



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 Children 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 Children
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: This was 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.

Key Words: 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

اثر بخشی برنامه آموزشی بار شناختی بر کارایی یادگیری مفاهیم جبر در دانش آموزان دختر پایه هفتم شهر تهران

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

چکیده

اطلاعات مقاله

زمینه و اهداف: کارایی یادگیری مبتنی بر تلاش ذهنی و عملکرد تحصیلی دانش آموزان است و در سیستم تحصیلی سنتی برنامه های درسی بدون توجه به اثرات بار شناختی طرح ریزی می شوند، لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی اثربخشی برنامه آموزشی بار شناختی بر کارایی یادگیری مفاهیم جبر در دانش آموزان 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 دانش آموزان دختر مدارس دولتی پایه هفتم منطقه ۶ شهر تهران در سال تحصیلی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ تشکیل دادند که ۵۶ نفر با روش نمونه گیری تصادفی خوشه ای از دو مدرسه انتخاب شدند. برنامه آموزشی مبتنی بر اثرات بار شناختی به مدت ۴ هفته و در مجموع ۸ جلسه اجرا شد. میزان اثربخشی برنامه آموزشی با آزمون مفاهیم جبر، مقیاس درجه بندی ذهنی بار شناختی و اندازه های کارایی پاس و مرینبوئر ارزیابی شد. داده های پژوهش با مدل تحلیل کوواریانس، تحلیل واریانس و آزمون t مستقل با استفاده از نرم افزار Spss-20 تحلیل شد.

یافته ها: یافته ها نشان داد که گروه آزمایشی، پیشرفت تحصیلی بالاتر ($P < 0.001$ و $F = 18.71$) و بار شناختی پایین تر ($P < 0.001$ و $F = 15.70$) از دانش آموزان گروه کنترل داشتند. همچنین یافته ها نشان داد کارایی یادگیری گروه آزمایشی بالاتر از گروه کنترل می باشد ($P > 0.001$ و $t = 4.31$).

نتیجه گیری: از آنجایی که ترکیب بار شناختی ادراک شده و پیشرفت تحصیلی تعیین کننده میزان کارایی یادگیری بود، می توان با طراحی برنامه آموزشی مبتنی بر اثرات بار شناختی، نتایج یادگیری را افزایش و بار شناختی ادراکی را در دانش آموزان به حداقل رساند.

کلمات کلیدی: بار شناختی، پیشرفت تحصیلی، کارایی یادگیری

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

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



مقدمه

لحاظ شناختی در یادگیری کار آسانی نیست^[۱]. یکی از نظریه هایی که اخیراً پژوهش های قابل توجهی در طراحی آموزشی مطالب درسی و فعالیت های شناختی دانش آموزان 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 پایه ریزی شده است و در دهه ۱۹۸۰ توسط Sweller و همکارانش در دانشگاه نیوسوت ولز طرح ریزی گردید^[۲]. بر اساس این نظریه نقش های متفاوتی که حافظه فعال و حافظه بلندمدت در ذهن بشر ایفا می کند موجب به وجود آمدن دسته بندی انواع بار شناختی شده است. بار شناختی درونی

در نظام کنونی آموزش و پرورش بر امر یادگیری و آموزش دانش آموزان باهدف پیشرفت آن ها در زمینه تحصیلی تأکید می گردد. همچنین پیشرفت تحصیلی یکی از اهداف اصلی فرایند یاددهی - یادگیری است که به وسیله آموزش و فعالیت های تربیتی قابل دستیابی است. از نظر مایر پیشرفت تحصیلی، بااهمیت به یادگیری شاگرد محور برانگیخته می شود؛ به عبارت دیگر یادگیری معنادار زمانی شکل می گیرد که فعالیت شناختی دانش آموزان به وسیله فعالیت های رفتاری حمایت شود^[۱]، بنابراین آنچه در ابتدا باید مورد توجه معلمان باشد ایجاد فعالیت شناختی در دانش آموزان است هرچند که فعال ساختن دانش آموزان به

(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، به کارگیری اثرات بار شناختی در طراحی آموزشی به منظور افزایش کارایی یادگیری است. اثرات بار شناختی شامل اثرات مثال حل شده (Worked Example Effect) و تکمیل مسئله (Completion Problem)، اثر تقسیم توجه (Attention Split Effect)، اثر مجرای حسی (Effect Modality)، اثر معکوس خبرگی (Expertise Effect)، اثر تقسیم توجه (Effect Modality)، اثر معکوس خبرگی (Expertise Effect)، اثر تقسیم توجه (Attention Split Effect)، اثر حذف راهنمایی (Guidance fading effect) می‌باشد. اثر مثال حل شده، تکنیکی است که با جایگزین کردن تمرین‌های عملی با مجموعه‌ای از مثال‌های حل شده بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد^[۸]. اثر تکمیل مسئله یک مثال حل شده ناتمام است که در آن یادگیرنده باید برخی مراحل مهم راه حل را کامل کند^[۹]. بر اساس نظر Sweller، تقسیم توجه وقتی رخ می‌دهد که یادگیرندگان مجبورند توجهشان را بین حداقل دو منبع اطلاعاتی که به طور فضایی یا زمانی جدا شده‌اند، تقسیم کنند^[۹]. اصل زیر بنایی اثر مجرای حسی این است که علائم دیداری پیچیده وقتی به طور 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 حل شده به یادگیرنده‌ها ارائه شود و سپس تکمیل مسائل و پس از آن تکالیف مسئله‌ای کامل ارائه گردد^[۱۱]. اثرات ذکر شده با تأکید بر اثر مثال حل شده و اثر تکمیل مسئله به عنوان اثرات اصلی نظریه بار شناختی در این پژوهش در نظر گرفته شده‌اند تا با به کارگیری 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 به طور 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 Van Merriënboer و Paas، ترکیب نمره‌های عملکرد تکلیف (پیشرفت تحصیلی) و تلاش ذهنی (بار شناختی ادراک شده) نسبت به زمانی که عملکرد یا تلاش ذهنی به تنهایی اندازه‌گیری می‌شوند، می‌تواند مهم‌تر باشد. این روش آموزش، بار شناختی ادراک شده هنگام یادگیری را کاهش داده، موجب تسهیل یادگیری و افزایش کارایی یادگیری می‌شود^[۱۵]. کارایی را می‌توان به عنوان ویژگی دستاوردهای آموزشی تعریف کرد که منجر به یادگیری سریع‌تر، بهتر یا هر دو می‌شود^[۳]. به عبارت دیگر 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 به وسیله مثال‌های حل شده از سال ۱۹۵۰ به کاربرده شده است^[۱۶]. بسیاری از پژوهش‌ها آشکارا رویکردهای مثال‌های حل شده برای یادگیری را با رویکرد حل مسئله مقایسه کرده‌اند^[۹]. تأثیرگذاری اثر مثال‌های حل شده در بسیاری از پژوهش‌ها تأیید شده است^[۳، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰، ۲۱]. شواهد نشان دادند اگر مثال‌های حل شده به وسیله 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 به وسیله ارائه بیانات در شکل شنیداری نسبت به شکل

دیداری می‌توان اجتناب کرد^[۲۳]. Tabbers و همکاران نیز نتایج مشابهی 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 مشابهی 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 در نتیجه آن کارایی یادگیری افزایش یابد. از آنجایی که برنامه‌های درسی مختلف در سیستم تحصیلی سنتی بدون توجه به اصول این نظریه طرح‌ریزی شده‌اند، 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 انجام شده است.

روش بررسی

پژوهش حاضر از نظر هدف، پژوهشی کاربردی و از نظر ماهیت مطالعه‌ای شبه آزمایشی است. جامعه آماری پژوهش حاضر را کلیه دانش‌آموزان دختر مدارس دولتی پایه هفتم منطقه

۶ شهر تهران در سال تحصیلی ۱۳۹۴-۱۳۹۵ 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 بر نداشتن 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 در مجموع ۸ جلسه یک و نیم ساعته اجرا شد. به هر دو گروه محتوای ریاضیات مشابهی تدریس شد اما در گروه آزمایش از یک کتابچه (برنامه آموزشی) طرح‌ریزی‌شده مبتنی بر اثرات 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 بر اثرات بار شناختی

گام‌های برنامه آموزشی	توضیحات مبتنی بر هر گام
گام اول	در ابتدای هر جلسه دانش‌آموزان تعیین می‌شد، از آنجایی که کلاس‌های درس، از نظر پیشرفت تحصیلی ناهمگن هستند از این‌رو 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 گنجانده شده 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 مشابهی به دانش‌آموزان ارائه می‌شد.
گام پنجم	ارائه مثال‌های کامل کردنی
گام ششم	بر طبق نظریه بار شناختی، پس از آنکه دانش‌آموزان در رابطه با یک موضوع کسب تجربه کردند، مثال‌های حل‌شده و مثال‌های کامل کردنی برای یادگیری خطرناک‌تر می‌شدند به‌جای آن که سودمند باشند، به این دلیل پس از 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
جبر و 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، 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) از نظر معلمان ریاضی در دو بعد هدف و محتوا ارزیابی شد. به‌عنوان مثال 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 گزاران 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 مورد استفاده 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 Van Merriënboer و Pass

میزان آلفای کرونباخ 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 کرونباخ 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 [۲]. 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. (فرمول ۱)

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

مقیاس تجدیدنظر شده هوش وکسلر کودکان: از آنجاکه 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

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 گزارش شده است. نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که میانگین گروه آزمایش در متغیرهای پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر و کارایی یادگیری از پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش یافته است. باوجوداینکه میانگین پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر در گروه کنترل از پیش‌آزمون به پس‌آزمون افزایش یافته است اما این مقدار افزایش در مقایسه با گروه آزمایش کمتر است. همچنین مقایسه میانگین دو گروه دربار شناختی ادراک شده 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 ($P>0/05$)، بار شناختی ادراک شده ($P>0/05$) نرمال می‌باشد.

به منظور 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 ($P>0/05$ و $F=0/054$) حاکی از همگنی واریانس‌ها است. همچنین اثر تعامل پیش‌آزمون و متغیر مستقل معنادار نبود ($P>0/05$ و $F=0/031$). 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 ($P<0/001$ و $F=18/71$).

پس از بررسی میزان پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان گروه آزمایش با دانش‌آموزان گروه کنترل، با استفاده از مدل تحلیل واریانس تک متغیری میزان بارشناختی ادراک شده دو گروه تحلیل شد. ابتدا پیش‌فرض‌های آزمون تحلیل واریانس تک متغیری بررسی شد. نتایج ($P>0/05$ و $F=1/86$) حاکی از همگنی واریانس‌ها است. به این ترتیب، مفروضه‌های تحلیل واریانس تک متغیری در مورد داده‌ها صادق است. یافته‌های جدول ۵ نشان می‌دهد بین دو گروه در بار شناختی ادراک شده تفاوت معناداری وجود دارد ($P<0/001$ و $F=15/70$). این یافته بدان معنا است که بار شناختی ادراک شده گروه آزمایش به طور معنادار کمتر از دانش‌آموزان گروه کنترل است.

استفاده شد. این مقیاس از دو خرده مقیاس هوش کلامی و هوش عملی تشکیل شده 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 روزه کار می‌رود^[۳۶]. اعتبار آزمون، با روش دونیمه کردن و باز آزمایی برای آزمون‌های فرعی و نیز برای هوش‌بهرهای کلامی، عملی و کل محاسبه شده 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 استفاده شده است از جمله همبستگی این آزمون با آزمون استنفورد- بینه (تجدیدنظر چهارم) برابر ۰/۷۸ با آزمون‌های گروهی هوش ۰/۶۶ و با آزمون‌های ملاکی مناسب از جمله 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 پرورش 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 تجزیه و تحلیل داده‌ها

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

یافته‌ها

به منظور جمع‌آوری اطلاعات جمعیت شناختی از کاربرگ محقق ساخته استفاده شد. تعداد کل نمونه بررسی شده 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. در گروه 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

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 ادراک شده	پس‌آزمون	۳/۶۴	۱/۶۲	۵/۲۳	۱/۶۳
	پیش‌آزمون	۰/۲۴	۱/۱۲	-۰/۲۴	۱/۰۳
کارایی یادگیری	پس‌آزمون	۰/۶۵	۱/۲۴	-۰/۶۵	۱/۰۶
	پیش‌آزمون	۰/۲۴	۱/۱۲	-۰/۲۴	۱/۰۳

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

منبع	مجموع مجزورات	df	میانگین مجزورات	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 ادراک شده دانش‌آموزان

منبع	مجموع مجزورات	df	میانگین مجزورات	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				

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).

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 دانش‌آموزان در درس ریاضی (نمره پیشرفت قبلی آن‌ها) و بار شناختی ادراک شده 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

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

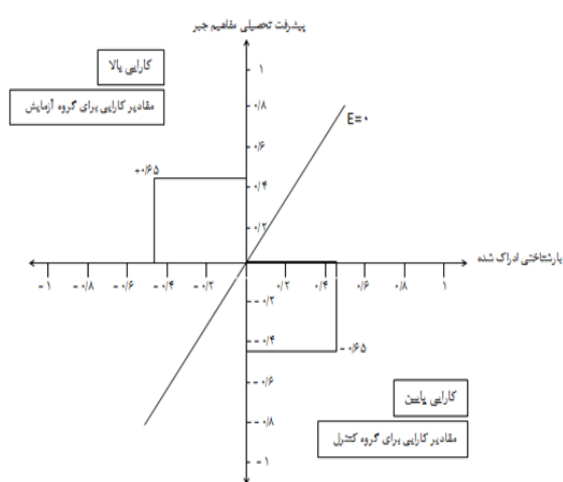
گروه‌ها	بار شناختی*	پیشرفت جبر*	مقادیر کارایی
آزمایش	-۰/۲	۰/۱۴	۰/۲۴
کنترل	۰/۲	-۰/۱۴	-۰/۲۴

* نمرات تبدیل شده Z

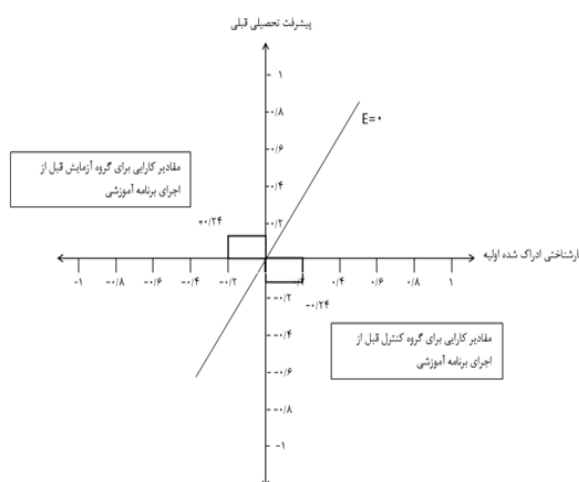
جدول ۷. میانگین از نمرات Z پیشرفت تحصیلی مفاهیم جبر و نمرات بار شناختی

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

* نمرات تبدیل شده Z



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



شکل ۱. مقادیر کارایی گروه آزمایش و کنترل قبل 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

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 و Van 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

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 بر اثرات بار شناختی با دانش‌آموزان تحت برنامه سنتی بررسی شد. نتایج ن

هماهنگ است. آن‌ها گزارش کردند مثال‌های حل‌شده در مقایسه با روش حل مسئله فرایند انتقال را در مسائل جبری تسریع می‌کند^[۱۷]. Aksu و Takır 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 از آنجایی که 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 Kim و Hoppe – Graff نشان دادند که شاگردان کره‌ای معمولاً دسترسی به یادگیری را نه تنها 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 نه تنها تابعی از کیفیت آموزش است بلکه تحت تأثیر جنبه‌ای از خودتنظیمی یادگیرنده نیز می‌باشد که 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 در نمی‌یابند. 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 ناکام‌کننده جلوه کند، علاقه و تلاشی را بر نمی‌انگیزد. از آنجایی که 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،۳۵،۳۹،۴۰]. 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]. از این‌رو محیط‌های آموزشی کارآمد موجب می‌شوند که بر یادگیرنده‌ها بار شناختی کمی تحمیل شود و در نتیجه 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. از آنجاکه 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

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 در نتیجه آن کارایی یادگیری افزایش یابد.

تقدیر و تشکر

از مساعدت‌های صمیمانه تمامی عوامل به‌ویژه مدیریت آموزش و پرورش منطقه ۶ شهر تهران، مدیران مدارس، دانش‌آموزان و کلیه کسانی که در روند 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 داده شده است.

تعارض منافع

بین نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی وجود ندارد.

منابع مالی

این پژوهش با بودجه شخصی نویسندگان انجام شده است.

دخترانه و مفاهیم آموزشی صرفاً متمرکز بر مفاهیم جبر در ریاضی بود. در نهایت 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 بر اثرات 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 بر اثرات 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

References

1. Mayer, RE. Multimedia learning-prinsip-prinsip dan aplikasi. Surabaya: ITS Press. Paas, F., & Van Merriënboer, 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 Factors* 1993; 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. Zhu X, Simon HA. Learning mathematics from examples and by doing. *Cogn Instr* 1987; 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, Ganoë 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 Behav* 2016; 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. Psychol* 2004; 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 Psychol* 2009; 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 Instr* 2002; 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 Instr* 2002; 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 Psychol* 1992; 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 commentaries* 2005: 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.