Education Strategies in Medical
2017;10(4): 322-333
www.edcbmj.ir
Original Article
Farname Inc.

Effectiveness of Educational Program Based Cognitive Load in Learning Efficiency of Algebra Concepts Among 7th Grade Girl Students in Tehran

Maryam Rostami, Siavash Talepasand, Mohammad Ali Mohammadifar

Department of Educational sciences, Psychology and Exceptional Childern Education, Faculty of Psychology and Educational Sciences,Semnan University, Semnan, Iran

Article Information

Article history:

Received: 2017/08/10
Accepted: 2017/10/05
Available online: 2017/10/07

EDCBMJ 2017; 10(4): 322-333

Corresponding author at:

Dr Siavash Talepasand Department of Educational sciences, Psychology and Exceptional Childern Education, Faculty of Psychology and Educational Sciences,Semnan University, Semnan, Iran
Tel: +9126040690
Email:
Stalepasand@semnan.ac.ir

Abstract

Background and Aims: Learning efficiency is based on mental effort and students' academic performance and academic curriculums were planned without any attention to the cognitive effects in the traditional education System, thus the present study aimed to investigate the effectiveness of educational program based on cognitive load in learning efficiency of algebra concepts that conducted among 7th grade girl students in Tehran during the academic year 2015-2016.

Methods: Thiswas a quasi-experimental study. The statistical population included all girl students of public schools in the 7th grade of 6th district of Tehran in the academic year 2015-2016. a sample of 56 students was selected through cluster random sampling method from two schools. The educational program based on the cognitive effects was run for 4 weeks and total of 8 sessions. The effectiveness of educational program was evaluated by a test of algebra concepts, educational program, efficiency measures of Pass and Merriënboer. The data were analyzed with multivariate covariance, Univariate analysis of variance and t- test by using Spss version 20 software.

Results: Results showed that experimental group had high academic achievement (F =18.71, p <.0001) and perceived low cognitive load (F =15.70, p <.0001) compared to students in the control group. Also results showed learning efficiency of the experimental group was higher than the control group (t=4.031, p <.01).

Conclusions: Since combination of cognitive load and academic achievement determine the level of learning efficiency, so the design of educational program based on the cognitive effects can increase students' learning outcomes and minimize perceptual cognition.

KeyWords: cognitive load, academic achievement, learning efficiency

Copyright © 2016 Education Strategies in Medical Sciences. All rights reserved.

How to cite this article:

Rostami M, Talepasand S, Mohammadyfar M. Effectiveness of Educational Program Based Cognitive Load in Learning Efficiency of Algebra Concepts Among 7th Grade Girl Students in Tehran . Educ Strategy Med Sci. 2017; 10 (4) :322-333

دوماهنامه علمی راهبردهای آموزش در علوم پزشکی
مهر–آبان ۱۳۹۶
2017;10(4):322-333
www.edcbmj.ir
مقاله پژوهشی
Farname Inc.

اثر بخشی برنامه آموزشی بار شناختی بر کارایی یادگیری مفاهیم جبر در دانش‌آموزان دختر پایه هفتم شهرتهران

مریم رستمی ، سیاوش طالع پسند ، محمد علی محمدی فر

گروه علوم تربیتی ، روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی ، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه سمنان ، سمنان، ایران

اطلاعات مقاله

تاریخچه مقاله
دریافت: ۱۳۹۶/۰۵/۱۹
پذیرش: ۱۳۹۶/۰۷/۱۳
انتشار آنلاین: ۱۳۹۶/۰۷/۱۵

IJMM 1396;10 (4): 322-333

نویسنده مسئول:
دکتر سیاوش طالع پسند
گروه علوم تربیتی ، روانشناسی و آموزش کودکان استثنایی ، دانشکده روانشناسی و علوم تربیتی، دانشگاه سمنان ، سمنان، ایران
تلفن: ۰۹۱۲۶۰۴۰۶۹۰
پست الکترونیک:
Stalepasand@semnan.ac.ir

چکیده

زمینه و اهداف: کارایی یادگیری مبتنی بر تلاش ذهنی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان است و در سیستم تحصیلی سنتی برنامه‌های درسی بدون توجه به اثرات بار شناختی طرح‌ریزی می‌شوند، لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی برنامه آموزشی بار شناختی برکارایی یادگیری مفاهیم جبر در دانش‌آموزان دختر پایه هفتم شهر تهران در سال تحصیلی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ انجام گرفت.

روش بررسی: پژوهش حاضر از نوع شبه آزمایشی است. جامعه آماری این پژوهش را کلیه دانش‌آموزان دختر مدارس دولتی پایه هفتم منطقه ٦ شهر تهران در سال تحصیلی ۱۳۹۵-۱۳۹٤ تشکیل دادند که ٥٦ نفر با روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای از دو مدرسه انتخاب شدند. برنامه آموزشی مبتنی براثرات بار شناختی به مدت ٤ هفته و درمجموع ٨ جلسه اجرا شد. میزان اثربخشی برنامه آموزشی با آزمون مفاهیم جبر، مقیاس درجه‌بندی ذهنی بار شناختی و اندازه‌های کارایی پاس و مرینبوئر ارزیابی شد. داده‌های پژوهش با مدل تحلیل کوواریانس، تحلیل واریانس و آزمون t مستقل با استفاده از نرم‌افزار Spss-20 تحلیل شد.

یافته‌ها: یافته‌ها نشان داد که گروه آزمایشی، پیشرفت تحصیلی بالاتر ($P<۰/۰۰۱$ و $F=۱۸/۷۱$) و بار شناختی پایین‌تر ($P<۰/۰۰۱$ و $F=۱۵/۷۰$) از دانش‌آموزان گروه کنترل داشتند. همچنین یافته‌ها نشان داد کارایی یادگیری گروه آزمایشی بالاتر از گروه کنترل می‌باشد ($P>۰/۰۱$ و $t=٤/۰۳۱$).

نتیجه‌گیری: از آنجایی که ترکیب بار شناختی ادراک‌شده و پیشرفت تحصیلی تعیین‌کننده میزان کارایی یادگیری بود، می‌توان با طراحی برنامه آموزشی مبتنی براثرات بار شناختی، نتایج یادگیری را افزایش و بار شناختی ادراکی را در دانش‌آموزان به حداقل رساند.

کلمات کلیدی: بار شناختی، پیشرفت تحصیلی، کارایی یادگیری

کپی‌رایت ©: حق چاپ، نشر و استفاده علمی از این مقاله برای مجله راهبردهای آموزش در علوم پزشکی محفوظ است.

مقدمه

در نظام کنونی آموزش‌وپرورش بر امر یادگیری و آموزش دانش‌آموزان باهدف پیشرفت آن‌ها درزمینه تحصیلی تأکید می‌گردد. همچنین پیشرفت تحصیلی یکی از اهداف اصلی فرایند یاددهی – یادگیری است که به‌وسیله آموزش و فعالیت‌های تربیتی قابل‌دستیابی است. ازنظر مایر پیشرفت تحصیلی، بااهمیت به یادگیری شاگرد محور برانگیخته می‌شود؛ به‌عبارت‌دیگر یادگیری معنادار زمانی شکل می‌گیرد که فعالیت شناختی دانش‌آموزان به‌وسیله فعالیت‌های رفتاری حمایت شود[۱]، بنابراین آنچه در ابتدا باید موردتوجه معلمان باشد ایجاد فعالیت شناختی در دانش‌آموزان است هرچند که فعال ساختن دانش‌آموزان به لحاظ شناختی در یادگیری کار آسانی نیست[۲]. یکی از نظریه‌هایی که اخیراً پژوهش‌های قابل‌توجهی در طراحی آموزشی مطالب درسی و فعالیت‌های شناختی دانش‌آموزان به خود اختصاص داده است نظریه بار شناختی است. نظریه بار شناختی (Cognitive load theory)یک چارچوب نظری است که بر مبنای ساختار شناختی یادگیرنده پایه‌ریزی شده است و در دهه ۱۹۸۰ توسط Sweller و همکارانش در دانشگاه نیوسوت ولز طرح‌ریزی گردید[۳،۴]. بر اساس این نظریه نقش‌های متفاوتی که حافظه فعال و حافظه بلندمدت در ذهن بشر ایفا می‌کند موجب به وجود آمدن دسته‌بندی انواع بار شناختی شده است. بار شناختی درونی

(Intrinsic) از پیچیدگی ذاتی محتوای آموزشی و بار شناختی بیرونی (Extraneous) از عناصر و نحوه طراحی آموزشی محتوا و ارائه آن به یادگیرنده نشأت می‌گیرد. همچنین بار شناختی مطلوب (Germane) به تلاش‌های ذهنی یادگیرنده گفته می‌شود که برای یادگیری محتوای آموزشی جدید و برای خودکارسازی یادگیری خود و کسب طرحواره‌های ذهنی تحمیل می‌شود[۴]. از دیدگاه طرح‌ریزی آموزشی، در نظر گرفتن ارتباط بار شناختی بیرونی و بار شناختی درونی مهم است. چون کاهش بار شناختی بیرونی می‌تواند منابع شناختی را برای افزایش بار شناختی مطلوب آزاد سازد و کارایی یادگیری را افزایش دهد[۴، ۵، ۶، ۷]. یکی از تلویحات کاربردی نظریه بار شناختی، به‌کارگیری اثرات بار شناختی در طراحی آموزشی به‌منظور افزایش کارایی یادگیری است. اثرات بار شناختی شامل اثرات مثال حل‌شده (Worked Example Effect) و تکمیل مسئله (Completion Problem Effect)، اثر تقسیم توجه (Attention Split Effect)، اثر مجرای حسی (Effect Modality)، اثر معکوس خبرگی (Expertise reversal effect) اثر افزونگی (Redundancy effect)، اثر حذف راهنمایی (Guidance fading effect) می‌باشد. اثر مثال حل‌شده، تکنیکی است که با جایگزین کردن تمرین‌های عملی با مجموعه‌ای از مثال‌های حل‌شده بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد [۸]. اثر تکمیل مسئله یک مثال حل‌شده ناتمام است که در آن یادگیرنده باید برخی مراحل مهم راه‌حل را کامل کند [۹]. بر اساس نظر Sweller ، تقسیم توجه وقتی رخ می‌دهد که یادگیرندگان مجبورند توجهشان را بین حداقل دو منبع اطلاعاتی که به‌طور فضایی یا زمانی جداشده‌اند، تقسیم کنند[۹]. اصل زیر بنایی اثر مجرای حسی این است که علائم دیداری پیچیده وقتی به‌طور مؤثرتر درک می‌شوند که کلمات توضیحی بیشتر از اینکه با بعد نوشتاری ارائه گردند با بعد شنیداری ارائه شوند[۸]. اثر افزونگی نظریه بار شناختی وقتی رخ می‌دهد که اطلاعات اضافی و غیرضروری به یادگیرنده ارائه می‌شود[۱۰]. 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. این اثر ملاحظات مهمی به همراه اثر حذف راهنمایی دارد. اثر حذف راهنمایی نشان می‌دهد که در ابتدا باید مثال‌های حل‌شده به یادگیرنده‌ها ارائه شود و سپس تکمیل مسائل و پس‌ازآن تکالیف مسئله‌ای کامل ارائه گردد[۱۱]. اثرات ذکرشده با تأکید براثر مثال حل‌شده و اثر تکمیل مسئله به‌عنوان اثرات اصلی نظریه بار شناختی در این پژوهش در نظر گرفته‌شده‌اند تا با به‌کارگیری اصول نظریه بار شناختی در طراحی یک برنامه آموزشی به پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان منجر شوند.

ازجمله دروسی که پیشرفت در آن اهمیت زیادی داشته و می‌تواند در درازمدت زمینه‌ساز ترقی جامعه باشد درس ریاضی بوده و یکی از موضوعات چالش‌برانگیز آن برای معلمان و دانش‌آموزان مفهوم جبر است. آموزش درست این مفهوم در دوره اول متوسطه، از بروز بسیاری از نارسایی‌ها و کج‌فهمی‌های یادگیری که معمولاً در درس ریاضی بیشتر از دروس دیگر اتفاق می‌افتد، جلوگیری می‌کند[۱۲]. نتایج سومین مطالعه بین‌المللی ریاضی تیمز (TIMSS) نشان داد دانش‌آموزان ایرانی عملکرد ضعیفی در مقایسه با اکثر کشورهای عضو تیمز در درس ریاضی داشته‌اند [۱۳]. گرچه نتایج عملکرد آزمون ریاضیات تیمز ۲۰۱۱ نشان داد میانگین نمره ریاضی دانش‌آموزان ایرانی بالا رفته اما هنوز میانگین کشور به‌طور معناداری پایین‌تر از مقیاس تیمز می‌باشد[۱۴]. بنابر یافته‌های بین‌المللی مبتنی بر نتایج آزمون تیمز، نقش کیفیت تدریس معلم و مطالب آموزش داده به دانش‌آموزان در درس ریاضی بسیار بااهمیت است [۱۳]. معلمان با طراحی محیط آموزشی بر اساس فعالیت‌های شناختی می‌توانند در بهبود و یا ضعف در عملکرد دانش‌آموزان نقش بسزایی داشته باشند. اما طبق نظر Paas وVan Merriënboer، ترکیب نمره‌های عملکرد تکلیف (پیشرفت تحصیلی) و تلاش ذهنی (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[۱۵]. کارایی را می‌توان به‌عنوان ویژگی دستاوردهای آموزشی تعریف کرد که منجر به یادگیری سریع‌تر، بهتر یا هر دو می‌شود[۳]. به‌عبارت‌دیگر کارایی یادگیری، مبتنی بر دو بخش تلاش ذهنی و عملکرد می‌باشد. دو یادگیرنده ممکن است نمره عملکرد یکسان اما تلاش ذهنی متفاوتی داشته باشند. بنابراین ترکیب تلاش ذهنی و اندازه‌های عملکرد می‌تواند تخمینی از کارایی یادگیری را فراهم کند[۲].شواهد درباره اثرات نظریه بار شناختی نیز نشان می‌دهد که یادگیری به‌وسیله مثال‌های حل‌شده از سال ۱۹۵۰ به‌کاربرده شده است[۱۶]. بسیاری از پژوهش‌ها آشکارا رویکردهای مثال‌های حل‌شده برای یادگیری را با رویکرد حل مسئله مقایسه کرده‌اند[۹]. تأثیرگذاری اثر مثال‌های حل‌شده در بسیاری از پژوهش‌ها تأییدشده است [۳،۱۷،۱۸،۱۹،۲۰،۲۱]. شواهد نشان دادند اگر مثال‌های حل‌شده به‌وسیله ادغام فیزیکی متن در دیاگرام ارائه شوند برتری معناداری نسبت به حل مسئله داشتند تا زمانی که آن‌ها به شیوه تقسیم توجه ارائه شوند [۶،۲۲]. موسوی و همکاران گزارش کردند که از نتایج منفی اثر تقسیم توجه در حیطه هندسه به‌وسیله ارائه بیانات در شکل شنیداری نسبت به شکل

دیداری می‌توان اجتناب کرد[۲۳]. Tabbers و همکاران نیز نتایج مشابه ای به دست آوردند[۲۴]. بررسی اثر معکوس خبرگی با یادگیرندگان مبتدی نشان داد که مطالعه مثال‌های حل‌شده برای مبتدیان مفید بود و حل مسئله نسبت به مطالعه مثال‌های حل‌شده برای یادگیرندگان خبره برتر بود[۶،۱۰،۲۵،۲۶].

Brunstein و همکاران اثرهایی از حداقل راهنمایی در طی آموزش بر یادگیری درس جبر را بررسی کردند. آن‌ها دریافتند با تمرین کافی، حداقل راهنمایی در آموزش مفید است و راهنمایی اضافی اثر منفی دارد، اما با تمرین کم، حداقل راهنمایی در آموزش مفید نیست[۲۷]. Bokosmaty و همکاران نیز به نتایج مشابه ای دست یافتند[۲۸]. همچنین نتایج پژوهش‌های آموزشی مبتنی بر اصول بار شناختی، افزایش کارایی یادگیری را گزارش دادند[۲،۲۵،۲۹،۳۰،۳۱،۳۲].با توجه به شواهد پیشین، به‌کارگیری اصول نظریه بار شناختی در طراحی برنامه آموزشی می‌تواند پیشرفت تحصیلی را افزایش و بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان را کاهش دهد. همچنین به یادگیرنده‌ها این امکان را می‌دهد تا تلاش شناختی موجود را صرف یادگیری بهتر کنند که درنتیجه آن کارایی یادگیری افزایش یابد. ازآنجایی‌که برنامه‌های درسی مختلف در سیستم تحصیلی سنتی بدون توجه به اصول این نظریه طرح‌ریزی‌شده‌اند، بنابراین پژوهش حاضر در راستای ارتقای نتایج پژوهش‌های موجود باهدف بررسی اثربخشی برنامه آموزشی بار شناختی بر کارایی یادگیری مفاهیم جبر در دانش‌آموزان دختر پایه هفتم شهر تهران انجام‌شده است.

روش بررسی

پژوهش حاضر ازنظر هدف، پژوهشی کاربردی و ازنظر ماهیت مطالعه‌ای شبه آزمایشی است. جامعه آماری پژوهش حاضر را کلیه دانش‌آموزان دختر مدارس دولتی پایه هفتم منطقه ۶ شهر تهران در سال تحصیلی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ تشکیل دادند. از بین آن‌ها نمونه‌ای به حجم ۵۶ نفر به روش نمونه‌گیری تصادفی خوشه‌ای انتخاب شدند. بدین‌صورت که از بین مدارس راهنمایی ۲ مدرسه به‌صورت تصادفی انتخاب شد، سپس از بین مدارس انتخاب‌شده ۲ کلاس به‌صورت تصادفی برگزیده شد، درنهایت از بین کلاس‌های انتخاب‌شده در هر مدرسه ۲۸ دانش‌آموز که ملاک‌های ورود به پژوهش را دارا بودند (گزارش معلم مبنی برنداشتن دانش مفاهیم جبر، عدم شرکت در کلاس‌های تقویتی، به دست آوردن نمره پایین‌تر از ۵ (نقطه ۲۵ درصدی نمرات) در آزمون مفاهیم جبر و دانش‌آموزان با نمره هوش‌بهر ۹۰ تا ۱۱۰) به‌عنوان نمونه انتخاب شدند. حجم نمونه با استفاده از نرم‌افزار G power با خطای ۰/۰۵، توان ۰/۸ برای هر گروه ۲۸ نفر برآورد شد. همچنین برای کنترل اثر انتشار، به‌طور تصادفی یک مدرسه به‌عنوان گروه آزمایش و یک مدرسه به‌عنوان گروه کنترل در نظر گرفته شد.

مطالعه حاضر توسط پژوهشگر اول به مدت ۴ هفته و درمجموع ۸ جلسه یک و نیم ساعتی اجرا شد. به هر دو گروه محتوای ریاضیات مشابهی تدریس شد اما در گروه آزمایش از یک کتابچه (برنامه آموزشی) طرح‌ریزی‌شده مبتنی براثرات بار شناختی استفاده شد (جدول ۱). این بررسی در حیطه یادگیری مفاهیم جبر (توان، جبر و معادله) درس ریاضی پایه هفتم انجام شد (جدول ۲). در انتهای هر جلسه، مقیاس سنجش ذهنی پاس و ون‌مرینبوئر برای سنجش بار شناختی دانش‌آموزان گروه‌های کنترل و آزمایش اجرا شد[۱۵]. پس از به پایان رسیدن مداخله، دانش‌آموزان به آزمون پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر به مدت ۹۰ دقیقه پاسخ دادند.

جدول ۱. گام‌های برنامه آموزشی مبتنی براثرات بار شناختی

گام‌های برنامه آموزشی	توضیحات مبتنی بر هر گام
گام اول	در ابتدای هر جلسه دانش قبلی دانش‌آموزان تعیین می‌شد، ازآنجایی‌که کلاس‌های درس، ازنظر پیشرفت تحصیلی ناهمگن هستند ازاین‌رو در نظر گرفتن اهمیت دانش قبلی دانش‌آموزان به‌منظور به کار بردن تکنیک‌های آموزشی مناسب افزایش می‌یابد. این به اثر معکوس خبرگی نظریه بار شناختی مربوط است. در ابتدای هر درس، پرسش‌هایی مطرح و بازنگری‌هایی انجام می‌شد تا دانش قبلی دانش‌آموزان فعال شود.
گام دوم	کتابچه‌های دانش‌آموزی به‌عنوان خلاصه‌های محتوایی در بین دانش‌آموزان توزیع و درس با پیروی از محتوای کتابچه‌ها ارائه می‌شد.
گام سوم	مثال‌های حل‌شده که در کتابچه‌ها گنجانده‌شده بود نقطه شروع هر درس بود. هر موضوع به‌طور شفاهی (اثر مجرای حسی) در مثال‌های حل‌شده توضیح داده می‌شد و به‌منظور برآورد ساختن اثر تقسیم توجه نظریه بار شناختی، هیچ‌چیزی را روی تخته‌سیاه نوشته نمی‌شد و امکان یادداشت‌برداری وجود نداشت. همچنین به‌منظور رعایت اثر افزونگی، در ابتدای هر موضوع، هیچ تصویر، یا توضیح اضافی و غیرضروری یا فعالیت کلاسی در نظر گرفته نمی‌شد و اطلاعات یکسان به چندین شکل ارائه می‌شد.
گام چهارم	تمرین عملی مشابه ای به دانش‌آموزان ارائه می‌شد.
گام پنجم	ارائه مثال‌های کامل کردنی
گام ششم	بر طبق نظریه بار شناختی، پس‌ازآنکه دانش‌آموزان در رابطه با یک موضوع کسب تجربه کردند، مثال‌های حل‌شده و مثال‌های کامل کردنی برای یادگیری خطرناک‌تر می‌شدند به‌جای آن‌که سودمند باشند، به این دلیل پس آن‌که دانش‌آموزان درباره موضوع به تجربه دست یافتند تمرین‌های کامل یا فعالیت‌های کلاسی/ کارهای گروهی به دانش‌آموزان داده می‌شد که به اثر حذف راهنمایی مربوط می‌شود

جدول ۲. حیطه‌های یادگیری و عناوین مفاهیم جبر در کتابچه دانش‌آموزان

حیطه‌های یادگیری مفاهیم جبر	عناوین حیطه‌های مفاهیم جبر	تعداد جلسه‌ها
توان	آموزش قواعد توان، محاسبه عدد توان‌دار، محاسبه عبارت توان‌دار با رعایت ترتیب، محاسبه عبارت توان‌دار با پایه‌های منفی، آموزش استفاده از قانون ضرب با پایه‌های مساوی، استفاده از قانون ضرب با توان‌های مساوی، ساده کردن یک عبارت توان‌دار، مجذور و مکعب	۳ جلسه
جبرومعادله	آموزش الگوهای عددی، نوشتن جمله n ام یک الگو، تبدیل عبارت‌های کلامی به عبارت‌های جبری، آموزش عبارت‌های جبری، ساده کردن عبارت‌های جبری با جمع و تفریق جملات متشابه، ضرب کردن یک عدد در پرانتز، ساده کردن عبارت‌های جبری، محاسبه مقدار عددی یک عبارت جبری، آموزش پیدا کردن جواب معادله با حدس زدن، مفهوم معادله و جواب معادله، تشکیل معادله، تبدیل مسئله به معادله و روش حل معادله، آموزش الگوهای عددی، نوشتن جمله n ام یک الگو، تبدیل عبارت‌های کلامی به عبارت‌های جبری، آموزش عبارت‌های جبری، ساده کردن عبارت‌های جبری با جمع و تفریق جملات متشابه، ضرب کردن یک عدد در پرانتز، ساده کردن عبارت‌های جبری، محاسبه مقدار عددی یک عبارت جبری، آموزش پیدا کردن جواب معادله با حدس زدن، مفهوم معادله و جواب معادله، تشکیل معادله، تبدیل مسئله به معادله و روش حل معادله	۵ جلسه

برای جمع‌آوری داده‌ها از ابزارهای زیر استفاده شد.

الف: آزمون پیشرفت تحصیلی: به‌منظور بررسی پیشرفت تحصیلی قبلی دانش‌آموزان از نمرات میان‌ترم نیمسال اول در درس ریاضی استفاده گردید. همچنین برای تعیین پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان پایه هفتم در مفاهیم جبر از آزمون محقق ساخته استفاده شد. روایی صوری و محتوایی سؤالات آزمون (۲۰ سؤال) ازنظر معلمان ریاضی در دو بعد هدف و محتوا ارزیابی شد"به‌عنوان‌مثال از دانش‌آموز خواسته شد مسئله‌ای را طرح کنند که پاسخ آن ۲۳ باشد "دامنه نمرات آزمون از ۰ تا ۸۰ قرار داشت. برای هر پرسش یک سطح پنج نمره‌ای ۴-۰ تعیین شد. دو مصحح مستقل از یکدیگر برگه‌ها را تصحیح کردند. ضریب توافق محاسبه‌شده بین نمرات دو مصحح ۰/۸۲ به دست آمد. بالاترین نمره (۴) به پاسخ‌هایی داده شد که ارزیابان آن‌ها را پاسخی کاملاً درست درجه‌بندی کردند. ضریب توافق بین نمره گذاران ۰/۷۹ محاسبه شد. درحالی‌که کم‌ترین نمره (۰) برای عدم پاسخ یا پاسخ کاملاً اشتباه داده شد. اعتبار آزمون در یک مطالعه مقدماتی بر روی ۳۰ نفر بررسی شد. همسانی درونی با روش آلفای کرونباخ ۰/۹۶ به دست آمد.

ب: مقیاس درجه‌بندی ذهنی بار شناختی: مقیاس درجه‌بندی ذهنی تک سؤالی که به‌وسیله پاس و ون‌مرینبوئر ارائه‌شده است برای اندازه‌گیری بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان قبل از اجرای برنامه آموزشی (بار شناختی اولیه) و بعد از اجرای برنامه آموزشی مورداستفاده قرار گرفت [۱۵]. در پایان هر جلسه از دانش‌آموز خواسته می‌شد در یک مقیاس درجه‌بندی ۹ درجه‌ای از ۱ (تلاش ذهنی بسیار کم) تا ۹ (تلاش ذهنی بسیار زیاد) به این سؤال پاسخ دهند که با حل تمرینات چه اندازه تلاش ذهنی انجام داده‌اند (تا چه اندازه مثال‌ها و تمرینات را دشوار یافتند). در مطالعه Pass وVan Merriënboer میزان آلفای کرانباخ مقیاس اندازه‌گیری بار شناختی به ترتیب ۰/۹۰ و ۰/۸۲ گزارش‌شده است[۳۳،۳۴]. در ایران Mahbobi و همکاران، همسانی درونی مقیاس بار شناختی را از طریق آلفای کرانباخ ۰/۸۶ و اعتبار باز آزمایی را ۰/۸۶ گزارش کرده‌اند [۳۵]. در پژوهش حاضر اعتبار این پرسشنامه با استفاده از آلفای کرونباخ ۰/۹۵ به دست آمد.

ج: کارایی یادگیری: از شاخص کارایی معرفی‌شده توسط Paas و Van Merriënboer استفاده شد [۱۵]. برای نشان دادن اندازه کارایی، نمرات دانش‌آموزان برای تلاش شناختی (مقیاس درجه‌بندی ذهنی بار شناختی) و عملکرد (نمرات پیشرفت تحصیلی) استاندارد شدند و یک نمره Z برای بار شناختی و یک نمره Z برای پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر به دست آمد. سپس، نمره کارایی در یادگیری (E) محاسبه شد (فرمول ۱). اگر $E=0$ باشد به معنای آن است که تلاش ذهنی و پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر در تعادل هستند. بر طبق فرمول، وقتی پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر بیشتر از بار شناختی است. مقدار کارایی مثبت است. از طرف دیگر وقتی پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر کمتر از بار شناختی است مقدار کارایی منفی است [۳]. از یک محور مختصات برای نمایش کارایی استفاده شد. در این نمودار پیشرفت تحصیلی روی محور عمودی و بار شناختی روی محور افقی قرار گرفت. (فرمول۱)

$$E = \frac{z\ \text{عملکرد} - z\ \text{تلاش ذهنی}}{\sqrt{2}}$$

مقیاس تجدیدنظر شده هوش وکسلر کودکان: ازآنجاکه یکی از ملاک‌های ورود دانش‌آموزان به پژوهش هوش، بهر ۹۰ تا ۱۱۰ بود، بنابراین در این بررسی به‌منظور تعیین بهره هوشی دانش‌آموزان از مقیاس تجدیدنظر شده هوش وکسلر کودکان

استفاده شد. این مقیاس از دو خرده مقیاس هوش کلامی و هوش عملی تشکیل‌شده است. هر یک از این مقیاس‌ها دارای ۶ خرده آزمون است. که برای سنجش هوشی کودکان از ۶ سال تا ۱۶ سال و ۱۱ ماه و ۳۰ روزبه کار می‌رود[۳۶]. اعتبار آزمون، با روش دونیمه کردن و باز آزمایی برای آزمون‌های فرعی و نیز برای هوش‌بهرهای کلامی، عملی و کل محاسبه‌شده است. میانگین ضرایب دونیمه کردن به روش زوج و فرد برای هوش‌بهرهای کلامی، عملی و کل به ترتیب ۰/۹۴، ۰/۹۰ و ۰/۹۶ بود و ضرایب باز آزمایی سه گروه سنی (۶/۵ تا ۷/۵، ۱۰/۵ تا ۱۱/۵ و ۱۴/۵ تا ۱۵/۵) به ترتیب ۰/۹۳، ۰/۹۰ و ۰/۹۵ بود[۳۷]. برای محاسبه روایی این آزمون از روش‌های مختلفی استفاده‌شده است ازجمله همبستگی این آزمون با آزمون استنفورد- بینه (تجدیدنظر چهارم) برابر ۰/۷۸ با آزمون‌های گروهی هوش ۰/۶۶ و با آزمون‌های ملاکی مناسب ازجمله آزمون پیشرفت تحصیلی پی بادی کالج ۰/۷۱ و با نمره‌های کلاسی ۰/۳۹ درصد بوده است. این همبستگی در مقیاس کلامی در مقایسه با مقیاس عملی بیشتر بوده است[۳۸]. پس از اخذ مجوز از اداره آموزش و پروش منطقه ۶ شهر تهران، تمامی دانش‌آموزان با رضایت آگاهانه، داوطلبانه و با هماهنگی معلم و مدیر در این پژوهش شرکت نمودند، همچنین به آنان اطمینان داده شد که اطلاعات حاصل از پرسشنامه و آزمون محرمانه خواهد ماند.

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف - اسمیرنوف قبل از انجام تحلیل‌های آماری بررسی شد. ازآنجاکه در این مطالعه دو گروه آزمایش و کنترل وجود دارد و نمرات مفاهیم جبر در پیش‌آزمون و پس‌آزمون جمع‌آوری‌شده است، بنابراین به‌منظور بررسی تفاوت دو گروه در پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر از تحلیل کوواریانس تک متغیری استفاده شد. همچنین تفاوت دو گروه در بار شناختی ادراک‌شده با تحلیل واریانس بررسی شد. سپس میزان کارایی یادگیری با آزمون t مستقل محاسبه شد.

یافته‌ها

به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات جمعیت شناختی از کاربرگ محقق ساخته استفاده شد. تعداد کل نمونه بررسی‌شده ۵۶ نفر از دانش‌آموزان دختر پایه هفتم منطقه ۶ بودند. کمینه و بیشینه سن دانش‌آموزان با میانگین سنی ۱۳/۵۷ و انحراف معیار ۰/۴۹ بود. گروه آزمایش با میانگین سنی ۱۳/۵۳ و انحراف معیار ۰/۵۱ و گروه کنترل با میانگین سنی ۱۳/۶۱ و انحراف معیار ۰/۵۰ بودند. درگروه آزمایش تعداد ۱۶ نفر از پدران و ۱۸ نفر از مادران، در گروه کنترل تعداد ۲۲ نفر از پدران و ۲۱ نفر از مادران دارای تحصیلات دانشگاهی بودند. در گروه آزمایش ۱۶ نفر و در گروه کنترل ۱۷ نفر پایگاه اجتماعی – اقتصادی خود را متوسط گزارش کردند.

در جدول ۳ میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه‌ها گزارش‌شده است. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که میانگین گروه آزمایش در متغیرهای پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر و کارایی یادگیری از پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش‌یافته است. باوجوداینکه میانگین پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر در گروه کنترل از پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش‌یافته است اما این مقدار افزایش در مقایسه با گروه آزمایش کمتر است. همچنین مقایسه میانگین دو گروه دربار شناختی ادراک‌شده نیز نشان می‌دهد که اختلاف میانگین گروه آزمایشی از میانگین گروه کنترل ۱/۵۹- است.

قبل از انجام تحلیل‌های آماری داده‌های پژوهش، ابتدا نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف- اسمیرنوف بررسی شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که توزیع داده‌های پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر ($P>۰/۰۵$)، بار شناختی ادراک‌شده ($P>۰/۰۵$) نرمال می‌باشد.

به‌منظور بررسی میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش و گروه کنترل از آزمون تحلیل کوواریانس تک متغیری استفاده شد. قبل از انجام آزمون تحلیل کوواریانس، پیش‌فرض‌های آن سنجیده شد. به کمک آزمون لون همگنی واریانس‌ها بررسی شد. نتایج ($P>۰/۰۵$ و $F=۰/۰۵۴$) حاکی از همگنی واریانس‌ها است. همچنین اثر تعامل پیش‌آزمون و متغیر مستقل معنادار نبود ($P>۰/۰۵$ و $F=۰/۰۳۱$). لذا استفاده از مدل کوواریانس در تحلیل داده‌ها مناسب بود. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که بین میانگین نمرات دو گروه در پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر اختلاف معناداری مشاهده می‌شود ($P<۰/۰۰۱$ و $F=۱۸/۷۱$).

پس از بررسی میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش با دانش‌آموزان گروه کنترل، با استفاده از مدل تحلیل واریانس تک متغیری میزان بارشناختی ادراک‌شده دو گروه تحلیل شد. ابتدا پیش‌فرض‌های آزمون تحلیل واریانس تک متغیری بررسی شد. نتایج ($P>۰/۰۵$ و $F = ۱/۸۶$) حاکی از همگنی واریانس‌ها است. به‌این‌ترتیب، مفروضه‌های تحلیل واریانس تک متغیری در مورد داده‌ها صادق است. یافته‌های جدول ۵ نشان می‌دهد بین دو گروه در بار شناختی ادراک‌شده تفاوت معناداری وجود دارد ($P<۰/۰۰۱$ و $F=۱۵/۷۰$). این یافته بدان معنا است که بار شناختی ادراک‌شده گروه آزمایش به‌طور معنادار کم‌تر از دانش‌آموزان گروه کنترل است.

جدول ۳. میانگین و انحراف استاندارد متغیرهای وابسته به تفکیک گروه‌ها

متغیرها	مرحله	آزمایش		کنترل	
		میانگین	انحراف استاندارد	میانگین	انحراف استاندارد
پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر	پیش‌آزمون	۷/۰۷	۶/۵۰	۶/۲۱	۳/۵۵
	پس‌آزمون	۴۳/۶۴	۱۷/۷۳	۲۷/۸۳	۱۳/۵۸
بار شناختی ادراک‌شده	پس‌آزمون	۳/۶۴	۱/۶۲	۵/۲۳	۱/۶۳
کارایی یادگیری	پیش‌آزمون	۰/۲۴	۱/۱۲	-۰/۲۴	۱/۰۳
	پس‌آزمون	۰/۶۵	۱/۲۴	-۰/۶۵	۱/۰۶

جدول ۴. خلاصه تحلیل کوواریانس تک متغیری پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر در دو گروه

منبع	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	η^2
گروه	۲۷۸۷/۷۲۲	۱	۲۷۸۷/۷۲۲	۱۸/۷۱	۰/۰۰۰۱	۰/۲۶۱
پیش‌آزمون	۵۵۷۰/۴۸۷	۱	۵۵۷۰/۴۸۷	۳۷/۴۰	۰/۰۰۰۱	۰/۴۱۴

جدول ۵. نتایج آزمون تحلیل واریانس اثرات بار شناختی بر بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان

منبع	مجموع مجذورات	df	میانگین مجذورات	F	p	η^2
گروه	۳۵/۱۶۳	۱	۳۵/۱۶۳	۱۵/۷۰	۰/۰۰۰۱	۰/۲۲۵
خطا	۱۲۰/۸۹۹	۵۴	۲/۲۳۹			
کل	۱۵۶/۰۶۲	۵۵				

درنهایت کارایی یادگیری مبتنی بر بار شناختی بررسی شد. از فرمول ۱ برای محاسبه شاخص کارایی استفاده شد. ابتدا کارایی یادگیری قبل از اجرا برنامه (کارایی اولیه) محاسبه گردید. به‌منظور بررسی میزان کارایی شرایط قبل از اجرا، نمرات میان‌ترم دانش آموزان در درس ریاضی (نمره پیشرفت قبلی آن‌ها) و بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان از ابتدای سال تحصیلی تا زمان اجرا برنامه (بار شناختی اولیه) به نمره Z تبدیل شد. سپس میزان کارایی یادگیری قبل از اجرا برنامه محاسبه شد. یافته‌ها نشان می‌دهد که شاخص کارایی قبل از اجرا برنامه در گروه آزمایش ۰/۲۴ و در گروه کنترل ۰/۲۴- است. (جدول ۶ و شکل ۱). بعد از تعیین شاخص کارایی اولیه، نمرات بار شناختی و پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر هر دانش‌آموز در گروه آزمایش و کنترل به نمره Z تبدیل شد و میزان کارایی یادگیری بعد از اجرای برنامه آموزشی محاسبه گردید. یافته‌ها نشان می‌دهد که شاخص کارایی در برنامه آموزش مبتنی بر بار شناختی ۰/۶۵ و در گروه کنترل ۰/۶۵- است (جدول ۷ و شکل ۲).

به‌منظور بررسی کارایی یادگیری دانش‌آموزان گروه آزمایش و گروه کنترل از آزمون t مستقل استفاده شد. ابتدا پیش‌فرض‌های آزمون t مستقل بررسی شد. نتایج آزمون لون نشان داد چون ($P>۰/۰۵$ و $F = ۱/۲۴$ قبل از اجرای برنامه)، ($P>۰/۰۵$ و $F = ۲/۱۴$ بعد از اجرای برنامه) است بنابراین همگنی واریانس‌ها تأیید می‌گردد. همچنین یافته‌ها نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین مقادیر کارایی یادگیری گروه کنترل و آزمایش قبل از اجرای برنامه آموزشی وجود ندارد ($P>۰/۰۵$ و $t=۱/۶۶۱$)، اما یافته‌ها بعد از اجرای برنامه آموزشی نشان می‌دهد که تفاوت معناداری بین مقادیر کارایی یادگیری گروه کنترل و آزمایش وجود دارد ($P<۰/۰۱$ و $t=۴/۰۳۱$). (جدول ۸ و ۹).

جدول ۶. میانگین از نمرات Z پیشرفت تحصیلی قبلی و نمرات بار شناختی اولیه

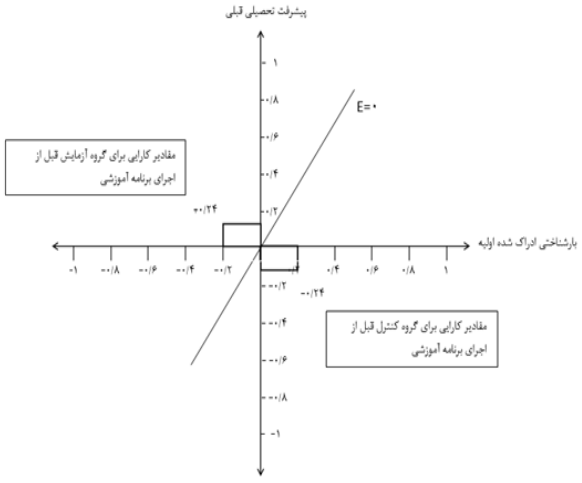
گروه‌ها	بار شناختی*	پیشرفت جبر*	مقادیر کارایی
آزمایش	-۰/۲	۰/۱۴	۰/۲۴
کنترل	۰/۲	-۰/۱۴	-۰/۲۴

* نمرات تبدیل‌شده Z

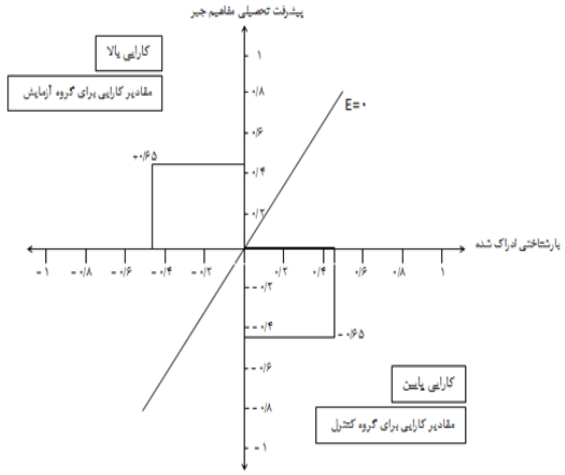
جدول ۷. میانگین از نمرات Z پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر و نمرات بار شناختی

گروه‌ها	بار شناختی*	پیشرفت جبر*	مقادیر کارایی
آزمایش	-۰/۴۷	۰/۴۵	۰/۶۵
کنترل	۰/۴۷	-۰/۴۵	-۰/۶۵

* نمرات تبدیل‌شده Z



شکل ۱. مقادیر کارایی گروه آزمایش و کنترل قبل از اجرای برنامه



شکل ۲. مقادیر کارایی گروه آزمایش و کنترل بعد از اجرای برنامه

جدول ۸. نتایج آزمون t مستقل مقایسه مقادیر کارایی در دو گروه آزمایش و کنترل قبل از اجرای برنامه آموزشی

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	F لون	سطح معناداری	مقدار t	درجات آزادی	سطح معناداری
آزمایش	۰/۲۴	۱/۱۲	۱/۲۴	۰/۲۷۰	۱/۶۶۱	۵۴	۰/۱۰۳
کنترل	-۰/۲۴	۱/۰۳					

جدول ۹. نتایج آزمون t مستقل مقایسه مقادیر کارایی در دو گروه آزمایش و کنترل بعد از اجرای برنامه آموزشی

گروه‌ها	میانگین	انحراف استاندارد	F لون	سطح معناداری	مقدار t	درجات آزادی	سطح معناداری
آزمایش	۰/۶۵	۱/۲۴	۲/۱۵	۰/۱۴۹	۴/۰۳۱	۵۴	۰/۰۰۰۱

بحث

هدف اصلی این مطالعه بررسی اثربخشی برنامه آموزشی اثرات بار شناختی بر کارایی یادگیری مفاهیم جبر در دانش‌آموزان دختر پایه هفتم بود. به‌منظور تعیین کارایی یادگیری ابتدا پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر و بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان تحت برنامه آموزشی مبتنی براثرات بار شناختی با دانش‌آموزان تحت برنامه سنتی بررسی شد. نتایج ن شان داد که دانش‌آموزان گروه آزمایش به نسبت گروه کنترل، بار شناختی ادراک‌شده پایین‌تر و عملکرد بالاتری در مفاهیم جبر داشتند. نتایج این مطالعه با پژوهش Pass وVan Merriënboer هماهنگ است. آن‌ها نشان دادند مطالعه مثال‌های حل‌شده و تکمیل کردنی در هندسه بر حل مسائل متعارف برتری دارند [۳۴]. همچنین، این یافته با نتایج پژوهش Cooper و Sweller

هماهنگ است. آن‌ها گزارش کردند مثال‌های حل‌شده در مقایسه با روش حل مسئله فرایند انتقال را در مسائل جبری تسریع می‌کند[۱۷]. Takır وAksu نیز نشان دادند اثرات بار شناختی موجب پیشرفت تحصیلی بالاتر و بار شناختی کمتر در مفاهیم جبر می‌شود که با این یافته هماهنگ است[۳۲]. در تبیین این یافته‌ها می‌توان گفت ادعای اصلی نظریه بار شناختی این است که بدون داشتن دانشی درباره ساختار شناختی انسان، تأثیرگذاری طرح آموزشی احتمالاً تصادفی است. به‌طور خاص‌تر، طبق نظریه بار شناختی ازآنجایی‌که بسیاری از تکنیک‌های آموزشی سنتی محدودیت‌های ساختار شناختی انسان را به‌طور دقیق و درست موردتوجه قرار نمی‌دهند، نمی‌توانند ساختار و کارکرد سیستم شناختی انسان را با اصول طرح‌ریزی آموزشی ادغام کنند [۶]. فرض اصلی نظریه بار شناختی طراحی آموزشی مبتنی بر ویژگی‌های ساختار شناختی انسان است. این مطلب نشان‌دهنده آن است که آموزش باید محدودیت‌های حافظه فعال را در نظر بگیرد و بر ضرورت این مطلب تأکید کند که تکنیک‌های آموزشی در راستای اصول عملی اصلی سیستم شناختی انسان طرح‌ریزی شوند[۵،۹]. در این پژوهش با بهینه‌سازی روش تدریس با ظرفیت شناختی یادگیرندگان، دستورالعمل‌هایی به کار گرفته شد تا شیوه‌های آموزشی، کارکرد بهتری برای دانش‌آموزان با سطح معلومات پایین و بالا داشته باشند و با افزایش میزان خبرگی دانش‌آموزان، شیوه‌های آموزشی تغییر یابند. درواقع در این طراحی سعی شد که با خبره شدن دانش‌آموزان از حداقل راهنمایی استفاده شود، بنابراین در گروه آزمایش فعالیت‌های آموزشی موجب پیشرفت تحصیلی و یادگیری بهتر شد. اگرچه میانگین نمرات پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر در گروه آزمایش بالاتر از گروه کنترل بود، اما میانگین نمرات دو گروه تقریباً پایین بود. از دلایلی که باعث کسب این نمرات ضعیف شده است می‌توان به عوامل فرهنگی اشاره کرد. برای مثال Hoppe – Graff وKim نشان دادند که شاگردان کره‌ای معمولاً دسترسی به یادگیری را نه‌تنها به‌عنوان یک وظیفه می‌بینند بلکه نسبت به والدینشان برای یادگیرنده موفق بودن احساس وظیفه می‌کنند که این امر منجر به تلاش زیادتر و درنهایت بار مطلوب بیشتر می‌شود[۳۹]. بنابراین بار مطلوب نه‌تنها تابعی از کیفیت آموزش است بلکه تحت تأثیر جنبه‌ای از خودتنظیمی یادگیرنده نیز می باشدکه می‌تواند از عوامل فرهنگی فراگیران تأثیر بگیرد[۴۰]. همچنین ترس از ریاضیات در سراسر جهان گسترده شده است و به‌عنوان یک درس "سخت" درک شده است[۴۱]. به نظر می‌رسد در فرهنگ ایرانی نیز دانش‌آموزان نوعی ترس از ریاضی دارند که بر عملکرد آن‌ها تأثیر می‌گذارد. همچنین اکثر دانش‌آموزان ایرانی ارتباط مطالب آموخته‌شده در درس ریاضی را با دنیای واقعی درنمی‌یابند. آن‌ها باید دریابند که ریاضیات را چه در مدرسه چه در خارج از مدرسه چگونه به کار بگیرند. بر اساس پژوهش Özdemir و Üzel آموزش واقع‌بینانه ریاضیات مؤثرتر از آموزش با روش‌های سنتی است[۴۲]. بنابراین تا زمانی که ریاضی به‌صورت درسی رنج‌آور، کسالت‌بار و ناکام کننده جلوه کند، علاقه و تلاشی را برنمی‌انگیزد. ازآنجایی‌که ترکیب تلاش ذهنی (بار شناختی ادراک‌شده) و نمرات عملکرد (پیشرفت تحصیلی) کارایی نسبی یادگیری را تعیین می‌کند، نتایج این بررسی نشان داد که بین کارایی یادگیری گروه کنترل و آزمایش تفاوت معنادار وجود دارد. این نتیجه با نتایج پژوهش‌های پیشین که مدعی کارآمدتر بودن برنامه آموزشی طراحی‌شده با اصول بار شناختی بودند، همسو است[۲،۳۲،۲۵،۲۹،۳۰،۳۱]. در تبیین این یافته‌ها می‌توان این‌گونه استنباط کرد که ترکیب اندازه‌های تلاش ذهنی و پیشرفت تحصیلی می‌تواند اطلاعات مهمی درباره بار شناختی آشکار سازد که لزوماً با اندازه‌های پیشرفت تحصیلی و بار شناختی به‌تنهایی انعکاس داده نمی‌شود [۲،۳۲]. ازاین‌رو محیط‌های آموزشی کارآمد موجب می‌شوند که بر یادگیرنده‌ها بار شناختی کمی تحمیل شود و درنتیجه تلاش برای نتایج یادگیری بهتر افزایش یابد. همان‌گونه که سوئلر و همکاران بیان کردند دانش‌آموزان در محیط‌های بهینه‌شده بر اساس بار شناختی تلاش ذهنی کمتری را گزارش کردند[۹]. بنابراین می‌توان گفت کارآمدی، نتایج یادگیری را افزایش و بار شناختی ادراکی را به حداقل می‌رساند [۳۲]. در همین راستا،پژوهش Afgani Dahlan که از محیط یادگیری چندرسانه‌ای به‌عنوان تلاش برای کاهش بار شناختی در آموزش یادگیری اکتشافی ریاضی استفاده کرد، حاکی از آن است که آموزش یادگیری اکتشافی چندرسانه‌ای نسبت به یادگیری اکتشافی بدون اصول چندرسانه‌ای موجب عملکرد بالاتر و تلاش ذهنی کمتر در دانش‌آموزان می‌شود و به‌طور معناداری کارایی یادگیری را افزایش می‌دهد [۲]. همچنین Pappas بیان کرد یادگیری زمانی کارایی خواهد داشت که در کاربرد ظرفیت ذهنی بار اضافی تحمیل نشود، بنابراین طراحی یادگیری مبتنی بر نظریه بار شناختی نیاز به معلمی دارد که بتواند بارهای شناختی موردقبول را تنظیم کند تا دانش‌آموزان بار اضافی تجربه نکنند[۷].

در تفسیر یافته‌های پژوهش توجه به برخی از محدودیت‌ها ضروری به نظر می‌رسد. ازآنجاکه در این پژوهش دانش‌آموزان در ابتدای سال تحصیلی به کلاس‌ها تقسیم‌شده بودند. بنابراین تقسیم‌بندی افراد در گروه آزمایش و کنترل به‌صورت تصادفی امکان‌پذیر نبود. همچنین نمونه موردبررسی صرفاً از مدارس

دخترانه و مفاهیم آموزشی صرفاً متمرکز بر مفاهیم جبر در ریاضی بود. درنهایت اعتبار و روایی ابزارهای اندازه‌گیری پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر فقط طبق نظر معلمان بود نه بر مبنای یک آزمون استاندارد. بنابراین پژوهشگران نسبت به تعمیم‌های غیرمجاز هشدار می‌دهند.

پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی مطالعاتی طرح‌ریزی شود که در آن نقش تعدیل‌کننده جنسیت در برنامه آموزشی مبتنی براثرات بار شناختی در نظر گرفته شود. همچنین پیشنهاد می‌شود از آزمون‌های استاندارد ریاضی برای بررسی پیشرفت ریاضی استفاده شود. مطالعات بیشتری لازم است تا اثربخشی برنامه مبتنی براثرات بار شناختی را بر سایر مفاهیم ریاضی بررسی کنند. توصیه می‌شود این برنامه در مورد سایر محتواهای ریاضی با متغیرهای دیگری که می‌توانند عامل تعیین‌کننده در محاسبه کارایی یادگیری باشند، طرح‌ریزی و آزمایش شود. به لحاظ کاربردی، نتایج این پژوهش دریچه‌هایی را به سمت توجه مسئولان، برنامه ریزان و دست‌اندرکاران نظام آموزشی به‌منظور افزایش کارایی یادگیری می‌گشاید. به نظر می‌رسد که نگرش‌ها، رویکردها و روش‌های فعلی آموزش باید موردبررسی و تجدیدنظر قرار گیرد. همچنین ضروری است دست‌اندرکاران نظام آموزشی در برنامه‌های تربیت‌معلم، آموزش اصول پایه و اساسی نظریه بار شناختی را قرار دهند و با آموزش معلمان، راهنمایی‌های ضروری را در حمایت از فرایندهای شناختی دانش‌آموزان فراهم کنند تا معلمان این اصول را با توجه به ظرفیت محدود حافظه فعال دانش‌آموزان در جهت افزایش کارایی یادگیری در آموزش و برنامه‌ریزی درس‌ها به کار بگیرند.

نتیجه‌گیری

به‌کارگیری اصول نظریه بار شناختی در طراحی برنامه آموزشی می‌تواند پیشرفت تحصیلی را افزایش و بار شناختی ادراک‌شده دانش‌آموزان را کاهش دهد. همچنین به یادگیرنده‌ها این امکان را می‌دهد تا تلاش شناختی موجود را صرف یادگیری بهتر کنند که درنتیجه آن کارایی یادگیری افزایش یابد.

تقدیر و تشکر

از مساعدت‌های صمیمانه تمامی عوامل به‌ویژه مدیریت آموزش‌وپرورش‌منطقه۶ شهر تهران، مدیران مدارس، دانش‌آموزان و کلیه کسانی که درروند انجام پژوهش همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

تأییدیه اخلاقی

ملاحظات اخلاقی در پژوهش با جلب رضایت آگاهانه شرکت‌کنندگان رعایت شده است هم‌چنین به افراد درباره محرمانه بودن نتایج اطمینان داده‌شده است.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافعی وجود ندارد.

منابع مالی

این پژوهش با بودجه شخصی نویسندگان انجام‌شده است.

References

1. Mayer, RE. Multimedia learning-prinsip-prinsip dan aplikasi. Surabaya: ITS Press. Paas, F., & Van Merrie nboer, J. J. G. (1993). the efficiency of instructional conditions: an approach to combine mental effort and performance measures. Hum.Factors 2009; 35(4), 737-743.
2. Afgani Dahlan, J. Performance, Mental Effort, and Efficiency of Multimedia-Based Discovery Learning in Mathematics Learning. IJCAS2016; 3(10), 29-39.
3. Clark RC, Nguyen F, Sweller J. Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load: San Francisco, CA: Pfeiffer. 2005.
4. Paas F, Renkl A, Sweller J. Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. Educ Psychol2003; 38(1):1-4.
5. Paas F, Van Gog T, Sweller J. Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. Educ Psychol Rev 2010; 22(2):115-121.
6. Schnotz W, Kürschner C. A reconsideration of cognitive load theory. Educ Psychol Rev 2007; 19(4):469-508.
7. Pappas, C. Cognitive Load Theory and Instructional Design.[Online].2014;Diaksesdarihttp://elearningindustry.com/cognitive-load-theory-and-instructional-design.

8. Clarke T, Ayres P, Sweller J. The impact of sequencing and prior knowledge on learning mathematics through spreadsheet applications. Educ Technol Res Dev 2005; 53(3):15-24.
9. Sweller J, Ayres P, Kalyuga S. Cognitive load theory. Springer Science & Business Media; 2011.
10. Sweller J. Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. Educ Psychol Rev 2010; 22(2):123-138.
11. Renkl A, Atkinson RK. Structuring the transition from example study to problem solving in cognitive skill acquisition: A cognitive load perspective. Educ Psychol. 2003; 38(1):15-22.
12. Alamalhoda S H. The New strategies in mathematics education. Tehran, Shiveh Publication. 2002.[Persian]
13. Karimi A. A view on the ranking and progress of Iranian students in the TIMSS and PIRLS studies, A report of national center of TIMSS and PIRLS at Iranian, Research Center of Education studies. 2008. [Persian]
14. Karimi A, Bakhshalizadeh S H, Kabiri M. Overview of the most important results of the TIMSS & PIRLS 2011 and compared it with Iranian students' performance in terms of Previous periods.A report of national center of TIMSS and PIRLS at Iranian, Research Center of Education studies.2012. [Persian]
15. Paas FG, Van Merriënboer JJ. The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. Hum Factors1993; 35(4):737-743.
16. Atkinson RK, Derry SJ, Renkl A, Wortham D. Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. Rev Educ Res 2000; 70(2):181-214.
17. Cooper G, Sweller J. Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer.J Educ Psychol 1987; 79(4):347-362.
18. ZhuX,SimonHA.Learningmathematics from examples and by doing. Cogn Instr1987; 4(3):137-166.
19. Jalani NH, Sern LC. Effects of example-problem based learning on transfer performance in Circuit Theory. Jof Technical Education and Training. 2014; 6(2):28-37.
20. Jalani NH, Sern LC. The Example-Problem-Based Learning Model: Applying Cognitive Load Theory. Procedia-Social and Behavioral Sciences. 2015; 195: 872-880.
21. McLaren BM, van Gog T, Ganoe C, Karabinos M, Yaron D. The efficiency of worked examples compared to erroneous examples, tutored problem solving, and problem solving in computer-based learning environments. Comput Human Behav2016; 55:87-99.
22. Sweller J, Chandler P, Tierney P, Cooper M. Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. J Exp Psychol*1990*; *119*(2): 176-192
23. Mousavi SY, Low R, Sweller J. Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. J. Educ. Psychol 1995; 87(2):319 -334.
24. Tabbers HK, Martens RL, Merriënboer JJ. Multimedia instructions and cognitive load theory: Effects of modality and cueing. Br. J. Educ. Psychol2004; 74(1):71-81.
25. Kalyuga S, Chandler P, Sweller J. Learner experience and efficiency of instructional guidance. Educ Psychol 2001; 21(1):5-23.
26. Nievelstein F, Van Gog T, Van Dijck G, Boshuizen HP. The worked example and expertise reversal effect in less structured tasks: Learning to reason about legal cases. Contemp Educ Psychol. 2013; 38(2):118-125.
27. Brunstein A, Betts S, Anderson JR. Practice enables successful learning under minimal guidance. J Educ Psychol2009; 101(4):790.
28. Bokosmaty S, Sweller J, Kalyuga S. Learning geometry problem solving by studying worked examples: Effects of learner guidance and expertise. . Am Educ Res J 2015; 52(2):307-333.
29. Gerven PW, Paas F, Merriënboer JJ, Hendriks M, Schmidt HG. The efficiency of multimedia learning into old age. Br J Educ Psychol. 2003; 73(4):489-505.
30. Van Gerven PW, Paas FG, Van Merriënboer JJ, Schmidt HG. Cognitive load theory and aging: Effects of worked examples on training efficiency. Learn Instr2002; 12(1):87-105.
31. Van Merriënboer JJ, Schuurman JG, De Croock MB, Paas FG. Redirecting learners' attention during training: Effects on cognitive load, transfer test performance and training efficiency. Learn Instr2002; 12(1):11-37.
32. Takır A, Aksu M. The effect of an instruction designed by cognitive load theory principles on 7th grade students' achievement in algebra topics and cognitive load. Creat Educ 2012; (3) 2, 232-240.

33. Paas FG. Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. J Educ Psychol1992; 84(4):429-434.

34. Paas FG, Van Merriënboer JJ. Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. Educ Psychol Rev 1994; 6(4):351-371.

35. Mahbobi T, Zare H, Sarmadi M, Far Danesh H, Feizi A. The Effectiveness of Instructional Design Principles on Learning Issues Cognitive Load in Multimedia Learning environments. Journal of Higher Education Curriculum Studies. 2012; 3(6): 29- 46. [Persian]

36. Ganji, H. Psychological tests. 2nded.. Tehran: Savalan Publication; 2005. [Persian]

37. Karami A. Wechsler Intelligence Scale manual for Children's. Tehran, Psychometric Publication Center. 2013. [Persian]

38. Marnat GG. Handbook of Psychological Assessment for clinical psychologists, counselors and psychiatrists. (H.Pasha Sharifi & M.R. Nikkhooi). Tehran: Sokhan Publication.2013. [Persian]

39. Hoppe-Graff S, Kim HO. Understanding Rights and Duties in Different Cultures and Contexts: Observations from German and Korean Adolescents. In N. J. Finkel & F. M. Moghaddam (Eds). The law and public policy. The psychology of rights and duties: Emprical contributions and normative commentaries2005: 49-73.

40. Winne PH, Hadwin AF. Studying as self-regulated learning. Metacognition in educational theory and practice. 1998; 93: 277-304.

41. Ozcakir Sumen O, Caglayan KT, Kartal A. Fear of Mathematics of Pre-Service Primary School Teachers. .Hacet U Egitim Fak 2015; 30(2):69-80.

42. Özdemir, E., & Üzel, D.The effect of realistic mathematics education on student achievement and student opinions towards instruction. Hacet U Egitim Fak 2011; 40: 332-343.