادداری و انگیزه پیشرفت تحصیلی، یافته ملانوری (۱۳۹۸) درباره مقایسه اثربخشی آموزش به‌روش‌های مولتی‌مدیا و سنتی بر یادگیری، یافته قربانی و همکاران (۱۳۹۸) درباره اثربخشی نرم‌افزار چندرسانه‌ای بر میزان پیشرفت تحصیلی، یافته دهقان‌زاده و همکاران (۱۳۹۶) درباره مقایسه اثربخشی الگوهای چهارمؤلفه‌ای، گانیه و روش مرسوم در یادگیری، یافته سالاری و امیر تیموری (۱۳۹۶) درباره بررسی تأثیر الگوی چهارمؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و یادگیری، یافته عبدی و محمدی (۱۳۹۶) درباره اثربخشی الگوی چهارمؤلفه‌ای مبتنی بر چندرسانه‌ای بر میزان یادگیری، یافته قنبری و همکاران (۱۳۹۶) درباره اثرهای تبیین‌گری و دانش قبلی بر بار شناختی و یادگیری در یادگیری چندرسانه‌ای، یافته احمدی گل و حاتمی (۱۳۹۵) درباره تأثیر آموزش چندرسانه‌ای بر میزان یادگیری، یافته دهقان‌زاده و همکاران (۱۳۹۴) درباره اثربخشی الگوی چهارمؤلفه‌ای مبتنی بر چندرسانه‌ای در یادگیری، یافته محبوبی و همکاران (۱۳۹۲) درباره اثربخشی الگوی چهارمؤلفه‌ای بر بار شناختی و یادگیری در محیط‌های چندرسانه‌ای، یافته کولچو و همکاران (۲۰۲۰) درباره ارزیابی یادگیری در یک دوره آموزشی براساس مدل چهارمؤلفه‌ای (4C/ID)، یافته فریريجان و همکاران (۲۰۱۹) درباره تأثیر طراحی مبتنی بر مدل چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) بر یادگیری، یافته مارتینو کاستا و لوباتو میراندا (۲۰۱۹) درباره تأثیر استفاده از نرم‌افزار مبتنی بر مدل چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) بر یادگیری، یافته چین‌ون و همکاران (۲۰۱۹) درباره دستاوردهای یادگیری، انگیزش ذاتی و بار شناختی در محیط بازی دیجیتال، یافته ملو (۲۰۱۸) درباره تأثیر استفاده از مدل چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) در یک محیط یادگیری دیجیتال بر یادگیری، یافته مارچلیس و همکاران (۲۰۱۸) درباره تأثیر استفاده از الگوی 4C/ID بر یادگیری، یافته دنیل و همکاران (۲۰۱۸) درباره تأثیر استفاده از مدل چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) در یادگیری، یافته لارموزو و همکاران (۲۰۱۸) درباره تأثیر ویژگی‌های شناختی و انگیزشی دانش‌آموزان در استفاده از محیط‌های یادگیری برخط مبتنی بر مدل چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) و افزایش یادگیری، یافته رابرتز (۲۰۱۷) مدل چهارمؤلفه‌ای آموزش چندرسانه‌ای در سخنرانی‌های HD، و یافته دینچر و دوگانای (۲۰۱۷) درباره تأثیر عوامل چندرسانه‌ای بر موفقیت تحصیلی، انگیزه و بار شناختی هم‌خوان است. این یافته این‌گونه تبیین می‌شود: در یادگیری موضوعات پیچیده، یادگیرندگان بین بخش‌های مختلف یادگیری ایجاد هماهنگی می‌کنند، آنها را به‌صورت یک کل تلفیق می‌کنند و در زندگی واقعی به کار می‌گیرند. یکی از الگوهای طراحی آموزشی که برای آموزش موضوعات پیچیده مانند درس علوم کاربرد دارد، الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) ون مرینبوئر است (دهقان‌زاده و همکاران، ۱۳۹۶). یکی از معیارها در انتخاب الگوهای طراحی آموزشی، سادگی یا پیچیدگی موضوع درسی است. موضوعات پیچیده بار شناختی بالا در حافظه فعال دارند و اگر بدون راهکار و شیوه مناسب ارائه شوند، با افزودن بار شناختی در یادگیرنده، در یادگیری وی اثرات منفی خواهند گذاشت (سالاری و همکاران، ۱۳۹۶). الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای به‌منظور طراحی برنامه‌های کارآموزی و آموزش موضوعات پیچیده طراحی شده است و روش‌هایی برای تحلیل مهارت‌های پیچیده، تعیین ساختارهای شناختی لازم برای انجام آن مهارت‌ها و توسعه توالی مناسب از موقعیت‌های تمرین کامل کار را توصیه می‌کند که در حمایت از کسب آن مهارت و یادگیری است (عبدی و محمدی، ۱۳۹۶). باتوجه‌به اینکه آموزش با استفاده از الگوی چهارمؤلفه‌ای (4C/ID) از الگوهای طراحی آموزشی مناسب برای آموزش موضوعات یادگیری پیچیده چون درس علوم است. انجام وظایف پیچیده

یادگیری، دانش آموز را ملزم می کند تا فعالانه در مهارت های مختلف حل مسئله شرکت کند؛ بنابراین، ضرورت دارد محیط های یادگیری طوری طراحی شوند که یادگیری پیچیده پشتیبانی شود. از جمله عوامل مؤثر بر اثربخشی محیط های یادگیری برای یادگیری پیچیده، شرایط بیرونی شامل طراحی آموزشی محیط یادگیری و شرایط درونی شامل ویژگی های شناختی، فراشناختی، عاطفی و انگیزشی فراگیران است (لارموزو و همکاران، ۲۰۱۹).

فرضیه اثر آموزش با استفاده از الگوی چهارمؤلفه ای (4C/ID) ون مرینبوئر به روش چندرسانه ای و مجازی بر انگیزه تحصیلی تأیید می شود. این یافته با یافته های حسین زاده و همکاران (۱۳۹۸) درباره تأثیر طراحی چندرسانه ای بر یادگیری، یادداری و انگیزه پیشرفت تحصیلی، اسماعیلی (۱۳۹۷) درباره تأثیر استفاده از چندرسانه ای بر یادگیری و انگیزش پیشرفت تحصیلی، ایمانی (۱۳۹۶) درباره تأثیر نرم افزار چندرسانه ای بر پیشرفت تحصیلی و انگیزه، صفری و همکاران (۱۳۹۵) درباره ارتقای انگیزش پیشرفت با استفاده از روش چندرسانه ای، دینچر و دوگانای (۲۰۱۷) درباره تأثیر عوامل چندرسانه ای بر موفقیت تحصیلی، انگیزه و بار شناختی، تسانکوف و همکاران (۲۰۱۶) در پژوهش درباره اثربخشی چندرسانه ای بر انگیزه، باستانس و مارتینز (۲۰۰۷) درباره اثرات انگیزشی یادگیری مبتنی بر 4C/ID هم خوان است. این یافته این گونه تبیین می شود: لزوم توجه به انگیزش از جمله عوامل بسیار مهم است که در محیط های سنتی آموزشی به آن کم توجهی شده است. در صورتی که فراگیران در محیطی قرار بگیرند که با فعالیت های یادگیری مواجه شوند و انجام تکالیف واقعی در هنگام یادگیری حائز اهمیت باشد، انگیزه تحصیلی افزایش می یابد. محیط های یادگیری پیچیده بدون جداسازی مهارت ها، دانش و نگرش ها از یکدیگر فراگیر را به سوی توسعه و گسترش یک مبنای دانش یکپارچه سوق می دهند که این موضوع به بهبود هماهنگ نگرش، مهارت ها و دانش در فراگیر منجر می شود (سیلان، ۱۳۹۲). همچنین، از جمله راهکارهای ایجاد انگیزه در دانش آموزان تجربه و تماس مستقیم با مطالب درسی، جلوگیری از مقایسه دانش آموزان، برقراری ارتباط بین مفاهیم درسی با واقعیات زندگی، استفاده از علائق یادگیرنده، درآمیختن درس با تفریح و بازی و... است که این موضوعات در یادگیری با استفاده از چندرسانه ای آموزشی قابلیت اجرای بیشتری نسبت به یادگیری به شکل معمول دارند (گلزار مقدم، ۱۳۹۳).

نتیجه گرفته می شود که به کارگیری الگوی چهارمؤلفه ای (4C/ID) ون مرینبوئر در امر آموزش از راه دور با توجه به ماهیت چندرسانه ای آن بر کاهش بار شناختی، یادگیری مفاهیم علوم و انگیزه تحصیلی اثربخشی مثبت دارد. در روند آموزش مجازی و در بعد زمانی خاصی که ایران در حال حاضر در آن قرار دارد و در حال دست و پنجه نرم کردن با مشکلات آموزشی برگرفته از ویروس کووید-۱۹ است، الگوی چهارمؤلفه ای (4C/ID) ون مرینبوئر می تواند ابزاری مناسب برای کاهش بار شناختی و افزایش توانایی های علمی و انگیزشی دانش آموزان و بهبود کیفیت نظام آموزشی کشور باشد. یافته های این پژوهش از دو جنبه کاربردهای نظری و عملی درخور توجه هستند. از جنبه نظری، انجام پژوهش هایی در این زمینه می تواند بدنه علمی نظام آموزش و پرورش را غنای بیشتری ببخشد. از جنبه عملی، با توجه به اثربخشی مطلوب مشاهده شده، نتایج این پژوهش می تواند مورد توجه دست اندر کاران نظام آموزش و پرورش، متخصصان حوزه یادگیری، معلمان و مربیان و سایر نظام های مرتبط به آموزش و یادگیری قرار گیرد و با بهره گیری از آموزش چندرسانه ای و گسترش آن، میزان یادگیری و انگیزه تحصیلی یادگیرندگان را در مفاهیم و دروس پیچیده ای چون درس علوم بهبود و افزایش دهند و موجب کاهش بار شناختی بیرونی حاصل از شیوه تدریس شوند.

در پژوهش حاضر محدودیت‌هایی وجود داشت: مشارکت کنندگان فقط یادگیرندگان دختر پایه ششم مقطع ابتدایی و در شهر کرمان بودند و پژوهش محدود به درس علوم بود. محدودیت اصلی پژوهش، تعطیل شدن مدارس به علت شیوع ویروس کووید-۱۹ در ایران در تاریخ ۱۳۹۸/۱۱/۳۰ بود که ظرف چند روز موجب تعطیلی کامل مدارس سراسر کشور شد و اجرای پژوهش با موانع و مشکلاتی مواجه شد. پیشنهادهای پژوهش عبارت‌اند از: اجرای پژوهش مشابه با نمونه بزرگ‌تر، اجرای پژوهش مشابه در مدارس پسرانه و در سایر شهرها و اجرای پژوهش مشابه در سایر دروس و در سایر مقاطع تحصیلی و تشکیل کارگاه‌ها و ارائه دوره‌های ضمن خدمت برای آموزش تدوین و استفاده از چندرسانه‌ای آموزشی به معلمان و کسانی که در امر آموزش و یادگیری نقش دارند.

منابع

- احمدی گل، جعفر. و حاتمی، جواد. (۱۳۹۵). تأثیر آموزش از طریق چندرسانه‌ای بر میزان یادگیری درس زیست‌شناسی. فصلنامه فناوری آموزش و یادگیری، ۶(۲)، ۱۸-۳.
- اسماعیلی، سحر. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر استفاده از ابزار آموزشی چندرسانه‌ای (پاورپوینت تعاملی) بر میزان یادگیری و انگیزش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه هشتم در درس علوم تجربی شهر تهران منطقه ۱۸. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم تربیتی، تهران: دانشگاه پیام‌نور مرکز شهر ری.
- ایمانی، بهمن. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر به‌کارگیری نرم‌افزار چندرسانه‌ای ماکرومدیا آدرور در درس علوم بر پیشرفت تحصیلی و انگیزه دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی شهرستان پلدختر در سال تحصیلی ۹۶-۱۳۹۵. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته علوم تربیتی (M.A)، تهران: دانشگاه پیام‌نور مرکز شهر ری.
- بادله، علیرضا. (۱۳۹۶). تأثیر محتوای الکترونیکی و تدریس به‌روش کارگاهی در یادگیری و یادداری درس ریاضی. فصلنامه روانشناسی تربیتی، ۴۴، ۱۵۱-۱۳۱.
- تقی‌پور، بهنام؛ علی‌آبادی، خدیجه؛ پورروستائی اردکانی، سعید. (۱۳۹۷). تأثیر چندرسانه‌ای آموزش محیط‌زیست بر میزان یادگیری و انگیزش پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه سوم در مدارس سبز تهران. فصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی، ۹(۲)، ۴۳-۲۷.
- توحیدی، افسانه. (۱۳۸۷). مقایسه اثربخشی کاربرد رسانه‌های مختلف آموزشی بر مفهوم‌سازی. رساله دکتری. تهران: دانشگاه علامه طباطبائی.
- توحیدی، افسانه. (۱۳۹۳). الگوهای جدید تولید و ارزشیابی رسانه‌های آموزشی: کاربرد روانشناسی یادگیری و روانشناسی هنر. تهران: رهنما.
- توحیدی، افسانه. و نوروزی، داریوش. (۱۳۸۶). مقایسه اثربخشی کاربرد رسانه‌های مختلف آموزشی در مفهوم‌سازی. فصلنامه روانشناسی تربیتی، ۹(۳)، ۱۳۶-۱۰۱.
- حسین‌زاده، فاطمه؛ رستگارپور، حسن؛ محمدحسینی، نسرین. و سلیمی، ساسان. (۱۳۹۸). تأثیر طراحی چندرسانه‌ای آموزشی مبتنی بر اصول نظریه بار شناختی بر یادگیری، یادداری و انگیزه پیشرفت تحصیلی در درس ریاضی. فصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی، ۱۰(۲)، ۲۵-۵.

دهقانزاده، حسین؛ دهقانزاده، حجت؛ شاه‌علیزاده، محمد. و رستگارپور، حسن. (۱۳۹۶). مقایسه اثربخشی الگوهای طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای، گانیه و روش مرسوم در یادگیری دانش آموزان. **دوفصلنامه راهبردهای شناختی در یادگیری**، ۸، ۱۱۲-۹۳.

دهقانزاده، حجت؛ رستگارپور، حسن. و دهقانزاده، حسین. (۱۳۹۴). اثربخشی الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای مبتنی بر چندرسانه‌ای در یادگیری موضوعات پیچیده. **فصلنامه فناوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی**، ۵(۳)، ۶۰-۴۵. رستگارپور، حسن؛ یاریاری، فریدون. و نظری، حمیده. (۱۳۸۸). تأثیر چندرسانه‌ای آموزشی، صدا و رنگ بر عملکرد امواج مغزی. **روانشناسی تربیتی**، ۱۵، ۱۸-۱.

سالاری، مصطفی؛ امیرتیموری، محمدحسن. و زارعی‌زوارکی، اسماعیل. (۱۳۹۶). بررسی تأثیر الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای بر میزان بار شناختی بیرونی و یادگیری موضوع‌های پیچیده. **فصلنامه روانشناسی تربیتی**، ۴۴، ۱۹۷-۱۷۳. سیلانه، آمنه. (۱۳۹۲). **طراحی و ارزشیابی اثربخشی، کاربست مدل طراحی آموزشی کل نگر در برنامه درسی فنی و حرفه‌ای**. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته برنامه‌ریزی درسی. خراسان رضوی: دانشگاه فردوسی مشهد. صفری، یحیی؛ عزیزی، کیوان؛ محمدی گلینی، اسلام. و یوسف‌پور، نسرین. (۱۳۹۵). ارتقای سطح انگیزش پیشرفت دروس زبان انگلیسی و عربی با استفاده از روش آموزش چندرسانه‌ای. **نشریه علمی-پژوهشی آموزش و ارزشیابی**، ۳۳، ۱۲۳-۱۲۵.

ضرابیان، فروزان. (۱۳۹۷). بررسی تأثیر محتوای الکترونیکی مبتنی بر طراحی اصول چندرسانه‌ای بر یادگیری دروس ریاضی و علوم دانش آموزان ششم ابتدایی. **پژوهش‌های برنامه درسی**، ۸(۲)، ۶۹-۴۸. ظهیری ناو، بیژن. و رجبی، سوران. (۱۳۸۸). بررسی ارتباط گروهی از متغیرها با کاهش انگیزش تحصیلی دانشجویان رشته زبان و ادبیات فارسی. **مجله دانشور رفتار**، ۳۶، ۸۰-۶۹.

عبدی، علی. (۱۳۹۸). کارایی آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی در درس علوم تجربی (مورد مطالعه: دانش آموزان پایه سوم مقطع ابتدایی). **پژوهش در برنامه‌ریزی درسی**، ۱۶(۲)، ۱۲۶-۱۱۵.

عبدی، علی. و رستمی، مریم. (۱۳۹۶). اثربخشی روش آموزش مبتنی بر اثرات بار شناختی بر پیشرفت درسی، بار شناختی ادراک شده و انگیزش دانش آموزان به یادگیری درس علوم تجربی. **نشریه آموزش و ارزشیابی**، ۴۰، ۶۷-۴۳.

عبدی، علی. و محمدی، طاهر. (۱۳۹۶). اثربخشی الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای مبتنی بر چندرسانه‌ای بر میزان یادگیری درس علوم تجربی پایه ششم ابتدایی. **مطالعات روانشناسی و علوم تربیتی**، ۳(۱)، ۵۸-۵۱.

علیزاده، ولی؛ احمدی، مالک. و احدی، بهزاد. (۱۳۹۵). عوامل مؤثر بر گرایش معلمان تربیت‌بدنی مقطع ابتدایی به استفاده از رسانه‌های آموزشی در فرایند تدریس. **پژوهش‌های کاربردی در مدیریت ورزشی**، ۱۸، ۵۴-۴۷.

قربانی، سجاد؛ صادقی، علیرضا. و احقر، قدسی. (۱۳۹۸). بررسی اثربخشی نرم‌افزار چندرسانه‌ای محقق‌ساخته بر میزان خلاقیت و پیشرفت تحصیلی دانش آموزان پایه پنجم در درس علوم تجربی. **نشریه ابتکار و خلاقیت در علوم انسانی**، ۸(۴)، ۱۹۵-۲۱۷.

قنبری، معصومه؛ حسن‌آبادی، حمیدرضا. و کدیور، پروین. (۱۳۹۶). اثرهای تبیین‌گری و دانش قبلی بر بار شناختی و انتقال یادگیری در محیط‌های یادگیری چندرسانه‌ای مبتنی بر رایانه. **فصلنامه روانشناسی شناختی**، ۵(۱)، ۲۰-۱۱.

اثربخشی آموزش مجازی با استفاده از الگوی طراحی آموزشی چهارمؤلفه‌ای ون مرینوئر... / فاطمه نجفی نژاد مشیزی و همکاران / ۱۷۳

کیایی، ژاله. (۱۳۹۵). طراحی و تولید درس‌افزار آموزش الکترونیکی براساس راهبردهای فراشناختی و نقش آن در میزان مهارت حل مسئله دانش‌آموزان. *فصلنامه مطالعات روانشناسی و علوم تربیتی*، ۲(۱)، ۳۶-۴۸.

گلزار مقدم، فرزانه. (۱۳۹۳). نقش فناوری آموزشی بر انگیزه پیشرفت تحصیلی، خودکارآمدی و عملکرد تحصیلی در دانش‌آموزان پسر مدارس (عادی و هوشمند) سال هفتم شهرستان سبزوار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. تهران: دانشگاه پیام‌نور مرکز شهر ری.

محبوبی، طاهر؛ زارع، حسین. و فردانش، هاشم. (۱۳۹۲). اثربخشی اصول طراحی آموزشی (۱۴ اصل چندرسانه‌ای ون مرینوئر و کستر) بر بار شناختی و یادگیری موضوعات یادگیری در محیط‌های چندرسانه‌ای. *فصلنامه روانشناسی تربیتی*، ۳۰، ۱۸۶-۱۶۵.

ملانوری، محسن. (۱۳۹۸). مقایسه اثربخشی آموزش مفاهیم اسمزی و دفع مواد زائد بر یادگیری به روش‌های مولتی‌مدیا و سنتی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. کرمان: دانشگاه شهید باهنر.

ناصر، لادن؛ مردانیان دهکردی، لیلا. و ناصر، حامد. (۱۳۹۶). بررسی انگیزه تحصیلی و عوامل مرتبط با آن در دانشجویان دانشگاه علوم پزشکی شهرکرد. *مجله مرکز مطالعات و توسعه آموزش علوم پزشکی یزد*، ۱۲(۱ و ۲)، ۳۹-۲۷.

نجفی‌زاده، محمدرضا. (۱۳۹۹). نرم‌افزار آموزشی: درس انرژی کتاب علوم پایه ششم ابتدایی.

<http://wpresent.ir/index>

واحد اشاعه و کاربرد یافته‌های پژوهشی. (۱۳۹۸). گزارش مختصری از نتایج مرحله مقدماتی تیمز ۲۰۱۹. پژوهشگاه

<http://rie.ir/uploads/tp2019.pdf>

Balakrishnan, B. & Shanmugam, K. (2019). Motivation in information communication and technology-based science learning in Tamil Schools. *Journal Pendidikan IPA Indonesia*, 8 (1), 141-152,

Bastiaen, T. J. & Martens, R. L. (2007, April 9-13). The perception of 4C/ID based learning materials: Two studies into the motivational effects of learning with complex tasks. *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Chicago, Illinois.

Chin-Wen, L., Ching-Huei, C. & Sie-Jhih, S. (2019). The interactivity of video and collaboration for learning achievement, intrinsic motivation, cognitive load, and behavior patterns in a digital game-based learning environment. *Computer and Education*, 133, 43-55.

Daniel, M., Stojan, J., Wolff, M., Taqui, B., Glasgow, T., Forster, S. & Cassese, T. (2018). Applying four-component instructional design to develop a case presentation curriculum. *Perspectives on Medical Education*, 7(4), 276-280.

Dinçer, S. & Doğanay, A. (2017). The effects of multiple-pedagogical agents on learners' academic success, motivation, and cognitive load. *Journal of Computer and Education*, 11(3), 74-100.

Frerejean, J., van Merriënboer, J. G., Kirschner, P. A., Roex, A., Aertgeerts, B. & Marcellis, M. (2019). Designing instruction for complex learning: 4C/ID in higher education. *European Journal of Education*, 54, 513-524.

Ginns, P. & Leppink, J. (2019). Special issue on cognitive load theory: Editorial. *Educational Psychology Review*, 31, 255-259.

- Harter, S. (1981). A new self-report scale of intrinsic versus extrinsic orientation in the classroom: Motivational and informational components. *Developmental Psychology*, 17(3), 300-312.
- Ibili, E. (2019). Effect of augmented reality environments on cognitive load: Pedagogical effect, instructional design, motivation and interaction interfaces. *International Journal of Progressive Education*, 15(5), 42-57. ERIC Documents (EJ1232507).
- Kolcu, M. İ. B., Öztürkçü, Ö. S. K. & Kaki, G. D. (2020). Evaluation of a distance education course using the 4C-ID model for continuing endodontics education. *Journal of Dental Education*, 84(1), 62-71.
- Larmuseau, C., Elen, J. & Depaepe, F. (2018, March 7-9). The influence of students' cognitive and motivational characteristics on students' use of a 4C/ID-based online learning environment and their learning gain. Paper presented at the *Proceedings of the 8th International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '18*, 171–180. Sydney, NSW: Australia.
- Marcellis, M., Barendsen, E. & van Merrënboer, J. G. (2018, November 22-25). *Designing a blended course in Android App Development using 4C/ID*. Proceedings of the 18th Koli Calling International Conference on Computing Education Research 19, 1-5.
- Martino Costa, J. & Loboto Miranda, G. (2019). Using Alice software with 4C-ID Model: Effects in programming knowledge and logical reasoning. *Informatics in Education – An International Journal*, 18(1), 1-15.
- Mayer, R. E. (Ed.). (2005). *The Cambridge handbook of multimedia learning*. Cambridge university press.
- Mayer, R. E. (2011). Applying the science of learning to multimedia instruction. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Eds.). *The psychology of learning and motivation: Vol. 55; The psychology of learning and motivation: Cognition in education* (p. 77-108). Elsevier Academic Press.
- Mayer, R. E. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, 171-173.
- Mayer, R. E. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52.
- Melo, M. (2018). The 4C/ID-model in physics education: Instructional design of a digital learning environment to teach electrical circuits. *International Journal of Instruction*, 11(1), 103122.
- Paas, F. G. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429.
- Roberts, D. (2017). The engagement agenda, multimedia learning and the use of images in HE lecturing: Or, how to end death by PowerPoint. *Journal of Further and Higher Education*, 42(7), 969-985.
- SERIES, G. (2020). *Trends in International Mathematics and Science Study: Measuring and making international comparisons of student achievement in mathematics and science*. <https://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1016&context=assessgms>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285.

- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. In B. H. Ross (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, Vol. 43 (p. 215-266). Elsevier Science: Amsterdam, Netherlands.
- Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In J. P. Mestre & B. H. Ross (Eds.), *The psychology of learning and motivation: Cognition in education*. (p. 37-76). Elsevier Academic Press.
- Towhidi, A. (2010). Distance education technologies and media utilization in higher education. *International Journal of Instructional Technology and Distance Learning*, 7(8), 3-30.
- Tsankov, S., Voinohovska, V., Dimitrov, G. (2016). *Research of the impact of interactive educational multimedia on student's motivation to study different informatics disciplines*. Paper presented at the 10th International Technology, Education and Development (INTED2016). Valencia, Spain.
- van Merriënboer, J. J. G. (1997). *Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training*. Educational Technology Publications: Englewood Cliffs, New Jersey.
- van Merriënboer, J. V. (1999). *Cognition and multimedia design for complex learning*. Open Universiteit: Heerlen, Netherlands.
- van Merriënboer, J. G. (2012). Four-component instructional design. In N. M. Seel (Ed.). *Encyclopedia of the sciences of learning*. Springer science and business media: Boston, MA.
- van Merriënboer, J. G., Clark, R. E. & De Croock, M. B. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39-61.
- van Merriënboer, J. J. G. & Kester, L. (2005). The four-component instructional design model: Multimedia principles in environments for complex learning. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (p. 71-93). Cambridge University Press.
- van Merriënboer, J. J., Kirschner, P. A. & Kester, L. (2003). Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 5-13.
- van Merriënboer, J. J. G. & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177.