

## The Effect of Extraneous Cognitive Load on Cognitive Engagement and Germane Cognitive Load of Students: The Effect of Desirable Difficulty

Saeideh Zahed \*

Corresponding Author, Ph.D. in Educational Psychology, Department of Educational Psychology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: s\_zahed@atu.ac.ir

Hossein Kareshki 

Associate Professor, Department of Educational Psychology, Ferdowsi University, Mashhad, Iran. E-mail: kareshki@um.ac.ir

Parvin Roshanghias 

Ph.D. in Curriculum Planning, Esfahan University, Esfahan, Iran. E-mail: proshanghias@gmail.com

### Abstract

The purpose of this study was to investigate the effect of extraneous cognitive load on cognitive engagement and germane cognitive load of students: the effect of desirable difficulty. The design of this study was quasi-experimental with pre-test-post-test and control group, and the statistical population of the research included female students of high school in Esfahan in the academic year 2021-2022. 30 participants were selected by the available sampling method and assigned randomly to control and experimental groups. To induce extrinsic load, the text's disfluency effect was used. Thus, in the pre-test stage, both groups were given a text with fluent (readable) font to read for 10 minutes. They were then asked to indicate their evaluation of the text by answering the Cognitive Load Questionnaire (Klepsch & Seufert, 2017) and the Cognitive Engagement Subscale (Reeve, 2013). In the post-test, a text parallel to the pre-test text was given to the participants, with the difference that the text font of the experimental group was manipulated to be less readable. Then both groups were asked to answer the cognitive load and cognitive engagement questionnaires. Data were analyzed using MANCOVA. The results indicated a significant difference between experimental and control groups in terms of cognitive engagement and germane load. Therefore, it seems that a certain amount of extraneous load can stimulate a germane cognitive process, by creating cognitive engagement.

**Keywords:** Extraneous Cognitive load, Germane Cognitive Load, Cognitive Engagement, Desirable Difficulty

**Cite this Article:** Zahed, S., Kareshki, H., & Roshanghias, P. (2024). The Effect of Extraneous Cognitive Load on Cognitive Engagement and Germane Cognitive Load of Students: The Effect of Desirable Difficulty. *Educational Psychology*, 19(70), 180-199. <https://doi.org/10.22054/jep.2023.71445.3759>



© 2016 by Allameh Tabataba'i University Press  
**Publisher:** Allameh Tabataba'i University Press  
**DOI:** <https://doi.org/10.22054/jep.2023.71445.3759>

## 1. Introduction

According to the theory of cognitive load, an increase in extraneous cognitive load has an adverse effect on learning. However, recent studies show that sometimes this type of load can lead to favorable learning and processing outcomes (Skulmowski & Xu, 2022). In justifying the contradictions between recent studies and the assumptions of cognitive load theory, Skulmowski and Xu (2022) propose the cost-benefit approach. In this approach, extraneous load is considered as cost and germane load as profit. According to this model, if a type of learning includes some extraneous load as a cognitive cost, the benefit from increasing the germane load may exceed the cost and thus promote learning. Mayer (2014) considers the mechanism of such confrontation to be increased motivation. He emphasizes that some components of the learning environment that may have unnecessary information or increase difficulty, in fact, stimulate productive processes (germane cognitive load), by increasing motivation. Therefore, such instructional designs may be desirable in situations where learners are not constantly overloaded.

However, the studies conducted in the field of cognitive load and cognitive engagement are mostly based on correlational studies and the effects of extraneous load on cognitive engagement and germane load have not been investigated empirically. Therefore, the aim of this study was to investigate the effect of extraneous cognitive load on cognitive engagement and germane load in students.

## 2. Literature Review

According to the theory of cognitive load, the inclusion of seductive details increases the extraneous load and reduces the available mental resources for learning processing (for example, Harp & Mayer, 1998). However, recent studies show that, at least in some cases, especially in digital learning environments, seductive details increase the motivation and transfer of learning in learners (Bateman et al, 2010).

Also, studies show that text disfluency can lead to improved performance despite creating difficulty in the learner's reading. For example, Diemand-Yauman et al. (2011) showed in their study that fonts that are less fluent and legible lead to more retention in controlled experimental situations and real classroom environments. Therefore, it has been suggested that perceived disfluency can act as a desirable difficulty in education (Bjork, 1994; Klepsch & Seufert, 2020). Because

a difficult situation causes learners to use processing strategies in a more deliberate way.

In another study, Eitel et al. (2014) showed that the disfluency of the text leads to better performance in the transfer test and mental effort (cognitive load). Seufert et al. (2016) showed a u-shaped pattern of the relationship between text disfluency and germane cognitive load, at a descriptive level, based on which low to medium levels of text disfluency lead to more germane cognitive load. These findings challenge the basic principles of cognitive load theory (Seufert et al, 2016; Skulmowski & Xu, 2022).

### **3. Methodology**

The method of this research was semi-experimental with a pre-test–post-test pattern along with an unequal control group. The statistical population included all female students at Farhangian University in Isfahan, who were studying in the academic year 2021-2022. For this purpose, 30 students were selected using the available sampling method and were randomly assigned to the experimental and control groups.

In order to induce extraneous load, the effect of disfluency was used. According to the disfluency effect, fluent and legible texts induce less extraneous cognitive load to the learner and less fluent text induces higher extraneous cognitive load to them (Klepsch & Seufert, 2020). Based on this, in the pre-test phase, a text that was legible in terms of font, color, and size of letters (B Nazanin, 14, black) was given to both groups to read for 10 minutes. Then they were asked to complete a cognitive load questionnaire and cognitive engagement scale. In the post-test, a text parallel to the pre-test text was given to the experimental group, which was less legible in terms of the font, size and color of the letters (B Arash, 12, gray 25%). But the text of the control group, in terms of the font, size and color of the letters used in the text, was in accordance with the pre-test. Then, the students were asked to answer the cognitive load questionnaire and cognitive engagement scale.

### **4. Results**

MANCOVA method was used to analyze the research data, after checking the necessary assumptions. The results indicate that all four statistics, namely Pillai's trace, Wilks' lambda, Hotelling's trace, and Roy's largest root are significant ( $p < 0.01$ ). So, the independent variable

was effective on the linear combination of the dependent variables and there was a significant difference between the groups. In order to investigate the hypotheses, ANCOVA was used.

**Table 1**

*Tests of Between-Subjects Effects*

source	Dependent variable	SS	Df	MS	F	Sig.	Eta
Group	Germane load	5.5	1	5.5	4.64	.005	.28
	Cognitive engagement	4.9	1	4.9	6.64	.17	.22

The results of the table show that by taking into account and reducing the initial difference, between the experimental and control groups, a significant difference was observed in the variables of germane load and cognitive engagement ( $P < 0.01$ ). Eta squared also showed that the independent variable explains 28% of the variance of germane load and 22% of the variance of cognitive engagement.

## 5. Conclusion

The results show that the increase in extraneous cognitive load leads to an increase in cognitive engagement as well as germane cognitive load in students. In other words, inducing levels of extraneous load in the form of influent texts increased cognitive engagement and germane load in learners. It seems that according to the opinion of Mayer (2014) and the benefit-cost approach (Skulmowski & Xu, 2022), a small amount of extraneous cognitive load, although it causes the capture of a part of the mental resources, leads to an increase in the cognitive engagement of learners and hence improves the germane cognitive load in them.

During the learning process, learners make judgments about the characteristics they perceive of the instructional process, and based on that, they spend a certain mental effort on educational resources (Salomon, 1984). If they find the assignment relatively difficult, this message is conveyed to the learners that the adopted strategies are not enough to understand the upcoming content and they should use deeper strategies to understand the educational content. Therefore, interventions that induce desirable difficulties, encourage deeper, slower, and more difficult processing and help learners to remember information (Bjork, 1994).

## تأثیر بار شناختی برون‌زاد بر درگیری شناختی و بار شناختی مطلوب دانشجویان: اثر دشواری مطلوب

سعیده زاهد\*

ایران. رایانامه: s\_zahed@atu.ac.ir

حسین کارشکی

رایانامه: kareshki@um.ac.ir

پروین روشن قیاس

دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه:  
proshanghias@gmail.com

نویسنده مسئول، دکتری روانشناسی تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی (ره)، تهران،

دانشیار گروه روانشناسی تربیتی و مشاوره، دانشگاه فردوسی، مشهد، ایران.

دکتری برنامه‌ریزی درسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران. رایانامه:

### چکیده

هدف مطالعه‌ی حاضر بررسی تأثیر بار شناختی برون‌زاد بر درگیری شناختی و بار شناختی مطلوب در دانشجویان بود. روش پژوهش از نوع شبه-آزمایشی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون با گروه کنترل و جامعه آماری شامل دانشجویان دختر مقطع کارشناسی شهرستان اصفهان بود. ابتدا ۳۰ دانشجو به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و تصادفاً به دو گروه آزمایش و کنترل گماشته شدند. برای القاء بار برون‌زاد از اثر ناسیالی متن استفاده گردید. بدین صورت که در مرحله پیش‌آزمون، متنی با فونت سیال (خوانا) به هر دو گروه داده شد تا به مدت ۱۰ دقیقه مطالعه کنند. سپس از آن‌ها خواسته شد تا ارزیابی خود را از متن با پاسخ دادن به پرسشنامه بار شناختی (Klepsch et al, 2017) و خرده مقیاس درگیری شناختی (Reeve, 2013) مشخص کنند. در مرحله بعد، متنی موازی با متن پیش‌آزمون به آزمودنی‌ها داده شد با این تفاوت که فونت متن گروه آزمایش به صورت کمتر خوانا دست‌کاری شد. سپس از هر دو گروه خواسته شد تا به پرسشنامه بار شناختی و درگیری شناختی پاسخ دهند. داده‌های پژوهش با روش MANCOVA تحلیل گردید. نتایج نشان داد تفاوت معناداری به لحاظ درگیری شناختی و بار شناختی مطلوب بین گروه آزمایش و گروه کنترل وجود دارد. از این رو به نظر می‌رسد حدی از بار برون‌زاد، با ایجاد درگیری شناختی می‌تواند پردازش شناختی مطلوب را در یادگیرندگان برانگیزد.

**کلیدواژه‌ها:** بار شناختی برون‌زاد، بار شناختی مطلوب، درگیری شناختی، دشواری مطلوب

**استناد به این مقاله:** زاهد، سعیده، کارشکی، حسین، و روشن قیاس، پروین. (۱۴۰۲). تأثیر بار شناختی برون‌زاد بر درگیری شناختی و بار شناختی مطلوب دانشجویان: اثر دشواری مطلوب. *فصلنامه روان‌شناسی تربیتی*، ۱۹(۷۰)، ۱۸۰-۱۹۹. <https://doi.org/10.22054/jep.2023.71445.3759>

## مقدمه

از جمله نظریات مطرح در زمینه‌ی طراحی آموزشی، نظریه بار شناختی<sup>۱</sup> ( Sweller et al, 1998) است که به نقش بار شناختی تحمیل شده به حافظه در جریان یادگیری می‌پردازد. مطابق با این نظریه، تکالیف یادگیری می‌توانند ۳ نوع بار شناختی را در حین یادگیری به حافظه فرد تحمیل کنند. نخست بار درونزاد است که از پیچیدگی تکلیف و سطح دانش قبلی یادگیرنده ناشی می‌شود. دومین بار شناختی، به تکلیف یادگیری ارتباط ندارد بلکه ناشی از نحوه ارائه تکالیف و مطالب آموزشی است که به بار برونزاد معروف است؛ و سومین نوع بار شناختی، موسوم به بار شناختی مطلوب، اشاره به میزان تلاش ذهنی دارد که یادگیرنده جهت ساخت و خودکارسازی طرح‌واره‌ها به خود تحمیل می‌کند ( Mayer, 2014; Klepsch & Seufert, 2020). در صورتی که مجموع این ۳ نوع بار، از ظرفیت حافظه‌ی کاری فرد تجاوز کند، موجب اضافه‌بار شناختی شده که می‌تواند یادگیری معنادار را مختل سازد (Van Merriënboer & Ayres, 2005). از این رو طراحان آموزشی همواره سعی دارند تا با توجه به اصول حاکم بر نظریه بار شناختی، تدابیری ایجاد کنند تا بار شناختی برونزاد به حداقل ممکن رسیده و بار شناختی مطلوب افزایش یابد. چرا که اعتقاد بر این است که افزایش بار برونزاد بخش قابل توجهی از ظرفیت حافظه‌ی کاری را اشغال کرده و در نتیجه فضای کمتری جهت پردازش عمیق محتوای یادگیری باقی می‌ماند (Plass & Kalyuga, 2019). با این حال بررسی نتایج به دست آمده از مطالعات اخیر نشان می‌دهد علی‌رغم مفروضات نظریه بار شناختی، مبنی بر تأثیر نامطلوب بار برونزاد بر یادگیری، در برخی مواقع این نوع بار می‌تواند پیامدهای یادگیری و پردازش مطلوب را نیز موجب شود (Skulmowski & Xu, 2022). به عنوان مثال، بر اساس مفروضات نظریه بار شناختی، گنجاندن جزئیات اغواکننده موجب افزایش بار برونزاد شده و از منابع ذهنی موجود جهت پردازش یادگیری می‌کاهد (برای مثال، Harp & Mayer, 1998؛ تازش و همکاران، ۱۳۹۵)؛ اما مطالعات اخیر نشان می‌دهد حداقل در برخی موارد، به ویژه در محیط‌های یادگیری دیجیتال، این جزئیات به ظاهر فریبنده، باعث افزایش انگیزش و انتقال یادگیری در یادگیرندگان می‌شود (Bateman et al, 2010). همچنین مطالعات نشان می‌دهد ناسیالی متن<sup>۲</sup> علی‌رغم ایجاد دشواری در خواندن یادگیرنده، می‌تواند به بهبود عملکرد منجر شود. برای مثال Diemand-Yauman و همکاران

<sup>1</sup> Cognitive load theory

<sup>2</sup> Text Disfluency

(2011) در مطالعه‌ی خود نشان دادند که فونت‌هایی که کمتر خوانا هستند موجب حفظ بیشتر مطالب در موقعیت آزمایشی کنترل‌شده و محیط‌های واقعی کلاس درس می‌شوند. از این رو پیشنهاد شده که ناسیالی ادراک‌شده می‌تواند به‌عنوان یک دشواری مطلوب<sup>۱</sup> در آموزش عمل کند (Bjork, 1994; Klepsch & Seufert, 2020). چراکه به اعتقاد آن‌ها یک موقعیت دشوار سبب می‌شود که افراد به شیوه‌ی عامدانه‌تری از راهبردهای پردازشی استفاده کنند. در مطالعه‌ی دیگری با هدف بررسی اثرات سیالی متن در یادگیری چندرسانه‌ای، Eitel و همکاران (2014) نشان دادند ناسیالی متن منجر به عملکرد بهتر در آزمون انتقال و تلاش ذهنی (بار شناختی) می‌شود. Seufert و همکاران (2016) الگوی u شکلی از رابطه‌ی ناسیالی متن و بار شناختی مطلوب، در سطح توصیفی نشان دادند که بر اساس آن سطوح کم تا متوسط ناسیالی متن، به بار شناختی مطلوب بیشتر می‌انجامد. این یافته‌ها با اصول اولیه نظریه بار شناختی در تناقض بوده و آن را به چالش می‌کشد (Seufert et al, 2016; Skulmowski & Xu, 2022).

در توجیه تناقضات موجود میان مطالعات اخیر و مفروضات نظریه بار شناختی، Skulmowski and Xu (2022) رویکرد هزینه-سود<sup>۲</sup> را مطرح می‌کنند. در این رویکرد بار برون‌زاد به‌عنوان هزینه و بار مطلوب به‌عنوان سود در نظر گرفته می‌شود. بر اساس این مدل، اگر نوعی از یادگیری، شامل مقداری بار برون‌زاد به‌عنوان یک هزینه شناختی باشد، سود حاصل از افزایش بار مطلوب ممکن است از هزینه تجاوز کرده و بنابراین یادگیری را ارتقاء خواهد داد. Mayer (2014) مکانیزم چنین تقابلی را افزایش انگیزش می‌داند. وی تأکید می‌کند که برخی مؤلفه‌های محیط یادگیری که ممکن است اطلاعات غیرضروری داشته باشند یا دشواری را افزایش دهند، در حقیقت، با افزایش دادن انگیزش، فرآیندهای موگلد (بار شناختی مطلوب) را تحریک می‌کنند. از این رو این گونه طراحی‌های آموزشی ممکن است در شرایطی که یادگیرندگان به‌طور مداوم دچار اضافه‌بار نمی‌شوند، مطلوب باشند.

مطالعات متعددی در زمینه رابطه‌ی انگیزش با بار شناختی صورت گرفته که نشان می‌دهد افرادی که از انگیزه‌ی بالاتری برخوردارند بیشتر در تکالیف دشوار (بار شناختی بالاتر) درگیر می‌شوند. Xu و همکاران (2021) در مطالعه‌ای با استفاده از مداخله‌ی رشد ذهنیت

<sup>1</sup> Desirable difficulties

<sup>2</sup> cost-benefit approach

پرورش این باور در یادگیرندگان که آنها قادرند ظرفیت ذهنی خود را با تمرین افزایش دهند) نشان دادند که تحریک انگیزشی، سطوح بار شناختی ادراک شده را کاهش داده و نمرات بازیابی و انتقال بالاتر را موجب می‌شود. این مطالعه از نقش انگیزش در یادگیری حمایت کرده و یک رابطه پیچیده را بین انگیزش و بار شناختی ادراک شده به نمایش گذاشت. همچنین این نتایج به‌طور ضمنی نشان می‌دهد که انگیزش افزایش یافته، ممکن است با مقداری از بار شناختی که توسط تکلیف یا محیط تحمیل می‌شود مقابله کرده و اثر آن را خنثی کند؛ به عبارت دیگر، اثر بار شناختی می‌تواند تحت تأثیر مداخلات انگیزشی قرار گیرد و از این رو تا حدی مستقل از دشواری واقعی تکلیف شود. از طرف دیگر Feldon و همکاران (2018) در پژوهش خود نشان دادند نه تنها انگیزش افراد بر ادراک دشواری تکلیف (بار شناختی) تأثیر می‌گذارد بلکه ادراک دشواری تکلیف نیز می‌تواند بر انگیزش دانشجویان اثرگذار باشد. در این پژوهش، سطوح بار شناختی تحمیل شده به شرکت کنندگان از طریق آموزش، دست‌کاری و تغییرات آن بر خودکارآمدی بررسی شد. تحلیل داده‌ها نشان داد گروهی که بار برونزاد کمتری را متحمل شدند خودکارآمدی بالاتری نشان دادند. در حالی که تحمیل بار برونزاد بیشتر، سطوح پایین‌تری از خودکارآمدی را پیش‌بینی کرد. از این رو Feldon و همکاران (2019) پیشنهاد می‌کنند که بار شناختی می‌تواند به‌عنوان شکلی از هزینه‌ی انگیزشی عمل کرده و بر تمایل یادگیرندگان به درگیری با یک تکلیف یادگیری اثر گذارد (Feldon et al, 2019). تمایل یادگیرنده برای درگیری در تکلیف یادگیری، شاخص اساسی انگیزش است (Feldon et al, 2019)؛ بنابراین، اگر یادگیرنده تکلیف را بسیار دشوار بداند، ممکن است اصلاً درگیر آن نشود (Clark, 1999).

یکی از انواع درگیری که در مباحث آموزشی توجه بیشتری را به خود اختصاص داده درگیری شناختی<sup>۱</sup> است که اشاره به سطح درگیری دانش‌آموز با تجربه یادگیری داشته و نشان می‌دهد تا چه میزان فرد مایل است برای درک ایده‌های پیچیده و تسلط بر مهارت‌های دشوار تلاش کند (Fredricks et al, 2004; Shi et al, 2021). Marks (2000) نیز آن را به‌عنوان فرآیند روان‌شناختی که توجه، علاقه، سرمایه‌گذاری و تلاش دانش‌آموزان را در یادگیری درگیر می‌کند معرفی می‌کند.

مطالعاتی چند تلاش کرده‌اند تا رابطه میان درگیری شناختی و ابعاد بار شناختی از جمله تلاش ذهنی را بررسی کنند. به‌عنوان مثال Vesga و همکاران (2021) در پژوهشی نشان دادند

<sup>1</sup> Cognitive engagement



که ابعاد بار شناختی (یعنی تلاش و سرخوردگی<sup>۱</sup>) در تبیین واریانس درگیری شناختی نقش دارند. نتایج مطالعه‌ی Kahu و همکاران (2015) نیز حاکی از آن است که سرخوردگی ناشی از طراحی ضعیف مطالب و بار شناختی بالا، به‌طور منفی بر درگیری دانش‌آموزان و کناره‌گیری آن‌ها از دروس اثر دارد. بااین‌حال سرخوردگی کوتاه‌مدت اثرات کم یا هیچ اثری بر درگیری دانش‌آموزان نداشت. Chi and Wylie (2014) نیز پیوندی را بین درگیری شناختی و بار شناختی از نظر تعاملی بودن، سازنده‌گرایی، فعال بودن و کنش‌پذیری، قائل‌اند و بیان می‌دارند که افزایش درگیری، یادگیری بیشتری را ایجاد می‌کند اما مستلزم تلاش بیشتری نیز بوده و بار شناختی بیشتری را به یادگیرنده تحمیل می‌کند. همچنین Smiley and Anderson (2011) در پژوهش خود یک رابطه مثبت معنادار و دوسویه بین تلاش و درگیری نشان دادند. آن‌ها استدلال می‌کنند که یادگیرندگان تلاش بیشتری صرف تکالیفی می‌کنند که از نظر آن‌ها به لحاظ شناختی درگیرکننده‌تر باشد. درعین‌حال افزایش درگیری در تکالیف یادگیری ممکن است ارزش آن را برای یادگیرنده بالا برده و باعث افزایش تلاش در وی شود. به نظر می‌رسد مکانیزم راه‌اندازی انگیزه درگیری در تکالیف، به ادراک دشواری تکلیف مربوط می‌شود. به اعتقاد Alter و همکاران (2009; 2007) ناسیالی متن، ادراک دشواری تکلیف را بالا برده و موجب فعال شدن سیستم پردازش آگاهانه، تلاش‌مند، کند و تحلیلی می‌شود. یکی از عواملی که بر دشواری ادراک شده اثر می‌گذارد، میزان تلاش موردنیاز (بار شناختی) تکلیف است (Salomon, 1984) که به‌عنوان یک نشانه‌ی فراشناختی عمل کرده و فرد بر مبنای آن یادگیری خود را تنظیم می‌کند (Seufert, 2020).

بااین‌حال مطالعات انجام‌شده در زمینه بار شناختی و درگیری شناختی، بیشتر بر پایه‌ی مطالعات همبستگی بوده و مشخصاً تأثیرات بار برون‌زاد بر درگیری شناختی بررسی نشده است. از طرف دیگر، بر اساس پیشینه‌ی پژوهش به نظر می‌رسد درگیری شناختی در رابطه‌ی بین بار برون‌زاد و بار مطلوب دخیل است. لذا هدف پژوهش حاضر بررسی تأثیر بار شناختی برون‌زاد بر درگیری شناختی و بار شناختی مطلوب در دانشجویان است. جهت‌القاء بار برون‌زاد از اثر ناسیالی متن استفاده شد که شیوه‌ی دریافت مطالب را با دشواری همراه می‌سازد (Klepsch & Seufert, 2020; Skulmowski & Xu, 2022). بر اساس نظر Feldon (2018) و نظریه بار شناختی (Sweller et al, 1998) فرض بر این است که گروه کنترل (متن سیال)، بار شناختی مطلوب بیشتر، و درگیری شناختی بیشتری را گزارش دهند

<sup>1</sup> Frustration

چراکه بار برونزاد کمتری را تحمل کرده و از این رو منابع شناختی بیشتری را جهت یادگیری بهتر در اختیار خواهند داشت؛ اما از طرف دیگر با توجه به رویکرد هزینه- سود (Skulmowski & Xu<sup>2022</sup>) انتظار می‌رود گروه آزمایش (متن ناسیال) بار شناختی مطلوب بیشتر و نیز درگیری بیشتری را گزارش دهند. چراکه مقداری بار برونزاد، با افزایش انگیزه‌ی یادگیرندگان جهت درگیری با تکلیف، بار شناختی مطلوب را افزایش می‌دهد.

### روش

روش پژوهش حاضر شبه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون پس‌آزمون با گروه کنترل، و جامعه آماری شامل دانشجویان دختر کارشناسی رشته آموزش ابتدایی دانشگاه فرهنگیان استان اصفهان پردیس فاطمه الزهرا (س) بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ مشغول به تحصیل بودند. با توجه به اینکه حداقل حجم نمونه برای مطالعات آزمایشی ۱۵ نفر عنوان شده (دلاور، ۱۳۹۶) از بین اعضاء جامعه، تعداد ۳۰ دانشجو، به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب، و به صورت تصادفی در گروه آزمایش و کنترل گماشته شدند.

ابزارهای مورد استفاده در پژوهش حاضر از قرار زیر است:

پرسشنامه بار شناختی<sup>۱</sup>: جهت اندازه‌گیری بار شناختی برونزاد و مطلوب، از پرسشنامه بار شناختی Klepsch و همکاران (2017) استفاده شد. این ابزار دارای ۸ گویه بوده و ۳ عامل را در برمی‌گیرد: دو گویه مختص اندازه‌گیری بار شناختی درونزاد، سه گویه برای اندازه‌گیری بار شناختی برونزاد، و سه گویه برای اندازه‌گیری بار شناختی مطلوب. افراد باید به سؤالات پرسشنامه در یک مقیاس ۷ درجه‌ای از کاملاً نادرست تا کاملاً درست پاسخ دهند. اعتبار و روایی ابزار بر اساس مقایسه‌ی پاسخ‌های درجه‌بندی افراد با پیامدهایی که به لحاظ نظری پیش‌بینی شده محاسبه شد و مشخص شد که تمام آیتم‌ها قادرند بین تکالیف دارای بار مختلف تمایز قائل شوند. Klepsch و همکاران (2017) پایایی ابزار را در آیتم‌های مربوط به بار درونزاد، برونزاد و مطلوب به ترتیب  $\alpha=0/81$ ،  $\alpha=0/86$ ، و  $\alpha=0/70$  گزارش شده است (زاهد و همکاران، ۱۴۰۰). ضریب آلفای کرونباخ در مطالعه‌ی حاضر برای بار شناختی درونزاد، برونزاد و مطلوب به ترتیب  $0/77$ ،  $0/87$  و  $0/71$  به دست آمد.

<sup>1</sup> Cognitive load questionnaire

مقیاس درگیری شناختی<sup>۱</sup>: جهت اندازه‌گیری درگیری شناختی، از مقیاس درگیری تحصیلی Reeve (2013) استفاده گردید. این مقیاس شامل ۴ خرده مقیاس درگیری رفتاری، عاطفی، شناختی و عاملی می‌شود. درگیری شناختی به استفاده از راهبردها و مهارت‌های موردنیاز جهت تبحر در تکالیف درسی اشاره دارد. خرده مقیاس مربوط به اندازه‌گیری درگیری شناختی شامل ۴ گویه شده که نمونه‌ای از سؤالات مربوط به آن بدین شرح است: "در هنگام مطالعه سعی می‌کنم چیزی را که یاد می‌گیرم به تجربه‌های خود مرتبط سازم". نمره‌گذاری این مقیاس در طیف لیکرت ۷ درجه‌ای از بسیار موافقم = ۷ تا بسیار مخالفم = ۰ = درجه‌بندی شده و مجموع نمره هر یک از سؤالات، نمره هر بعد را به دست می‌دهد. Reeve (2013) ضریب آلفای کرونباخ مربوط به این خرده مقیاس را ۰/۸۴ گزارش کرده است (رمضانی و خامسان، ۱۳۹۶) و ضریب آلفای کرونباخ آن در مطالعه‌ی حاضر نیز ۰/۷۸ به دست آمد.

جهت القاء بار برون‌زاد، از اثر ناسیالی متن استفاده شد. بدین صورت که پس از انتساب دانشجویان به گروه آزمایش و کنترل، در مرحله پیش‌آزمون، متنی از محتوای درس روش تحقیق در اختیار هر دو گروه قرار گرفت که به لحاظ فونت، رنگ و اندازه حروف سیال (خوانا) بود (B Nazanin, 14, black) تا به مدت ۱۰ دقیقه مطالعه کنند. سپس از آن‌ها خواسته شد تا ارزیابی خود را با پاسخ دادن به پرسشنامه بار شناختی و خرده مقیاس درگیری شناختی مشخص کنند. در مرحله بعد، متنی موازی با متن پیش‌آزمون به آزمودنی‌ها داده شد با این تفاوت که متن گروه آزمایش به لحاظ شکل، اندازه و رنگ فونت انتخابی کمتر خوانا بود (B Arash, 12, gray 25%)؛ اما متن گروه کنترل، به لحاظ شکل، اندازه و رنگ فونت به کاررفته در متن سیال و خوانا بود. میزان اثر ناسیالی متن، بر اساس پژوهش Diemand-Yauman و همکاران (2013) انجام گرفت. پس از مطالعه‌ی متن، از دانشجویان خواسته شد تا به پرسشنامه‌ی بار شناختی و درگیری شناختی پاسخ دهند. همچنین تلاش شد اصول اخلاقی پژوهش با دادن حق انصراف از ادامه همکاری شرکت کنندگان، و تعهد پژوهشگر به حفظ اطلاعات شرکت کنندگان، رعایت شود.

جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها، از نرم‌افزار اسپ‌اس‌اس نسخه ۲۳، و آمار توصیفی و استنباطی استفاده گردید. در آمار توصیفی، داده‌های مربوط به میانگین و انحراف نمرات

<sup>1</sup> Cognitive engagement scale

گروه‌ها ارائه و جهت بررسی معناداری اثرات، از آزمون تحلیل کوواریانس چندمتغیره استفاده شد.

### یافته‌ها

جهت بررسی وضعیت کلی داده‌ها، ابتدا به بررسی آماره‌های توصیفی مربوط به متغیرهای پژوهش پرداخته شد. بدین جهت، میانگین و انحراف معیار متغیرهای پژوهش به تفکیک گروه‌های آزمایش و کنترل در جدول ۱ آورده شد.

جدول ۱. شاخص‌های توصیفی مقیاس بار شناختی در دو گروه آزمایش و کنترل

متغیر/مؤلفه	مراحل درون‌گروهی	آزمایش (n=15)		کنترل (n=15)	
		میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار
درون‌زاد	پیش‌آزمون	۲/۳۶	۰/۹۷	۳/۱۳	۱/۱۰
	پس‌آزمون	۳/۵۰	۰/۹۸	۳/۲۶	۰/۹۷
برون‌زاد	پیش‌آزمون	۳/۰۶	۱/۱۴	۳/۱۱	۰/۸۴
	پس‌آزمون	۳/۶۴	۱/۰۵	۳/۰۴	۰/۸۳
مطلوب	پیش‌آزمون	۲/۹۷	۱/۱۰	۳/۵۵	۰/۷۴
	پس‌آزمون	۴/۰۶	۱/۲۲	۳/۶۲	۰/۶۵
درگیری شناختی	پیش‌آزمون	۴/۵۸	۱/۲۸	۵/۱۵	۱/۲۵
	پس‌آزمون	۵/۷۰	۰/۸۹	۵/۱۳	۱/۱۳

جدول ۱ میانگین و انحراف معیار پیش‌آزمون و پس‌آزمون بار شناختی و مؤلفه‌های آن و درگیری شناختی را در دو گروه آزمایش و کنترل نشان می‌دهد. نتایج آمار توصیفی حاکی از آن است میانگین نمره بار شناختی برون‌زاد گروه آزمایش در پیش‌آزمون و پس‌آزمون به ترتیب برابر با ۳/۰۶ و ۳/۶۴ و گروه کنترل برابر با ۳/۱۱ و ۳/۰۴ است. همچنین میانگین نمره بار شناختی مطلوب گروه آزمایش در پیش‌آزمون و پس‌آزمون به ترتیب برابر با ۲/۹۷ و ۴/۰۶، و برای گروه کنترل برابر با ۳/۵۵ و ۳/۶۲ است. همچنین یافته‌های آمار توصیفی حاکی از آن است میانگین نمره درگیری شناختی گروه آزمایش در پیش‌آزمون برابر با ۴/۵۸ و در پس‌آزمون برابر با ۵/۷۰، و برای گروه کنترل به ترتیب ۵/۱۵ و ۵/۱۳ است. جهت بررسی معناداری، به نتایج آمار استنباطی باید رجوع کرد.

مطالعه‌ی حاضر به دنبال بررسی این فرضیات بود که: افزایش بار شناختی برون‌زاد، بر افزایش درگیری شناختی (فرضیه ۱) و افزایش بار شناختی مطلوب (فرضیه ۲) دانشجویان تأثیر دارد. لذا ابتدا جهت تجزیه و تحلیل داده‌های پژوهش و تعیین اینکه آیا ترکیب خطی متغیرهای وابسته پس از تعدیل تفاوت‌های اولیه، از متغیرهای مستقل تأثیر پذیرفته‌اند یا نه، پس از بررسی مفروضات لازم، از روش تجزیه و تحلیل کوواریانس چندمتغیری استفاده شد که نتایج آن در ادامه ارائه شده است.

#### مفروضات تحلیل کوواریانس چند متغیری

الف- نرمال بودن: جهت بررسی نرمال بودن توزیع صفت، از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف<sup>۱</sup> استفاده گردید. با توجه به اینکه سطح معناداری متغیرهای وابسته در تمامی گروه‌های آزمایش و کنترل بیشتر از ۰/۰۵ به دست آمد ( $p > ۰/۰۵$ )، در نتیجه توزیع متغیرها با توزیع نرمال تفاوت معنادار نداشته و مفروضه‌ی نرمال بودن برقرار است.

ب- همسانی ماتریس‌های واریانس- کوواریانس: به منظور آزمون این مفروضه از آزمون برابری ماتریس‌های کوواریانس ام باکس<sup>۲</sup> استفاده شد. بر اساس نتایج، سطح معناداری آزمون باکس ۰/۲۳۹ به دست آمد که معنادار نبوده ( $p > ۰/۰۵$ )؛ بنابراین مفروضه‌ی مورد نظر برقرار است.

ج- مفروضه‌ی همگنی واریانس‌ها: جهت بررسی این مفروضه، از آزمون لوین<sup>۳</sup> استفاده شد. بر اساس نتایج این آزمون، سطح معناداری برای متغیرهای بار شناختی درون‌زاد، بار شناختی برون‌زاد، بار شناختی مطلوب و درگیری شناختی به ترتیب ۰/۲۸، ۰/۹۹، ۰/۱۷ و ۰/۶۲ به دست آمد که در سطح ۰/۰۵ معنادار نیست ( $p > ۰/۰۵$ ).

با توجه به برقراری مفروضات لازم، از تحلیل کوواریانس چندمتغیری جهت مقایسه‌ی میانگین نمرات بار درون‌زاد، بار برون‌زاد، بار مطلوب و درگیری شناختی در پس‌آزمون استفاده شد که نتایج آن در جدول ۲ گزارش شده است.

<sup>۱</sup> Kolmogorov – Smirnov Test

<sup>۲</sup> Box's Test of Equality of Covariance Matrices

<sup>۳</sup> Levene's Test of Equality of Error Variances

جدول ۲. نتایج تجزیه و تحلیل کوواریانس چند متغیری

آزمون‌ها	مقادیر	F	درجه آزادی اثر	درجه آزادی خطا	سطح معناداری	اندازه اثر
اثر پیلائی	۰/۵۰	۵/۲۶	۴	۲۱	۰/۰۰۴	۰/۵۰۰
لامبدای ویلکز	۰/۵۰	۵/۲۶	۴	۲۱	۰/۰۰۴	۰/۵۰۰
اثر هتلینگ	۱/۰۰۲	۵/۲۶	۴	۲۱	۰/۰۰۴	۰/۵۰۰
بزرگ‌ترین ریشه‌ی روی	۱/۰۰۲	۵/۲۶	۴	۲۱	۰/۰۰۴	۰/۵۰۰

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، نتیجه‌ی تجزیه و تحلیل کوواریانس چندمتغیری حاکی از آن است که هر چهار آماره یعنی اثر پیلائی<sup>۱</sup> ( $F(4, 21) = 5.26, p \leq 0.001$ )، لامبدای ویلکز<sup>۲</sup> ( $F(4, 21) = 5.26, p \leq 0.001$ )، اثر هتلینگ<sup>۳</sup> ( $F(4, 21) = 5.26, p \leq 0.001$ )، و بزرگ‌ترین ریشه‌ی روی<sup>۴</sup> ( $F(4, 21) = 5.26, p \leq 0.001$ )، معنادارند. بدین ترتیب نتایج تجزیه و تحلیل کوواریانس نشان می‌دهد که متغیر مستقل بر ترکیب خطی متغیرهای وابسته مؤثر بوده و تفاوت معناداری بین گروه‌ها وجود دارد. به منظور بررسی فرضیه‌های پژوهش از تجزیه و تحلیل کوواریانس تک‌متغیره استفاده شد که نتایج آن در جدول ۳ نشان داده شده است.

جدول ۳. نتایج آزمون تحلیل کوواریانس گروه‌های آزمایش و کنترل در متغیرهای وابسته

متغیر وابسته	مجموع مجذورات	درجه آزادی	میانگین مجذورات	F	سطح معناداری	اندازه اثر
بار برونزاد	۲/۲۹	۱	۲/۲۹	۴/۲۲	۰/۰۱۴	۰/۲۳
بار مطلوب	۵/۵	۱	۵/۵	۴/۶۴	۰/۰۰۵	۰/۲۸
درگیری شناختی	۴/۹۵	۱	۴/۹۵	۶/۶۴	۰/۰۱۷	۰/۲۲

نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد که با در نظر داشتن و کم کردن تفاوت اولیه، تفاوت معناداری بین گروه‌های آزمایش و کنترل، در متغیرهای بار شناختی برونزاد ( $F(1) = 4.22, p = 0.014$ )، بار مطلوب ( $F(1) = 4.64, p = 0.005$ )، و درگیری شناختی ( $F(1) = 6.64, p = 0.017$ )، مشاهده گردید. همچنین مجذور اتای سهمی نشان می‌دهد که افزایش بار

<sup>1</sup> Pillai's trace

<sup>2</sup> Wilks' lambda

<sup>3</sup> Hotelling's trace

<sup>4</sup> Roy's largest root

برونزاد در قالب اثر سیالی متن، ۲۸ درصد از واریانس بار شناختی مطلوب و ۲۲ درصد از واریانس متغیر درگیری شناختی را تبیین می‌کنند.

### بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر به منظور بررسی تأثیر بار برونزاد بر درگیری شناختی و بار شناختی مطلوب در دانشجویان انجام گرفت. جهت القاء بار برونزاد، از اثر ناسیالی متن استفاده شد تا شیوه‌ی ارائه‌ی اطلاعات را با دشواری همراه سازد. یافته‌های به دست آمده، نشان می‌دهد افزایش بار شناختی برونزاد، درگیری شناختی و نیز بار شناختی مطلوب را در دانشجویان افزایش داد؛ به عبارت دیگر، القاء سطوحی از بار برونزاد در قالب متن‌های ناسیالی، موجب افزایش درگیری شناختی در یادگیرندگان شده و سطح بار شناختی مطلوب را افزایش داد. این نتایج با یافته‌های Sweller و همکاران (1998) و Feldon و همکاران (2018) ناهم‌سو و با یافته‌های Skulmowski and Xu (2022) همسو است.

در تبیین این یافته‌ها می‌توان عنوان کرد که برخلاف مفروضات نظریه‌ی بار شناختی (Sweller et al, 1998) مبنی بر تأثیر نامطلوب بار برونزاد بر پردازش‌های شناختی و یادگیری عمیق، به نظر می‌رسد مطابق با نظر Mayer (2014) و نیز رویکرد سود-هزینه (Skulmowski & Xu, 2022)، میزانی کمی از بار شناختی برونزاد اگرچه باعث تصرف بخشی از منابع ذهنی می‌شود اما افزایش درگیری شناختی یادگیرندگان را در پی داشته و از این رو بار شناختی مطلوب را در آن‌ها ارتقاء می‌دهد. آن‌طور که نظریات مرتبط پیش‌بینی کرده‌اند این اثر مثبت بار برونزاد بر بار شناختی مطلوب را می‌توان ناشی از افزایش انگیزش یادگیرندگان در درگیری با تکالیف یادگیری دانست.

در جریان یادگیری و مطالعه‌ی مطالب آموزشی، یادگیرندگان دربارهِی خصوصیاتِی که از روند آموزشی ادراک می‌کنند دست به قضاوت زده و بر اساس آن، تلاش ذهنی مشخصی را صرف منابع آموزشی می‌کنند (Salomon, 1984). در صورتی که تکلیف را نسبتاً دشوار ادراک کنند، ممکن است انگیزه‌ای برای تغییر راهبرد یادگیری در آن‌ها ایجاد شود. در واقع به نظر می‌رسد در موقعیت دارای بار برونزاد، این پیام به یادگیرندگان القاء می‌شود که راهبردهای اتخاذشده برای فهم محتوای پیش رو کفایت نمی‌کند و باید از راهبردهای عمیق‌تری برای درک محتوای آموزشی استفاده کنند. لذا مداخلاتی که پردازش عمیق‌تر،

آهسته‌تر و سخت‌تر را تشویق می‌کنند می‌توانند به افراد کمک کنند اطلاعات را به خاطر بسپارند (Bjork, 1994).

تصور این است که دشواری‌های مطلوب اگرچه یادگیری اطلاعات را سخت‌تر می‌کنند، اما همچنین افراد را تحریک به درگیری در پردازش عمیق‌تر، آهسته‌تر و تلامند اطلاعات می‌کنند. این فرآیند پردازش، افراد را به ادغام بهتر اطلاعات با دانش قبلی‌شان سوق داده و بنابراین در درازمدت حافظه بهتری برای آن خواهند داشت؛ به عبارت دیگر، زمانی که پردازش اطلاعات آسان باشد، تلاش کمتری را می‌طلبد، درحالی‌که زمانی که پردازش اطلاعات دشوار است، نیازمند صرف تلاش بیشتری است. از این رو به نظر می‌رسد، تلاش موردنیاز برای انجام یک تکلیف به عنوان یک نشانه‌ی فراشناختی عملکرد کرده و سطح درگیری یادگیرندگان را تنظیم می‌کند. در صورتی که فرد تلاش اندکی را برای انجام تکلیف کافی بداند، به فرآیندهای اکتشافی سریع‌تر، که از عمق کمتری برخوردار است تکیه می‌کند. در مقابل، ادراک دشواری تکلیف و ناروانی آن، نیاز به تلاش بیشتری دارد و به عنوان نشانه‌ای از "خطر" در نظر می‌گیرند و در این شرایط فرد به استفاده از فرآیندهای پردازشی آگاهانه، عمیق‌تر، کندتر و تحلیلی روی می‌آورد (Alter et al, 2007; Alter & Oppenheimer, 2009). از این رو به نظر می‌رسد دست‌کاری‌هایی که باعث ایجاد احساس دشواری می‌شوند (بار شناختی برونزاد)، افراد را به سمت نوعی پردازش عمیق‌تر اطلاعات سوق می‌دهند.

در مجموع به نظر می‌رسد رابطه‌ی بار شناختی و انگیزش، بسیار پیچیده بوده و نیازمند بررسی بیشتر است. مطابق با پیشینه‌ی موجود، به نظر می‌رسد در نظر گرفتن بار برونزاد، به عنوان هزینه، در نظریه انتظار- ارزش- هزینه، تا حدودی درست می‌نماید؛ اما آن گونه که Feldon و همکاران (2019; 2018) عنوان کردند، این افزایش هزینه در همه شرایط به ضرر یادگیری نیست. از منظر تحلیل هزینه- سود (Skulmowski & Xu, 2022)، سطح کم تا متوسط بار برونزاد، اگرچه ممکن است یک هزینه شناختی پایین به حافظه کاری تحمیل کند، اما به طور بالقوه یادگیرندگان را برمی‌انگیزاند تا تلاش بیشتری صرف کنند. ضمن اینکه افزایش بار شناختی مطلوب بسیار متأثر از عوامل انگیزشی بوده که فرد را به سمت تمایل به درگیری بیشتر و پردازش عمیق‌تر مطالب سوق می‌دهد. در واقع بار برونزاد می‌تواند با ایجاد چالش بر سر راه یادگیری، موجبات درگیری شناختی فرد را فراهم کرده و انگیزه لازم برای صرف منابع شناختی مطلوب را ایجاد کند. البته باید در نظر داشت که سطح دشواری و



ناروانی تکلیف، چالشی مناسب ارائه دهد (Zepeda et al, 2020; Bjork, 2020). چراکه اگر تکالیف خیلی سخت باشند، ممکن است فراگیران از انجام تکلیف منصرف شوند. از طرف دیگر، اگر تکلیف به اندازه کافی دشوار نباشد، ممکن است برخی از یادگیرندگان ارزشی برای انجام آن قائل نشده یا آن را کسالت‌بار و خسته‌کننده بدانند. ذکر این نکته لازم است که ایجاد بار برون‌زاد در قالب متون ناسیال اگرچه ممکن است منافی در جهت پردازش عمیق‌تر و درگیری فراگیران داشته باشد اما نباید جایگزینی برای راهبردهای مطالعه‌ی نظام‌مند و عمیق‌تر در نظر گرفته شوند.

مطالعه حاضر گام کوچکی در جهت بررسی روابط موجود بین بار شناختی و عوامل انگیزشی محسوب می‌شود. باین حال از آنجایی که پژوهش حاضر بر روی دانشجویان دختر مقطع کارشناسی انجام گرفته باید در تعمیم نتایج به سایر سنین و مقاطع تحصیلی احتیاط کرد. استفاده از حجم نمونه‌ی بیشتر، و بررسی این اثرات بر روی دانش‌آموزان در مقاطع تحصیلی مختلف، بینش جامع‌تری نسبت به نتایج به‌دست آمده در جمعیت‌های مختلف فراهم خواهند کرد. همچنین مطالعات آتی می‌توانند با بررسی متغیرهای انگیزشی دیگر قبل و بعد از القاء بار برون‌زاد، شناخت بیشتری از تأثیرات انگیزشی بر بار شناختی و بالعکس را مشخص کنند. به‌علاوه، بررسی عملکرد یادگیرندگان نیز به تکمیل یافته‌های موجود خواهد افزود. چراکه پیشینه‌ی پژوهش نشان می‌دهد لزوماً افزایش بار مطلوب، منجر به بهبود عملکرد نمی‌شود و تحت شرایطی ممکن است راهبردهای افزایش‌دهنده‌ی بار مطلوب، با راهبردهای یادگیری تداخل یابند (Klepsch & Seufert, 2020). همچنین از آنجایی که منابع بار شناختی برون‌زاد متعدد هستند (به‌عنوان مثال، اثر تقسیم توجه، اثر افزونگی و ...)، پیشنهاد می‌شود مطالعات آتی، تأثیر روش‌های دیگر القاء‌کننده بار برون‌زاد را بر پردازش مطلوب بررسی کنند.

## تعارض منافع

نویسندگان هیچ‌گونه تعارض منافی ندارند.

## سپاسگزاری

بدین وسیله از تمامی افرادی که ما را در مراحل انجام این مقاله یاری کردند سپاسگزاریم.

## منابع

- تازش، مریم، حسن‌آبادی، حمیدرضا و کدیور، پروین. (۱۳۹۵). نقش جزئیات فریبده در یادگیری درس علوم چندرسانه‌ای: اثرها بر بار شناختی و عملکرد. *فصلنامه روان‌شناسی شناختی*، ۴ (۳)، ۵۱-۶۰.
- دلاور، علی. (۱۳۹۶). *طرح‌های آزمایشی در روان‌شناسی و علوم تربیتی*. تهران: سمت.
- رمضانی، ملیحه و خامسان، احمد. (۱۳۹۶). شاخص‌های روان‌سنجی پرسشنامه درگیری تحصیلی ریدو ۲۰۱۳: با معرفی درگیری عاملی. *فصلنامه اندازه‌گیری تربیتی*، ۸ (۲۹)، ۱۸۵-۲۰۴.
- زاهد، سعیده، درتاج، فریبرز، اسدزاده، حسن، کدیور، پروین و فرخی، نورعلی. (۱۴۰۰). ساختار عاملی و اعتباریابی نسخه‌ی فارسی پرسشنامه بار شناختی. *فصلنامه روان‌شناسی شناختی*، ۹ (۱)، ۳۲-۴۴.

## References

- Alter, A. L., & Oppenheimer, D. M. (2009). Uniting the tribes of fluency to form a metacognitive nation. *Personality and Social Psychology Review*, 13, 219–235.
- Alter, A. L., Oppenheimer, D. M., Epley, N., & Eyre, R. (2007). Overcoming intuition: Metacognitive difficulty activates analytic reasoning. *Journal of Experimental Psychology*, 136, 569–576.
- Bateman, S., Mandryk, R. L., Gutwin, C., Genest, A., McDine, D., & Brooks, C. (2010). *Useful junk? The effects of visual embellishment on comprehension and memorability of charts*. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (pp. 2573–2582). Association for Computing Machinery.
- Bjork, R. A. (1994). *Memory and metamemory considerations in the training of human beings*. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (2020). Desirable difficulties in theory and practice. *Journal of Applied research in Memory and Cognition*, 9 (4), 475–479.
- Chi, M. T. H. & Wylie, R. (2014). “The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes”. *Educational Psychologist*, 49(4), 219–243. <http://doi.org/10.1080/00461520.2014.965823>.
- Clark, R. E. (1999). *The CaNE (Commitment and Necessary Effort) model of work motivation: a two-stage process of goal commitment and mental effort*. In J. Lowyck (Ed.), *Trends in corporate training*. Leuven, Belgium: University of Leuven Press.
- Diemand-Yauman, C., Oppenheimer, D. M., & Vaughan, E. B. (2011). Fortune favors the Bold (and the Italicized): Effects of disfluency on educational outcomes. *Cognition*, 118(1), 111–115.
- Eitel, A., Kühl, T., Scheiter, K., & Gerjets, P. (2014). Disfluency meets cognitive load in multimedia learning: Does harder-to-read mean better-to-understand? *Applied Cognitive Psychology*, 28(4), 488–501.
- Feldon, D. F., Callan G., Juth, S. & Jeong, S. (2019). Cognitive Load as Motivational Cost. *Educational Psychology Review*, <http://doi.org/10.1007/s10648-019-09464-6>

- Feldon, D. F., Franco, J., Chao, J., Peugh, J., & Maahs-Fladung, C. (2018). Self-efficacy change associated with a cognitive load-based intervention in an undergraduate biology course. *Learning and Instruction*, 56, 64–72.
- Fredricks, J. A., Phyllis, C. B. & Alison, H. P. (2004). “School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence”. *Review of Educational Research*, 74(1), 59–109. <http://doi.org/103102/00346543074001059>.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90(3), 414–434.
- Kahu, E., Stephens, C., Leach, L. & Zepke, N. (2015). “Linking academic emotions and student engagement: Mature-aged distance students’ transition to university”, *Journal of Further and Higher Education*, 39(4), 481–497. <http://doi.org/10.1080/0309877X.2014.895305>.
- Klepsch, M., Schmitz, F. & Seufert, T. (2017). Development and Validation of Two Instruments Measuring Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Frontiers in Psychology*, 8, 1997.
- Klepsch, M. & Seufert, T. (2020). Understanding instructional design effects by differentiated measurement of intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Instructional Science*, 48, 45-77. <http://doi.org/10.1007/s11251-020-09502-9>.
- Marks, H. M. (2000). “Student engagement in instructional activity: Patterns in the elementary, middle, and high school years”, *American Educational Research Journal*, 37, 153-184.
- Mayer, R. E. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and Instruction*, 29, 171–173.
- Plass, J. L. & Kalyuga, S. (2019). Four Ways of Considering Emotion in Cognitive Load Theory. *Educational Psychology Review*, 31(2), 339-359. <http://doi.org/10.1007/s10648-019-09473-5>.
- Reeve, J. (2013). How students create motivationally supportive learning environments for themselves: The concept of agentic engagement. *Journal of Educational Psychology*, 105, 579–595. <http://doi.org/10.1037/a0032690>
- Salomon, G. (1984). Television is "easy" and print is "tough": the differential investment of mental effort in learning as a function of perceptions and attributions. *Journal of Educational Psychology*, 76, 647–658.
- Shi, Y., Tong, M. & Long, T. (2021). Investigating relationships among blended synchronous learning environments, students’ motivation, and cognitive engagement: A mixed methods study. *Computers & Education*, 168, 104193. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104193>
- Skulmowski, A. & Xu, K. M. (2022). Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: a New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 34, 171–196. <http://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
- Smiley, W. & Anderson, R. (2011) “Measuring Students’ Cognitive Engagement on Assessment Tests: A Confirmatory Factor Analysis of the Short Form of the Cognitive Engagement Scale” *Research and Practice in Assessment*, 6, 17–28.
- Seufert, T. (2020). Building Bridges between Self-Regulation and Cognitive Load— an Invitation for a Broad and Differentiated Attempt. *Educational Psychology Review*, 32, 1151–1162. <http://doi.org/10.1007/s10648-020-09574-6>
- Seufert, T., Wagner, F. & Westpha, J. (2016). The effects of different levels of disfluency on learning outcomes and cognitive load. *Instructional Science*. <http://doi.org/10.1007/s11251-016-9387-8>

- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. W. C. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251–296.
- Van Merriënboer, J. J. G. & Ayres, P. (2005). Research on Cognitive Load Theory and Its Design Implications for E-Learning. *ETR&D*, 53(3), 5-13.
- Vesga, J. B., Xu, X., & He, H. (2021). The effects of cognitive load on engagement in a virtual reality learning environment. In *2021 IEEE Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)* (pp. 645-652). IEEE..
- Xu, K. M., Koorn, P., de Koning, B., Skuballa I., Lin, L., Henderikx. M., Marsh, H. W., Sweller, J. & Paas, Fred (2021). A growth mindset lowers perceived cognitive load and improved learning: integrating motivation to cognitive load. *Journal of Educational Psychology*, 113(6), 1177.
- Zepeda, C. D., Martin, R. S., & Butler, A. C. (2020). Motivational strategies to engage learners in desirable difficulties. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9(4), 464-470. <http://doi.org/10.1016/j.jarmac.2020.08.007>
- Delavar, A. (2016). *Experimental designs in psychology and educational sciences*. Tehran: Samt Publications. [In Persian]
- Ramazani, M., & Khamesan, A. (2017). Psychometric characteristics of Reeve's academic engagement questionnaire 2013: with the introduction of the Agentic Engagement. *Quarterly of Educational Measurement*, 8(29), 185-204. doi: 10.22054/jem.2018.22660.1555. [In Persian]
- Tazesh, M., hassanabadi, H. m., & Kadivar, P. (2016). Role of Seductive Details in multimedia learning of science: Effects on Cognitive load and performance. *Journal of cognitive psychology*, 4(3), 51-60. <http://jcp.khu.ac.ir/article-1-2555-fa.html>. [In Persian]
- Zahed, S., dortaj, F., asadzadeh, H., kadivar, P., & farokhi, N. (2021). Structure and validation of the Persian version of the Cognitive Load Questionnaire. *Journal of cognitive psychology*, 9(1), 39-54. <http://jcp.khu.ac.ir/article-1-3375-fa.html>. [In Persian]