Interdisciplinary Studies in Education
ISSN: 2980-9479

Representing Cognitive Economy in Modern Educational Paradigms: A Comparative Study of Flipped Classroom Strategy and Capsule Pedagogy in Primary Education[1]

Mohaddeseh Asnavandi [1], Rahim Moradi *,[2], Mohsen Bagheri [3]

[1] *M.A. in Educational Sciences, Arak University, Arak, Iran.*
[2] *Associate Professor, Department of Educational Sciences, Arak University, Arak, Iran.*
[2] *Associate Professor, Department of Educational Sciences, Arak University, Arak, Iran.*

ARTICLE INFO

RESEARCH ARTICLE

Received: 2026-04-03
Revised: 2026-07-09
Accepted: 2026-07-13
Available online:
2026-10-17

KEYWORDS:
Modern educational paradigms,
digital learning ecosystem,
flipped classroom,
capsule pedagogy,
cognitive load optimization.

[1] m-asnavandi@araku.ac.ir

[2] Corresponding author
r-moradi@araku.ac.ir

[3] m-bagheri@araku.ac.ir

EXTENDED ABSTRACT

Background and Objectives: In contemporary educational paradigms, managing learners' mental resources, conceptualized as "Cognitive Economy", has become a central concern for instructional designers. As educational systems move from memory-oriented approaches toward transformative models, optimizing students' limited working memory capacity emerged as a fundamental necessity. This imperative is reflected in Iran's Fundamental Reform Document of Education (FRDE), which emphasizes a shift from "teaching facts" to "meaningful understanding" and the intelligent use of modern technologies (Strategy 5-5). Despite such emphases, a gap persists between current instructional practices and the cognitive needs of "Generation Alpha," a generation exposed to massive digital information and vulnerable to cognitive overload (Noroozi et al., 2022). Traditional teaching methods, especially one-way transmission of information, have proven inadequate for ensuring deep learning and learner development, and the growing volume of content, limited class time, and declining motivation have intensified cognitive load (Fialho et al., 2024). In response, two emerging strategies in digital learning ecosystems have gained prominence: the "Flipped Classroom Strategy" and "Capsule Pedagogy" (Micro-learning). The flipped classroom restructures the time and place of learning by shifting initial content exposure outside the classroom (Hui et al., 2023), whereas Capsule Pedagogy distributes content into small, focused units that directly target extraneous cognitive load (Kohnke et al., 2024). Although each strategy has been studied independently, few studies have directly compared their effects on cognitive load—particularly among primary school students in Iran and in the Science curriculum. Accordingly, this study aimed to compare the effectiveness of the Flipped Classroom Strategy and Capsule Pedagogy on managing the cognitive load of second-grade primary school students in the Science curriculum.

1

Cite this article: Asnavandi, A., Moradi, R. & Bagheri, M. (2026). Representing cognitive economy in modern educational paradigms: A comparative study of flipped classroom strategy and capsule pedagogy in primary education. *Interdisciplinary Studies in Education, 5*(3), 74–105.
http://10.48310/ise.2026.22393.1573

© 2026 Authors retain the copyright and full publishing rights.
https://ise.cfu.ac.ir
Publisher: Farhangian University

Methods: **Participants.** This study employed a quasi-experimental pre-test post-test control group design. The statistical population consisted of all female second-grade primary school students in Arak city during the 2023–2024 academic year. Employing a convenience sampling method, the researchers selected Mohandes Abrishami board-governed school from which 105 students across three classes were randomly assigned to three groups (two experimental groups and one control group, 35 students each). Inclusion criteria included an informed consent of parents and students and the absence of diagnosed learning disabilities or attention deficits. The exclusion criterion was the willingness to withdraw at any stage of the study.

Instrument. The Paas and Van Merriënboer (1994) Standard Cognitive Load Scale was used to measure cognitive load. This instrument is a 9-point subjective scale designed to measure perceived mental effort during complex learning tasks. Its reliability was reported by the developers with a Cronbach's alpha of 0.90 (Paas & Van Merriënboer, 1994). The validity and reliability of this scale have also been confirmed in domestic studies (Sarmad, Bazargan, & Hejazi, 2008; Ghadiri et al., 2024). Given the developmental characteristics of second-grade students and the abstract nature of 9-point scales, a process of "developmental adaptation and visualization" was performed: the numerical scale was converted into a visual "cognitive thermometer" with a color continuum (light green to dark red), graphic symbols (emojis), and simplified child-friendly language. A pilot study on 15 students confirmed the face and content validity, and the Cronbach's alpha for the visualized version was 0.84.

Materials and Procedure. The intervention program was designed based on the theoretical framework of the flipped classroom and micro-learning, and on the principles of the second-grade Science textbook. Each experimental group received 8 sessions of 45 minutes (two sessions per week). In the flipped classroom group, the pre-class content included a 7-10-minute video or a 5–7 minute audio file with images or a brochure covering 2–4 related concepts, followed by interactive in-class activities. In the micro-learning group, content was presented in short, gamified, and interactive capsules (each 3–5 minutes, with only 1 main concept and at most 2 sub-concepts), delivered via mobile phones. The control group received the same content in 8 sessions through the school's conventional method. To control teacher effects, all sessions in all three groups were conducted by the first researcher, a certified teacher, using pre-determined lesson plans, identical content sequence, and equal teacher-student interaction time. A checklist was completed after each session to verify adherence to the protocol.

Data Analysis. Data were analyzed using univariate analysis of covariance (ANCOVA) and the LSD post-hoc test in SPSS version 26. Normality was assessed with the Kolmogorov–Smirnov test, homogeneity of variances with Levene's test, and homogeneity of regression slopes was confirmed.

Findings: The results indicated that both innovative strategies significantly reduced cognitive load compared to traditional instruction ($p < 0.01$). Detailed findings revealed that "Capsule Pedagogy" was significantly superior to the flipped classroom in reducing "extraneous cognitive load" due to its content chunking nature. While the flipped classroom strategy was effective in moderating "intrinsic cognitive load" during complex tasks, the stability and sustainability of reduced mental load over time were reported to be higher in the Capsule Pedagogy group. Table 1 presents the descriptive statistics of cognitive load in the pre-test and post-test of the three groups.

Table 1. Descriptive statistics of cognitive load in the pre-test and post-test of the three study groups (n = 35).

Group	Pre-test Mean	Pre-test SD	Post-test Mean	Post-test SD	Adjusted Mean
Flipped Classroom	25.94	3.72	22.48	3.95	22.36
Micro-learning	25.77	4.01	21.51	4.35	21.56
Control	25.74	4.08	24.62	4.44	24.66

Note. SD = Standard Deviation. The adjusted means are reported after controlling for the pre-test.

As shown in Table 1, the adjusted mean of the micro-learning group (21.56) was significantly lower than that of the flipped classroom group (22.36) and the control group (24.66). The ANCOVA results showed a significant difference among the three groups in cognitive load ($F(2, 101) = 41.99$, $p < 0.01$, $\eta^2 = 0.45$). The LSD post-hoc test revealed that both experimental groups had significantly lower adjusted means than the control group ($p < 0.01$), and the micro-learning group had a significantly lower adjusted mean than the flipped classroom group ($p < 0.05$).

Conclusion: The findings suggest that Capsule Pedagogy improves students' mental efficiency in science lessons by operationalizing the concept of "Cognitive Economy." By reducing excessive working memory load, this strategy provides a platform for deeper learning. Accordingly, it is recommended that instructional designers and teachers transition from over-extended instructional models to Capsule Pedagogy to optimize the cognitive capacities of primary school students.

Ethical Considerations

The present study was conducted in accordance with relevant ethical principles and applicable institutional and national regulations. Informed consent was obtained from the parents and students, and participants were assured of their voluntary participation and right to withdraw at any stage. The privacy, confidentiality, and anonymity of participants were protected, and no personal or identifiable information was disclosed.

Authors' Contribution

The first author contributed to conceptualization, methodology development, the design of educational intervention protocols involving the flipped classroom and capsule pedagogy, implementation of the instructional sessions, data collection, formal analysis, and writing the original draft. The second author contributed to research instrument design, developmental adaptation and visualization of the cognitive load scale, conducting the pilot study, and writing – review and editing. All authors contributed to the research design and interpretation of the findings, approved the final version of the manuscript, and accepted responsibility for the accuracy and integrity of its content.

Acknowledgments

The authors sincerely appreciate the principal, teachers, and staff of the school for their valuable cooperation, as well as the parents and students for their participation in this study.

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflicts of interest.

AI Disclosure Statement

The authors declare that generative AI tools were used solely for editing, language polishing, and preparing the extended English abstract of this manuscript. These tools were employed to improve writing quality, correct sentence structure, enhance coherence and clarity, and assist in translating and organizing the extended abstract. All scientific content, research ideas, study design, data collection, data analysis, interpretation of findings, and conclusions were carried out entirely by the authors. The authors have reviewed and verified all outputs generated or modified using these tools and assume full responsibility for the accuracy, originality, and integrity of the final article.

بازنمایی اقتصاد شناختی در پارادایم‌های نوین آموزشی: مطالعه مقایسه‌ای راهبرد کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی در دوره ابتدایی [1]

محدثه اسناوندی [1]، رحیم مرادی [2,*]، محسن باقری [3]

[1] *کارشناس ارشد رشته آموزش و پرورش ابتدایی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اراک، ایران.*

[2] *دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اراک، ایران.*

[3] *دانشیار گروه علوم تربیتی، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه اراک، ایران.*

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۵/۰۱/۱۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۵/۰۴/۱۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۵/۰۴/۲۲
تاریخ انتشار: ۱۴۰۵/۰۷/۲۵

واژگان کلیدی:
پارادایم‌های نوین آموزشی،
اکوسیستم یادگیری دیجیتال،
کلاس معکوس،
پداگوژی کپسولی،
بهینه سازی بارشناختی.

[1] m-asnavandi@araku.ac.ir

[2] نویسنده مسئول
r-moradi@araku.ac.ir

[3] m-bageri@araku.ac.ir

چکیده

پیشینه و اهداف: در اکوسیستم‌های یادگیری دیجیتال، مدیریت بهینه منابع ذهنی یا اقتصاد شناختی دانش‌آموزان، به ضرورتی بنیادین در طراحی آموزشی تبدیل شده است. پژوهش حاضر با هدف واکاوی و مقایسه اثربخشی دو پارادایم نوین آموزشی، یعنی راهبرد کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی (یادگیری خرد)، بر مدیریت بار شناختی دانش‌آموزان پایه دوم ابتدایی در درس علوم تجربی انجام شد.

روش‌ها: این مطالعه از نوع نیمه‌آزمایشی با طرح پیش‌آزمون-پس‌آزمون و گروه کنترل بود. جامعه آماری شامل تمامی دانش‌آموزان دختر پایه دوم ابتدایی شهر اراک در سال تحصیلی ۱۴۰۳-۱۴۰۲ تشکیل داد که از میان آن‌ها، ۱۰۵ دانش‌آموز به روش نمونه‌گیری در دسترس انتخاب و به‌طور تصادفی در دو گروه آزمایش (کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی) و یک گروه کنترل (هر گروه ۳۵ نفر) جایدهی شدند. ابزار پژوهش، پرسشنامه استاندارد بار شناختی پاس (۱۹۹۴) بود. تحلیل داده‌ها با استفاده از تحلیل کوواریانس (ANCOVA) در نرم‌افزار SPSS صورت گرفت.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که هر دو راهبرد نوین به‌طور معناداری باعث کاهش بار شناختی در مقایسه با آموزش سنتی شدند. ($p<0.01$) یافته‌های تفصیلی حاکی از آن بود که پداگوژی کپسولی به دلیل قطعه‌بندی محتوا، در کاهش بار شناختی بیرونی نسبت به کلاس معکوس برتری معناداری دارد. همچنین، راهبرد کلاس معکوس در تعدیل بار شناختی درونی در تکالیف پیچیده اثربخش بود، اما ثبات و پایداری کاهش بار ذهنی در گروه پداگوژی کپسولی در طول زمان بیشتر گزارش شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌ها مؤید آن است که پداگوژی کپسولی با تحقق عینی مفهوم اقتصاد شناختی، کارایی ذهنی دانش‌آموزان را در درس علوم بهبود می‌بخشد. این راهبرد با کاهش فشار بر حافظه فعال، بستری برای یادگیری عمیق‌تر فراهم می‌کند. بر این اساس، توصیه می‌شود طراحان آموزشی و معلمان با گذار از الگوهای حجیم، از پداگوژی کپسولی برای بهینه‌سازی ظرفیت‌های شناختی دانش‌آموزان در مقطع ابتدایی بهره گیرند.

1

استناد به این مقاله: اسناوندی، محدثه؛ مرادی، رحیم؛ باقری، محسن. (۱۴۰۵). بازنمایی اقتصاد شناختی در پارادایم‌های نوین آموزشی: مطالعه مقایسه‌ای راهبرد کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی در دوره ابتدایی. *مطالعات بین‌رشته‌ای در آموزش*، ۵(۳)، ص ۱۰۵-۷۴.
http://doi.org/10.48310/ise.2026.22393.1573

۱۴۰۵ © نویسندگان دارندهٔ حق مؤلف مقالهٔ خود بدون محدودیت هستند.

https://ise.cfu.ac.ir
ناشر: دانشگاه فرهنگیان

مقدمه

در پارادایم‌های نوین آموزشـــی، مدیریت منابع ذهنی یادگیرندگان تحت عنوان اقتصـــاد شـــناختی[۲] به یکی از کانون‌های توجه پژوهشگران تبدیل شده است. در واقع، نظام‌های آموزشی معاصر با گذار از رویکردهای حافظه‌محور به سمت رویکردهای تحولی، درصدد بهینه‌سازی ظرفیت محدود حافظه فعال دانش‌آموزان هستند. این ضرورت در اسناد بالادستی نظام آموزشی ایران، از جمله سند تحول بنیادین آموزش و پرورش، ذیل چرخش‌های تحولی از آموزش حقایق به فهم و درک معنادار و بهره‌گیری هوشـــمندانه از فناوری‌های نوین (راهکار ۵-۵) مورد تأکید قرار گرفته است. با این حال، شواهد موجود نشان می‌دهد که علی‌رغم این تأکیدات، هنوز شکاف عمیقی میان الگوهای تدریس فعلی و نیازهای شناختی نسل آلفا وجود دارد؛ نسلی که با حجم انبوه اطلاعات دیجیتال مواجه است و در معرض اضافه بار شناختی قرار دارد. در عصر حاضر، دغدغه‌ی اصلی نظام‌های آموزشی، فراهم‌سازی شرایطی برای رشد همه‌جانبه‌ی دانش‌آموزان و ارتقای کیفیت یادگیری آنان اســت. توجه به مدرســه به‌عنوان مهم‌ترین نهاد تربیتی و آموزشـــی جامعه، در تحقق این هدف، اهمیت ویژه‌ای دارد (نوروزی و همکاران، ۱۴۰۱). با گسترش تحول دیجیتال و ادغام فناوری‌های نوظهور در نظام‌های آموزشی، نقش فناوری در نوآوری‌های آموزشـی بیش از پیش برجسـته شـده اسـت. در چنین شـرایطی، بازنگری در راهبردهای تدریس امری اجتناب‌ناپذیر به نظر می‌رسد تا الگوهایی متناسب با ویژگی‌های نسل دیجیتال و نیازهای آموزشی عصر جدید مورد استفاده قرار گیرد.

شواهد متعدد نشان می‌دهد که روش‌های سـنتی تدریس، به‌ویژه شـیوه‌های مبتنی بر انتقال یک‌سویه اطلاعات، نمی‌توانند یادگیری عمیق، خلاقیت و رشد شخصیتی فراگیران را تضمین کنند. این ضعف، یکی از چالش‌های اصلی برنامه‌ریزان درسی و معلمان در سطوح مختلف آموزشـی به شـمار می‌رود. آموزش‌های سـطحی که عمدتاً بر حفظ مطالب و بازتولید دانش تمرکز دارند، از دسـتیابی به اهداف تربیتی آموزش‌وپرورش یعنی ایجاد یادگیری‌های پایدار و معنادار بازمی‌مانند. افزون بر این، افزایش حجم اطلاعات آموزشـــی، محدودیت زمانی کلاس‌های درس، کاهش انگیزه‌ی یادگیری در دانش‌آموزان و ناکارآمدی شـیوه‌های سـنتی تدریس موجب افزایش بار شـناختی و افت کارایی یادگیری در محیط‌های آموزشـی شـده اسـت (فیالهو و همکاران[۳]، ۲۰۲۴). بر این اسـاس، اسـتفاده‌ی هوشـمندانه از فناوری اطلاعات و ارتباطات و اسـتقرار آن در قالب زیرسـاخت‌های آموزشـی که بتواند محیط یادگیری فعال، مشـارکتی و مؤثر را برای معلمان و دانش‌آموزان ایجاد کند، ضـرورتی انکارناپذیر اسـت (ابراهیمی دباغ و ظفر حیدرپور، ۱۴۰۰). در این میان، راهبردهایی نوین مانند کلاس معکوس[۴] و یادگیری خرد[۵] به‌عنوان دو راهبرد فناورانه و نوین، می‌توانند با کاهش بار شـــناختی، ارتقای تعامل و بهبود کیفیت یادگیری در دوره‌ی ابتدایی، افق تازه‌ای پیش روی نظام آموزشی قرار دهند. از این رو بررسی علمی و مقایسه‌ی اثربخشی این دو راهبرد می‌تواند در جهت طراحی مدل‌های یادگیری کارآمدتر در آموزش ابتدایی نقش مؤثری ایفا کند.

2. Cognitive Economy
3. Fialho et al.
4. Flipped Classroom
5. Microlearning

در دوره ابتدایی، به‌ویژه در پایه دوم، دانش‌آموزان به لحاظ تحولی در مرحله عملیات عینی[۶] قرار دارند و ظرفیت حافظه فعال آن‌ها برای پردازش هم‌زمان اطلاعات پیچیده محدود است. طبق آمارهای گزارش‌های ملی مانند نتایج آزمون تیمز، افت عملکرد دانش‌آموزان در دروس علوم پایه، ریشه در عدم تناسب حجم محتوا با توان پردازش شناختی آنان دارد. از این رو، مدیریت بار شناختی یعنی میزان فشاری که بر حافظه کوتاه مدت برای انتقال اطلاعات به حافظه بلندمدت وارد می‌شود به چالش اصلی پداگوژی نوین در این مقطع تبدیل شده است (آنتا و نیوتن[۷]، ۲۰۲۴).بنابراین، به‌عنوان مسئله‌ی پژوهش، ضروری است راهکارهایی شناسایی شود که بتواند ضمن پاسخگویی به بخشی از چالش‌های نظام آموزشی، محدودیت‌های موجود در فرایند یاددهی-یادگیری را نیز کاهش دهد. در سال‌های اخیر، گسترش استفاده از فناوری‌های هوشمند و اینترنت موجب ادغام گسترده ابزارهای چندرسانه‌ای در محیط‌های آموزشی شده و به شکل‌گیری رویکردهای نوین در تدریس و یادگیری انجامیده است (کوان و همکاران[۸]، ۲۰۲۴). در پاسخ به این چالش، دو راهبرد نوظهور در اکوسیستم یادگیری دیجیتال قد علم کرده‌اند: راهبرد کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی[۹] (یادگیری خرد). کلاس معکوس با جابه‌جایی ساختار زمان و مکان یادگیری، فرصت پردازش مستقل محتوا را پیش از کلاس فراهم می‌سازد تا زمان کلاس صرف فعالیت‌های تعاملی گردد (هویی و همکاران[۱۰]، ۲۰۲۳). در مقابل، پداگوژی کپسولی بر توزیع محتوا در قالب واحدهای کوچک[۱۱] و متمرکز تأکید دارد که به‌طور مستقیم بار شناختی بیرونی را هدف قرار داده و از خستگی ذهنی جلوگیری می‌کند (کونکه و همکاران، ۲۰۲۴).

در چنین شرایطی، معلمان به‌ویژه در دوره‌ی ابتدایی لازم است با روش‌ها و راهبردهای نوین آموزشی آشنا شده و از آن‌ها برای بهبود کیفیت یادگیری دانش‌آموزان بهره بگیرند. بر این اساس، ارائه‌ی راهکارهای علمی و کاربردی برای کاهش بار شناختی دانش‌آموزان در فرایند یادگیری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از سوی دیگر، پژوهش‌ها نشان می‌دهد که به‌کارگیری راهبردهای آموزشی فعال و جذاب می‌تواند پیامدهای شناختی و اجتماعی یادگیرندگان را بهبود بخشد. در واقع می توان گفت که ایجاد محیط‌های یادگیری تعاملی و جذاب می‌تواند زمینه درگیری شناختی مؤثر و در نتیجه یادگیری عمیق‌تر را فراهم سازد. در مقابل، شواهد نشان می‌دهد که روش‌های سنتی تدریس غالباً به یادگیری سطحی منجر می‌شوند و کمتر می‌توانند رشد همه‌جانبه و یادگیری عمیق دانش‌آموزان را تضمین کنند؛ مسئله‌ای که در بسیاری از برنامه‌های درسی کمتر مورد توجه قرار گرفته است (ابراهیمی دباغ و ظفر حیدرپور، ۱۴۰۰). دستیابی به چنین اهدافی مستلزم بهره‌گیری هوشمندانه از فناوری اطلاعات و ارتباطات در قالب زیرساخت‌های آموزشی اثربخش است که بتوانند معلمان و دانش‌آموزان را در محیط‌های یادگیری تعاملی، توانمند سازند و زمینه را برای به‌کارگیری روش‌های نوین تدریس فراهم آورند (مومنی مهموئی و کاوه، ۱۴۰۱).

6. Concrete Operational Stage
7. Annetta & Newton
8. Quan et al.
9. Capsule Pedagogy
10. Hui et al
11. Nano-content

در نتیجه این شـــرایط و با توجه به چالش‌هایی که روش‌های ســـنتی برای پردازش مؤثر اطلاعات و یادگیری عمیق ایجاد می‌کنند، توجه پژوهشـگران به سـازوکارهای شـناختی زیربنایی یادگیری بیش از پیش افزایش یافته اسـت. یکی از مباحث برجسـته در این حوزه، نظریه بار شـناختی[12] اسـت که در روان‌شـناسـی شـناختی برای تبیین عملکرد حافظه فعال و محدودیت‌های آن در پردازش اطلاعات مطرح شده است. بر اساس این نظریه، بار شناختی به میزان باری اشاره دارد که هنگام رمزگذاری اطلاعات جدید و انتقال آن به حافظه بلندمدت بر حافظه کوتاه‌مدت وارد می‌شـود (آنتا و نیوتن، ۲۰۲۴). این نظریه بر فرایندهای تحلیل اطلاعات جدید، ارتباط آن‌ها با دانش پیشین و سازمان‌دهی مؤثر اطلاعات تأکید دارد که در صورت مدیریت نامناسب می‌تواند بخش زیادی از ظرفیت محدود حافظه فعال را اشغال کرده و یادگیری را با دشواری مواجه سازد (سیل[13]، ۲۰۰۸).

در چارچوب نظریه بار شناختی، انتخاب و طراحی راهبردهای آموزشی مناسب نقش مهمی در مدیریت ظرفیت محدود حافظه فعال و تســـهیل یادگیری ایفا می‌کند. به همین دلیل، در ســـال‌های اخیر توجه پژوهشـــگران به رویکردهای نوین و فعال تدریس که بتوانند سازمان‌دهی مؤثرتر اطلاعات و پردازش شناختی عمیق‌تری را برای یادگیرندگان فراهم سازند، افزایش یافته است. در همین راستا، یکی از رویکردهای آموزشـی که در سـال‌های اخیر مورد توجه برنامه‌ریزان درسـی و متخصـصـان آموزش قرار گرفته، یادگیری خرد اسـت. یادگیری خرد به نوعی از آموزش اطلاق می‌شود که در آن محتوای آموزشی در قالب واحدهای کوچک، ساده و متمرکز ارائه می‌شود. در این شیوه، مطالب آموزشی به‌گونه‌ای طراحی می‌شوند که قابل فهم و قابل هضم بوده و مهم‌ترین مفاهیم را در ساده‌ترین و فشرده‌ترین شـــکل ممکن در اختیار دانش‌آموزان قرار دهند (محمد و همکاران، ۲۰۱۸). از طرفی، کلاس معکوس نیز به‌عنوان یکی از راهبردهای تدریس فعال، امکان تعامل بیشتر با محتوای آموزشی را برای دانش‌آموزان فراهم می‌کند. در این راهبرد، دانش‌آموزان پیش از حضور در کلاس با اسـتفاده از منابع دیجیتالی با محتوای درس آشـنا می‌شـوند و زمان کلاس به فعالیت‌های تعاملی، تمرین، بحث و حل مسـئله اختصـاص می‌یابد. یکی از مزیت‌های مهم این روش آن اسـت که فرصـت یادگیری مسـتقل در خارج از کلاس را فراهم کرده و در عین حال امکان تمرین و تعمیق یادگیری را در محیط کلاس افزایش می‌دهد؛ امری که می‌تواند به ســـازمان‌دهی بهتر اطلاعات و در نتیجه کاهش بار شناختی یادگیرندگان کمک کند. در یکی از پژوهش‌ها نیز اشاره شد که تلفیق راهبردهای کلاس معکوس برکیفیت یادگیری دانش‌آموزان تاثیر دارد و اساس انجام این کار بر مهارت و توانایی معلم، انگیزه و تفکرات او بستگی دارد (کاراگول و اسن[14]، ۲۰۱۹).

از دیگر روش‌های تدریس فعال، کلاس معکوس است. رویکرد کلاس معکوس فرصت‌هایی را برای تمرین دروس به صورت دیجیتالی در داخل منزل و خارج از کلاس فراهم می‌کند که می‌تواند محتوای آموزشی را قبل و بعد از یادگیری کلاس درس تجزیه و تحلیل کند. مزیت غیرقابل انکار این روش این اســـت که به دانش‌آموزان امکان یادگیری را می‌دهد و در عین حال فرصـــت تمرین در خانه را دارند (اومارچوسـکا و همکاران[15]، ۲۰۲۴). کلاس معکوس به‌عنوان یک راهبرد آموزشـی و شـکلی از یادگیری ترکیبی، الگوی سـنتی تدریس را

12. Cognitive Load
13. Seel
14. Karagöl & Esen
15. Omarchevska et al.

دگرگون کرده و آموزش را به مدلی دانش‌آموزمحور تبدیل می‌کند؛ مدلی که در آن زمان کلاس به جای ارائه مستقیم محتوا، صرف کاوش عمیق‌تر مفاهیم، تعامل، بحث و ایجاد موقعیت‌های یادگیری فعال می‌شود . در این رویکرد، دانش‌آموزان پیش از حضور در کلاس با استفاده از منابع دیجیتالی با محتوای درس آشنا می‌شوند و در کلاس فرصت می‌یابند تا از طریق فعالیت‌های تعاملی، تمرین و حل مسئله، یادگیری خود را تعمیق بخشند (ابراهیمی اورنگ و همکاران، ۱۴۰۳).

پیشینه‌ی پژوهش

در سال‌های اخیر، روندهای نوظهور در آموزش و یادگیری، مسیر طراحی آموزشی را به سمت طراحی محیط‌های یادگیری تغییر داده است. مرادی و همکاران (۱۴۰۳) در مطالعه‌ای آینده‌پژوهانه نشان دادند که در افق ده سال آینده، یادگیری به کمک فناوری‌های انطباقی شخصی‌سازی می‌شود، تنوع در روش سنجش و نوع محتوا افزایش می‌یابد، مالکیت یادگیرنده بر فرایند یادگیری بیشتر می‌شود، نظارت با فناوری گسترش می‌یابد و از میزان رسمیت محیط یادگیری کاسته می‌شود.مطالعات پیشین در این حوزه را می‌توان در سه محور اصلی تغییر در زمان‌بندی آموزش، خردسازی محتوا و مطالعات تطبیقی دسته‌بندی و تحلیل کرد. در محور نخست، پژوهش‌های بین‌المللی بر این باورند که کلاس معکوس با انتقال بخش نظری آموزش به خارج از کلاس، پتانسیل بالایی برای مدیریت بار ذهنی دارد. در همین راستا، هویی و همکاران (۲۰۲۳) و شین و ژانگ[16] (۲۰۲۴) نشان دادند که این راهبرد در مقایسه با روش‌های سنتی، عملکرد مطلوب‌تری در مدیریت بار شناختی دارد. همچنین هوانگ و همکاران[17] (۲۰۲۲) در مطالعه‌ای بر روی دانش‌آموزان دبیرستانی نشان دادند که رویکرد تلفیقی نقشه‌برداری مفهومی و بازشناسی تصویر می‌تواند به بهبود پیشرفت یادگیری و انگیزش درونی منجر شود، هرچند ممکن است بار ذهنی یادگیرندگان را نیز افزایش دهد.با این حال، نگاهی عمیق‌تر به پژوهش اومارچوسکا و همکاران (۲۰۲۴) نشان می‌دهد که موفقیت در این روش به الگوهای فعالیت مقدماتی وابستگی شدیدی دارد آن‌ها دریافتند تنها دانش‌آموزانی که در فعالیت‌های پیش‌کلاسی مشارکت فعال داشتند در خودتنظیمی[18] و مدیریت زمان موفق بودند. در پژوهش‌های داخلی نیز، ابراهیمی اورنگ و همکاران (۱۴۰۳) و مرادی و آراسته صالح کوهی (۱۴۰۴) بر ارتقای خودکارآمدی و قدرت استدلال از طریق این راهبرد تأکید کرده‌اند. علیرغم نتایج مثبت هارمینی و همکاران (۲۰۲۲) در بهبود دستاوردهای محاسباتی، نقد وارد بر این جریان پژوهشی مانند مطالعات محمودی و همکاران (۱۴۰۲) این است که کلاس معکوس فشار زیادی بر خودتنظیمی دانش‌آموز وارد می‌کند که در مقطع ابتدایی می‌تواند خود به عاملی برای اضافه بار شناختی تبدیل شود.

در محور دوم، پژوهش‌ها بر توزیع محتوا در واحدهای کوچک متمرکز است. کونکه و همکاران[19] (۲۰۲۴) یادگیری خرد را به دلیل ساختار منعطف، یک هنجار جدید و رویکردی کم‌استرس معرفی می‌کنند. همچنین گوهار[20] (۲۰۲۳) نشان داد که این راهبرد به‌طور

16. Xin & Zhang
17. Huang et al.
18. Self-regulation
19. Kohnke et al.
20. Gohar

مستقیم در کاهش بار شناختی و توسعه واژگان مؤثر است. اگرچه این روش طبق یافته‌های گوهار بار آنی را کاهش می‌دهد، اما اکثر این مطالعات در حوزه‌های مهارتی (مانند زبان یا توسعه حرفه‌ای) انجام شده‌اند و کارآمدی آن در دروس مفهومی و انتزاعی‌تر مانند علوم تجربی برای کودکان، همچنان نیازمند بررسی است.

در محور سوم، در حوزه تقابل این دو راهبرد، مطالعات بسیار محدود هستند. اسناوندی، مرادی و باقری (۱۴۰۴) در یکی از معدود مطالعات مقایسه‌ای در دوره ابتدایی، نشان دادند که اگرچه هر دو روش بر آموزش سنتی برتری دارند، اما یادگیری خرد در افزایش درگیری تحصیلی و کاهش بار شناختی عملکرد مطلوب‌تری نسبت به کلاس معکوس داشته است. این یافته با نتایج مرادی و مرجانی (۱۴۰۱) که بر ضرورت مؤلفه‌هایی چون محتوای مناسب و سیار بودن برای موفقیت این الگوها تأکید داشتند، همسو است. با تحلیل مطالعات فوق، سه خلأ اساسی شناسایی گردید که ضرورت پژوهش حاضر را تبیین می‌کند: نخست، تمرکز بر پیامد به جای فرآیند؛ اکثر مطالعات (مانند ابراهیمی اورنگ، ۱۴۰۳) بر عملکرد تحصیلی تمرکز کرده‌اند و کمتر به فرآیند اقتصاد شناختی و چگونگی مدیریت انواع بار (درونی و بیرونی) پرداخته‌اند. دوم، تقابل راهبردها؛ در حالی که کلاس معکوس بر زمان و یادگیری خرد بر ساختار محتوا تأکید دارد، کمتر پژوهشی به مقایسه این دو منطق متفاوت در یک بافت واحد (درس علوم پایه دوم) پرداخته است. سوم، ویژگی‌های رشدی؛ اکثر مطالعات بین‌المللی در مقاطع بالاتر انجام شده‌اند، در حالی که دانش‌آموز دوره ابتدایی به دلیل محدودیت‌های شناختی، واکنش متفاوتی به این دو پارادایم نشان می‌دهد.

علی‌رغم حجم گسترده پژوهش‌ها بر روی هر یک از این دو روش به‌صورت مجزا، یک پرسش کلیدی همچنان بی‌پاسخ مانده است: در مدیریت اقتصاد شناختی کودکان، آیا جابه‌جایی زمان یادگیری (کلاس معکوس) موثرتر است یا کوچک‌سازی ساختار محتوا (پداگوژی کپسولی)؟ اکثر مطالعات پیشین (مانند هارمینی و همکاران، ۲۰۲۲؛ مرادی و مرجانی، ۱۴۰۱) صرفاً بر پیامدهای عملکردی مانند پیشرفت تحصیلی تمرکز داشته‌اند و کمتر مطالعه‌ای به واکاوی تطبیقی این دو راهبرد بر روی مؤلفه‌های سه‌گانه بار شناختی (درونی، بیرونی و مطلوب) به‌ویژه در بافت بومی آموزش ابتدایی ایران و در درس علوم تجربی پرداخته است. این پژوهش از آن جهت ضرورت دارد که معلمان مقطع ابتدایی در مواجهه با محتوای مفهومی درس علوم، همواره میان دو راهبرد آموزش جامع پیش‌کلاسی و آموزش خرد کپسولی در تردید هستند.با وجود پیشرفت‌های حاصل شده در تبیین مزایای راهبردهای نوین آموزشی، یکی از چالش‌های اساسی معلمان و طراحان آموزشی در دوره ابتدایی، انتخاب بهینه‌ترین رویکرد متناسب با محدودیت‌های شناختی و ویژگی‌های رشدی دانش‌آموزان است. اگرچه مطالعات پیشین بر اثربخشی کلاس معکوس و یادگیری خرد تأکید داشته‌اند، اما همچنان یک پرسش کلیدی باقی است: کدام‌یک از این دو رویکرد می‌تواند توازن بهتری میان کاهش بار شناختی و افزایش درگیری فعال دانش‌آموزان برقرار کند؟ در کلاس معکوس، حجم مطلب ارائه‌شده پیش از کلاس ممکن است برای دانش‌آموزانی که هنوز مهارت‌های خودتنظیمی بالایی ندارند، چالش‌برانگیز باشد و منجر به اضافه بار شناختی گردد. از سوی دیگر، یادگیری خرد با وجود تسهیل درک مفاهیم، نیازمند بررسی دقیق‌تری از حیث پایداری یادگیری و تأثیر بر ابعاد مختلف درگیری تحصیلی در مقایسه با سایر روش‌های فعال است.

با این وجود، مرور پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهد که اغلب مطالعات، اثربخشی هر یک از این رویکردها را به صورت مستقل بررسی کرده‌اند و مطالعات اندکی به مقایسه مستقیم این دو رویکرد از منظر بار شناختی پرداخته‌اند. در بسیاری از این پژوهش‌ها نیز تمرکز بیشتر بر پیامدهایی مانند پیشرفت تحصیلی، انگیزش یا تعامل یادگیرندگان بوده و بررسی ابعاد شناختی یادگیری، به‌ویژه بار شناختی، کمتر مورد توجه قرار گرفته است. از سوی دیگر، در بستر آموزشی مورد مطالعه، شواهد تجربی محدودی درباره این‌که کدام یک از این دو رویکرد می‌تواند در مدیریت بار شناختی فراگیران مؤثرتر باشد، وجود دارد. این خلأ پژوهشی موجب می‌شود تصمیم‌گیری درباره انتخاب مناسب‌ترین راهبرد آموزشی برای طراحی محیط‌های یادگیری کارآمد با ابهام همراه باشد. بنابراین، شکاف پژوهشی موجود نشان‌دهنده ضرورت انجام مطالعات مقایسه‌ای جامع‌تر است تا مشخص شود کدام راهبرد در محیط‌های آموزشی واقعی، نه‌تنها بار شناختی اضافی را مهار می‌کند، بلکه مهارت‌های خودتنظیمی یادگیرنده را نیز به شکلی نظام‌مند ارتقا می‌دهد. فقدان شواهد کافی در مورد برتری نسبی این دو روش بر متغیرهای روان‌شناختی و تحصیلی به‌صورت هم‌زمان، به‌ویژه در بافت نظام آموزشی ابتدایی ایران، انجام پژوهشی منسجم در این زمینه را ضروری می‌سازد.

بنابراین، این پژوهش درصدد پاسخگویی به این مسئله است که کدام‌یک از این دو پارادایم نوین، توازن بهتری میان کاهش بار شناختی بیرونی و افزایش بار شناختی مطلوب برقرار می‌کند؟ و آیا پداگوژی کپسولی می‌تواند به‌عنوان یک جایگزین یا مکمل برای کلاس معکوس در جهت تحقق اقتصاد شناختی در کلاس‌های علوم ابتدایی معرفی شود؟

روش‌شناسی پژوهش

ابزار پژوهش

برای سنجش بار شناختی دانش‌آموزان از مقیاس تلاش ذهنی طراحی‌شده توسط پس[۲۱] و ون‌مرین‌بوئر[۲۲] (۱۹۹۴) استفاده شد. این ابزار با هدف سنجش میزان تلاش شناختی ادراک‌شده یادگیرنده هنگام انجام تکالیف یادگیری طراحی شده است و یک مقیاس ذهنی ۹ درجه‌ای را شامل می‌شود.

در این مقیاس، نمره ۱ نشان‌دهنده تلاش ذهنی بسیار بسیار کم و نمره ۹ نشان‌دهنده تلاش ذهنی بسیار بسیار زیاد است. روایی و پایایی این ابزار در پژوهش‌های پیشین، از جمله پژوهش سازندگان ابزار و برخی مطالعات داخلی، بررسی و تأیید شده است (پس و ون‌مرین‌بوئر، ۱۹۹۴؛ سرمد، بازرگان، و حجازی، ۱۳۸۷؛ قدیری و همکاران، ۱۴۰۳).

21. Paas
22. Van Merriënboer

تعدیل و بصری‌سازی ابزار برای دانش‌آموزان پایه دوم

با توجه به ویژگی‌های رشـــدی دانش‌آموزان پایه دوم ابتدایی و ماهیت انتزاعی مقیاس عددی ۹ درجه‌ای، ابزار مذکور در پژوهش حاضر از نظر نحوه ارائه و نمایش بصری تعدیل شد. هدف از این تعدیل، تسهیل درک مفهوم «تلاش ذهنی» و کاهش خطای پاسخ‌گویی ناشی از دشواری درک مقیاس عددی برای کودکان ۷ تا ۸ ساله بود.

نسخه تعدیل‌شده با عنوان «دماسنج شناختی» به‌صورت بصری ارائه شد و سه ویژگی اصلی داشت:

۱. **پیوستار رنگی:** مقیاس از سبز روشن، به‌عنوان نشان‌دهنده تلاش بسیار کم و یادگیری آسان، آغاز می‌شد و به‌ترتیب از زرد و نارنجی به قرمز تیره، به‌عنوان نشان‌دهنده تلاش بسیار زیاد و یادگیری بسیار دشوار، می‌رسید.

۲. **نمادهای گرافیکی:** در هر درجه از مقیاس، یک شـکلک متناسـب با وضـعیت ذهنی یادگیرنده قرار داده شـد؛ به‌گونه‌ای که حالت‌های چهره از لبخند و آرامش در سـطوح پایین تلاش ذهنی تا چهره برافروخته و سـردرگم در سـطوح بالای تلاش ذهنی تغییر می‌کرد.

۳. **ساده‌سازی زبانی:** دستورالعمل‌ها و عبارت‌های مورد استفاده به زبان متناسب با سطح سنی دانش‌آموزان بازنویسی و در زمان اجرا توسط پژوهشگر برای دانش‌آموزان قرائت شد تا توانایی خواندن بر پاسخ‌گویی آنان اثر نگذارد.

در فرایند اجرای مداخله نیز مفهوم تلاش ذهنی برای دانش‌آموزان با اسـتفاده از اسـتعاره وزنه‌های ذهنی توضـیح داده شـد؛ برای مثال، به دانش‌آموزان گفته شد که وقتی مغز هنگام یادگیری خسته می‌شود، می‌توان آن را مانند زمانی در نظر گرفت که مغز یک وزنه سنگین را حمل می‌کند.

روایی و پایایی ابزار تعدیل‌شده

برای بررسی روایی صوری و محتوایی نسخه بصری‌سازی‌شده، یک مطالعه مقدماتی بر روی ۱۵ دانش‌آموز با ویژگی‌های مشابه نمونه اصلی و خارج از گروه‌های پژوهش انجام شد. در این مطالعه، میزان درک دانش‌آموزان از ارتباط میان دشواری تکلیف و سطوح مختلف مقیاس بررسی شد. نتایج نشان داد که دانش‌آموزان توانایی برقراری ارتباط میان میزان دشواری فعالیت یادگیری و طیف رنگی ابزار را داشتند. همچنین، ضریب آلفای کرونباخ نسخه بصری‌سازی‌شده در مطالعه مقدماتی برابر با ۰/۸۴ به دست آمد که نشان‌دهنده همسانی درونی مطلوب ابزار در گروه مورد بررسی بود.

فرایند اجرای پژوهش و جمع‌آوری داده‌ها

پس از انتخاب مدرسـه و تعیین نمونه پژوهش، دانش‌آموزان در سـه گروه ۳۵ نفره شـامل دو گروه آزمایش و یک گروه کنترل قرار گرفتند. در ابتدای پژوهش، پیش‌آزمون برای تمامی شـرکت‌کنندگان اجرا شـد تا سـطح اولیه بار شـناختی آنان تعیین شـود. سـپس دو گروه آزمایش طی ۸ جلسـه آموزشـی تحت مداخلات متفاوت قرار گرفتند. یکی از گروه‌ها با اسـتفاده از الگوی کلاس معکوس و گروه

دیگر با اســـتفاده از الگوی یادگیری خرد (پداگوژی کپســـولی) آموزش دیدند. گروه کنترل نیز در همان بازه زمانی، محتوای درســـی را مطابق روش رایج مدرسه دریافت کرد. محتوای آموزشی هر سه گروه بر اساس فصل‌های مرتبط با رشد، بهداشت و مراقبت از دندان‌ها در کتاب علوم تجربی پایه دوم ابتدایی انتخاب شد. به‌منظور کنترل متغیرهای مداخله‌گر، اهداف آموزشی، ترتیب ارائه مباحث و محتوای پایه در هر سه گروه یکسان نگه داشته شد و تفاوت اصلی میان گروه‌ها به شیوه ارائه محتوا و نوع فعالیت‌های یادگیری مربوط بود. هر جلسه آموزشی در حدود ۳۵ تا ۴۰ دقیقه اجرا شد. با توجه به وجود تناقض در گزارش مدت زمان جلسات در بخش‌های مختلف، لازم است نویسنده پیش از انتشار، مدت دقیق و ثابت هر جلسه را مشخص و در سراسر مقاله یکسان‌سازی کند.

مداخله آموزشی کلاس معکوس

طراحی آموزشی گروه کلاس معکوس بر اساس الگوی کلاس معکوس و با انتقال بخش اولیه آموزش به خارج از کلاس انجام شد. پیش از هر جلســـه حضـــوری، محتوای آموزشـــی از طریق پیام‌رســـان شـــاد در اختیار دانش‌آموزان و والدین قرار گرفت. این محتوای پیش‌کلاس معمولاً شامل یک ویدئوی آموزشی ۷ تا ۱۰ دقیقه‌ای یا یک فایل صوتی ۵ تا ۷ دقیقه‌ای همراه با تصویر یا بروشور آموزشی بود. محتوای پیش‌کلاس معمولاً دو تا چهار مفهوم مرتبط را به‌صورت پیوسته پوشش می‌داد. ویدئوها شامل معرفی موضوع و هدف یادگیری، توضیح مفاهیم اصلی با استفاده از تصویر و روایت صوتی، ارائه مثال‌های ساده و طرح دو تا سه پرسش هدایت‌گر برای آماده‌سازی دانش‌آموزان برای فعالیت کلاسی بودند. دانش‌آموزان موظف بودند پیش از حضور در کلاس، محتوای ارسالی را با همراهی والدین مشاهده کنند. در ابتدای هر جلسه، معلم با استفاده از ۳ تا ۵ دقیقه پرسش شفاهی، میزان مشاهده و درک محتوای پیش‌کلاس را بررسی می‌کرد. سپس بخش اصلی کلاس به فعالیت‌های تعاملی، از جمله گفت‌وگوی هدایت‌شده، حل کاربرگ، تمرین عملی، فعالیت گروهی و رفع اشکال اختصاص می‌یافت. بدین ترتیب، دریافت اولیه اطلاعات در خارج از کلاس و پردازش و تثبیت آن در کلاس انجام می‌شد.

مداخله آموزشی یادگیری خرد (پداگوژی کپسولی)

طراحی آموزشـــی گروه یادگیری خرد بر اســـاس اصـــل «یک کپســـول، یک هدف یادگیری» و با توجه به ظرفیت حافظه فعال دانش‌آموزان پایه دوم انجام شد. در این گروه، محتوای هر جلسه به دو تا سه کپسول آموزشی مستقل تقسیم می‌شد و در هر کپسول یک مفهوم اصـــلی و حداکثر دو مفهوم فرعی ارائه می‌شـــد. هر کپســـول حدود ۳ تا ۵ دقیقه زمان داشـــت و مجموع زمان مواجهه دانش‌آموزان با محتوای اصلی در هر جلسه از ۱۲ دقیقه فراتر نمی‌رفت. هر کپسول از سه بخش ثابت تشکیل می‌شد: ارائه مفهوم از طریق انیمیشن کوتاه یا داستان تصویری، یک فعالیت تعاملی یا بازی‌وار کوتاه برای ایجاد درگیری شناختی، و ارائه بازخورد فوری برای تثبیت پاسخ درست و اصلاح خطا. در جلسات دوم تا پنجم، کپسول‌های آموزشی عمدتاً در قالب انیمیشن‌های کوتاه تولیدشده با

نرم‌افزارهای اینشات[۲۳] کاین‌مستر[۲۴] و اینفوگرافیک‌های ساده طراحی‌شده با فتوشاپ[۲۵] ارائه شدند. در جلسات ششم و هفتم، کپسول‌ها در قالب بازی‌های آموزشی تعاملی تولیدشده با اسکرچ‌جونیور[۲۶] اجرا شدند. در طراحی این بازی‌ها، هر فعالیت تنها یک مهارت یا مفهوم مشخص را هدف قرار می‌داد؛ برای مثال، در جلسه ششم تمرکز بازی بر مراحل صحیح مسواک‌زدن و در جلسه هفتم بر تشخیص خوراکی‌های مفید و مضر برای سلامت دندان بود. محتوا در این گروه به‌صورت تدریجی ارائه شد و به‌جای ارائه یک محتوای طولانی در یک نوبت، کپسول‌ها به‌صورت مستقل و با فاصله زمانی کوتاه در طول جلسه یا میان جلسات در اختیار دانش‌آموزان قرار گرفتند. این شیوه با هدف جلوگیری از انباشت اطلاعات و کاهش بار شناختی اضافی طراحی شد.

آموزش گروه کنترل

گروه کنترل همان محتوای درسی را در ۸ جلسه و با زمان‌بندی کلی مشابه دریافت کرد، اما آموزش مطابق روش رایج مدرسه انجام شد. در این گروه، معلم مفاهیم را به‌صورت مستقیم در کلاس ارائه می‌کرد و از کتاب درسی و روش معمول پرسش و پاسخ استفاده می‌شد. برخلاف دو گروه آزمایش، ساختار کپسولی، محتوای پیش‌کلاس و فعالیت‌های دیجیتال تعاملی برای این گروه طراحی نشد.

کنترل شرایط اجرای مداخله و پایبندی به پروتکل

به‌منظور کاهش سوگیری ناشی از تفاوت در سبک تدریس، تمامی جلسات آموزشی هر سه گروه توسط یک نفر، یعنی پژوهشگر اول که معلم رسمی آموزش و پرورش بود، اجرا شد. همچنین برای هر جلسه، طرح درس مکتوب و از پیش تعیین‌شده‌ای تهیه شد که اهداف رفتاری، مثال‌ها، پرسش‌های کلیدی و زمان تقریبی هر بخش را مشخص می‌کرد. ترتیب ارائه مفاهیم در هر سه گروه ثابت نگه داشته شد و مدت تعامل معلم با گروه‌ها تا حد امکان هم‌تراز بود. همچنین از ارائه توضیحات اضافی، مثال‌های خارج از طرح درس یا مداخله‌های بداهه که می‌توانست به نفع یکی از گروه‌ها باشد، اجتناب شد. برای بررسی میزان پایبندی به پروتکل، پس از هر جلسه یک چک‌لیست اجرایی تکمیل شد. در این چک‌لیست، مواردی از جمله اجرای محتوای پیش‌بینی‌شده، رعایت زمان‌بندی، نوع فعالیت‌های آموزشی و میزان انطباق اجرای جلسه با طرح درس ثبت شد.

مدیریت محدودیت‌های فنی

با توجه به محدودیت‌های فنی پیام‌رسان شاد، از جمله نوسان سرعت اینترنت، تأخیر در بارگذاری فایل‌ها و محدودیت در اجرای برخی محتواهای تعاملی، نسخه‌های کم‌حجم‌تر محتوا نیز تهیه شد. ویدئوها با حجم فشرده و کیفیت متناسب با تلفن همراه ارسال شدند و فایل‌های تعاملی اسکرچ‌جونیور در صورت نیاز از طریق بستر مکمل برای والدین ارسال شدند. پیش از آغاز مداخله، راهنمای

23. InShot
24. KineMaster
25. Photoshop
26. ScratchJr

کوتاهی برای دریافت، اجرا و استفاده از محتواها در اختیار والدین قرار گرفت تا مشکلات فنی به حداقل برسد. این اقدامات با هدف کاهش اثر مشکلات فنی بر فرایند یادگیری و جلوگیری از تحمیل بار شناختی اضافی ناشی از استفاده از فناوری انجام شد. پس از پایان ۸ جلسه آموزشی، پس‌آزمون برای هر سه گروه، با شرایط مشابه پیش‌آزمون، اجرا شد. همچنین برای جلوگیری از تأثیر زمان سپری‌شده پس از آموزش بر پاسخ‌ها، مقیاس بار شناختی بلافاصله پس از پایان فعالیت آموزشی در هر سه گروه اجرا شد. جزئیات اهداف آموزشی، محتوای هر جلسه، فعالیت‌های معلم و فعالیت‌های دانش‌آموزان در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

ساختار و مراحل اجرای مداخلات آموزشی

مداخله آموزشی مبتنی بر یادگیری خرد در قالب هشت جلسه طراحی و اجرا شد. این مداخله با هدف ارائه تدریجی محتوای آموزشی، تقسیم مفاهیم به واحدهای کوچک و هدفمند و فراهم‌کردن فرصت مشارکت فعال دانش‌آموزان تدوین شد. محتوای آموزشی در قالب‌های متنوعی از جمله انیمیشن‌های کوتاه، ویدئوهای آموزشی، اینفوگرافیک‌های تعاملی، داستان‌های تصویری، پادکست و بازی‌های دیجیتال ارائه شد. موضوعات آموزشی شامل مفهوم رشد و نشانه‌های آن، مراحل زندگی انسان، عوامل مؤثر بر رشد از جمله تغذیه، خواب و فعالیت بدنی، و نیز بهداشت دهان و مراقبت از دندان‌ها بود. در این فرایند، معلم نقش تسهیلگر را بر عهده داشت و با ارائه محتوای کوتاه، طرح پرسش، هدایت فعالیت‌ها و ارائه بازخورد، مشارکت دانش‌آموزان را تقویت می‌کرد. دانش‌آموزان نیز از طریق مشاهده و تحلیل محتوا، انجام بازی‌ها و فعالیت‌های تعاملی و بیان آموخته‌های خود در فرایند یادگیری مشارکت داشتند. اجرای پیش‌آزمون در جلسه نخست و پس‌آزمون در جلسه پایانی، امکان بررسی تغییرات مرتبط با اجرای مداخله را فراهم کرد.

در مقابل، مداخله آموزشی مبتنی بر یادگیری معکوس نیز در هشت جلسه اجرا شد، با این تفاوت که فرایند یادگیری بر تفکیک فعالیت‌های پیش از کلاس و فعالیت‌های حضوری در کلاس استوار بود. در این رویکرد، دانش‌آموزان پیش از حضور در کلاس، محتوای آموزشی را از طریق منابعی مانند ویدئوهای آموزشی، بروشورهای دیجیتال و فایل‌های صوتی مطالعه یا مشاهده می‌کردند. زمان کلاس نیز به فعالیت‌های عملی و مشارکتی، بحث و پرسش‌وپاسخ، انجام آزمایش‌های ساده، فعالیت‌های گروهی، تحلیل موقعیت‌های آموزشی و تکمیل کاربرگ‌ها اختصاص می‌یافت. محتوای این مداخله نیز موضوعات مرتبط با رشد و مراحل زندگی، عوامل مؤثر بر رشد، ساختار و بهداشت دندان‌ها و پیشگیری از پوسیدگی دندان را پوشش می‌داد. در این روش، معلم ضمن سازمان‌دهی فعالیت‌های کلاسی، رفع اشکال، هدایت کاوشگری و ارائه بازخورد، زمینه را برای به‌کارگیری آموخته‌های پیشین در موقعیت‌های عملی فراهم می‌کرد؛ در مقابل، دانش‌آموزان با مطالعه محتوای پیش‌کلاس، مشارکت در فعالیت‌های گروهی، انجام آزمایش‌ها و تحلیل نتایج، نقش فعال‌تری در فرایند یادگیری بر عهده داشتند. پیش‌آزمون در جلسه نخست و پس‌آزمون در جلسه پایانی اجرا شد.

بنابراین، تفاوت اصلی دو مداخله در سازمان‌دهی و نحوه ارائه محتوای آموزشی و ساختار فعالیت‌های یادگیری بود؛ به‌گونه‌ای که در یادگیری خرد، بر ارلئه محتوا در قلب واحدهای کوچک، کوتاه و متمرکز و استفاده از فعالیت‌های تعاملی تأکید شد، درحالی‌که در

یادگیری معکوس، ارائه محتوای اولیه به خارج از کلاس و اختصـاص زمان کلاس به فعالیت‌های عملی، مشـارکتی و تعاملی مورد توجه قرار گرفت. شرح تفصیلی اهداف جلسات، محتوای آموزشی، ابزارهای مورد استفاده و نقش معلم و دانش‌آموز در هر دو مداخله، به‌ترتیب در جدول‌های ۱ و ۲ پیوست ارائه شده است.

روش تجزیه‌وتحلیل داده‌ها

پس از جمع‌آوری داده‌ها، اطلاعات با اسـتفاده از نرم‌افزار SPSS نسـخه ۲۶ تحلیل شـد. با توجه به طرح پژوهش و هدف مقایسـه دو مداخله آموزشـی با گروه کنترل، از تحلیل کوواریانس چندمتغیره (MANCOVA) برای بررسـی تفاوت گروه‌ها پس از کنترل اثر پیش‌آزمون اسـتفاده شـد. پیش از اجرای تحلیل اصـلی، پیش‌فرض‌های لازم برای تحلیل کوواریانس چندمتغیره بررسـی شـد. سـپس، با کنترل نمرات پیش‌آزمون، اثر عضـویت در گروه آزمایش یا کنترل بر متغیرهای وابسـته مورد بررسـی قرار گرفت. نتایج در دو سـطح آمار توصیفی و استنباطی گزارش شد.

یافته‌ها

در این بخش، یافته‌های پژوهش در دو بخش گزارش می‌شود؛ ابتدا شاخص‌های آمار توصیفی (میانگین و انحراف معیار) در جدول ۳ ارائه شده و در ادامه، نتایج آمار استنباطی حاصل از تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (همراه با آزمون تعقیبی LSD) برای آزمون فرضیه‌ها گزارش شده است.

همان‌طور که جدول (۳) نشان می دهد، میانگین و انحراف معیار پیش آزمون متغیر بارشناختی در گروه یادگیری معکوس به ترتیب (۲۵/۹۴ و ۳/۷۲)، در گروه یادگیری خرد (۲۵/۷۷ و ۴/۰۱) و در گروه کنترل به ترتیب (۲۵/۷۴ و ۴/۰۸) بوده است. میانگین و انحراف معیار پس آزمون متغیر بارشناختی در گروه یادگیری معکوس به ترتیب (۲۲/۴۸ و ۳/۹۵)، در گروه یادگیری خرد (۲۱/۵۱ و ۴/۳۵) و در گروه کنترل به ترتیب (۲۴/۶۲ و ۴/۴۴) بوده است.

جدول ۳. میانگین و انحراف معیار بار شناختی در پیش‌آزمون و پس‌آزمون ۳ گروه مورد مطالعه(n=35).

Table 3. Mean and standard deviation of cognitive load in pre-test and post-test of the three study groups (n=35).

متغیرها Variables	گروه‌ها Groups	پیش‌آزمون Pre-test		پس‌آزمون Post-test		میانگین تعدیل‌شده Adjusted Mean
		میانگین Mean	انحراف معیار SD	میانگین Mean	انحراف معیار SD	
بار شناختی Cognitive Load	یادگیری معکوس Flipped Learning	۲۵/۹۴	۳/۷۲	۲۲/۴۸	۳/۹۵	۲۲/۳۶
	یادگیری خرد Micro-learning	۲۵/۷۷	۴/۰۱	۲۱/۵۱	۴/۳۵	۲۱/۵۹
	کنترل Control	۲۵/۷۴	۴/۰۸	۲۴/۶۲	۴/۴۴	۲۴/۶۶

پیش از مقایسه سه گروه در متغیر بار شناختی به منظور بررسی اثربخشی روش‌های آموزشی با استفاده از تحلیل کوواریانس تک‌متغیری، مفروضه‌های این آزمون مورد بررسی قرار گرفتند. مفروضه نرمال بودن توزیع داده‌ها با استفاده از آزمون کلموگروف-اسمیرنوف ارزیابی شد؛ نتایج نشان داد که توزیع داده‌ها در هر سه گروه و در هر دو مرحله پیش‌آزمون و پس‌آزمون نرمال است (P >۰/۰۵). مفروضه همگنی واریانس‌ها با استفاده از آزمون لوین بررسی شد و نتایج، برابری واریانسِ سه گروه را در متغیر بار شناختی تأیید کرد($F_{(2,102)}$ =۰/۶۴ , P =۰/۵۳)

جدول ۴. نتایج تحلیل کوواریانس تک متغیری برای متغیر بارشناختی بین ۳ گروه.
Table 4. Results of univariate analysis of covariance (ANCOVA) for cognitive load among the three groups.

منبع تغیرات Source of Variation	مجموع مجذورات Sum of Squares	درجه آزادی	F	سطح معنی داری Sig.	اندازه اثر Effect Size	توان آزمون Power
پیش آزمون Pre-test	۱۶۲۴/۹۵	۱	۷۳۰/۳۶	۰/۰۰۱	۰/۸۸	۱/۰۰
گروه Group	۱۸۶/۸۴	۲	۴۱/۹۹	۰/۰۰۱	۰/۴۵	۱/۰۰
خطا Error	۲۲۴/۷۱	۱۰۱				
کل Total	۵۶۹۷۶/۰۰	۱۰۵				

مفروضهٔ همگنی شیب رگرسون با استفاده از آزمون واریانس بررسی شد و این آزمون با ($F_{(2,99)}$ =۰/۲۸ , P =۰/۷۵) همگنی شیب رگرسیون را در متغیر بارشناختی تأیید کرد (p<۰/۰۵). در ادامه، به منظور مقایسه میانگین‌های تعدیل‌شده سه گروه در متغیر بار شناختی، از آزمون تحلیل کوواریانس تک‌متغیری (ANCOVA) استفاده شد که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است.

براساس نتایج تحلیل کوواریانس جدول (۴) بین میانگین تعدیل شدهٔ ۳ گروه مورد مطالعه در میزان بارشناختی با (P <۰/۰۱، $F_{(2,101)}$ =۴۱/۹۹) اختلاف معنی داری در سطح آلفای ۰/۰۱ وجود داشت. در ادامه با استفاده از آزمون تعقیبی LSD به مقایسه های چندگانه بین ۳ گروه پرداخته شده است (جدول ۵).

جدول ۵. نتایج آزمون تعقیبی LSD برای مقایسه‌های چندگانه در متغیر بارشناختی.
Table 5. Results of LSD post-hoc test for multiple comparisons in cognitive load.

روش Method	گروه Group	اختلاف میانگین Mean Difference	خطای استاندارد Std. Error	سطح معنی داری Sig.
یادگیری معکوس Flipped Learning	یادگیری خرد Micro-learning	۰/۸۰	۰/۳۶	(P<۰/۰۵)۰/۰۲۷
	کنترل Control	-۲/۳۴	۰/۳۶	(P<۰/۰۱) ۰/۰۰۱
یادگیری خرد Micro-learning	کنترل Control	-۳/۱۴	۰/۳۶	(P<۰/۰۱) ۰/۰۰۱

براساس نتایج آزمون تعقیبی LSD جدول (۵)، میانگین تعدیل شدهٔ هر دو گروه آموزشی نسبت به گروه کنترل به طور معنی داری کمتر بود (P<۰/۰۱)، در نتیجه می توان گفت هر دو روش آموزشی یادگیری معکوس و یادگیری خرد در کاهش بارشناختی دانش آموزان نسبت به روش سنتی به طور معنی داری تأثیر بیشتری دارند.

بین دو گروه تحت آموزش گرفته به روش معکوس با گروه تحت آموزش گرفته به روش یادگیری خرد با سطح معنی داری ۰/۰۲۷ اختلاف معنی داری در سطح آلفای ۰/۰۵ وجود دارد (P<۰/۰۵). براساس یافته های توصیفی میانگین تعدیل شدهٔ گروه یادگیری معکوس (۲۲/۳۶) بیشتر از میانگین تعدیل شدهٔ گروه یادگیری خرد (۲۱/۵۶) بود. در نتیجه می توان گفت آموزش به روش یادگیری خرد نسبت به روش یادگیری معکوس در کاهش بارشناختی دانش آموزان به طور معنی داری تأثیر بیشتری دارد.

بحث و نتیجه‌گیری

پژوهش حاضر با هدف واکاوی تقابلی اثربخشی دو پارادایم نوین آموزشی، یعنی کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی (یادگیری خرد)، بر مدیریت بار شناختی دانش‌آموزان پایه دوم ابتدایی انجام شد. یافته‌های حاصل از تحلیل کوواریانس نشان داد که هر دو مداخله در مقایسه با آموزش سنتی، موجب کاهش معنادار بار شناختی دانش‌آموزان شده‌اند؛ با این حال، پداگوژی کپسولی در مقایسه با کلاس معکوس، اثر قوی‌تری در کاهش فشار ذهنی و بهینه‌سازی استفاده از ظرفیت حافظه فعال داشته است. از منظر محقق، این الگو بیانگر آن است که در دوره ابتدایی، چگونگی قطعه‌بندی، توالی‌بندی و حجم‌دهی محتوا نقش تعیین‌کننده‌تری در مدیریت بار شناختی دارد تا صرفِ جابجایی زمان و مکان آموزش. به بیان دیگر، برای یادگیرندگان کم‌سن، ساده‌سازی معماری شناختی محتوا، بیش از تغییر قالب زمانی آموزش، به کاهش بار ذهنی منجر می‌شود.

یافته‌های کمی حاصل از تحلیل کوواریانس نشان داد که اگرچه هر دو راهبرد کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی نسبت به آموزش متداول در کاهش بار شناختی مؤثر بوده‌اند، اما پداگوژی کپسولی (یادگیری خرد) به طور معناداری در بهینه‌سازی ظرفیت حافظه فعال و کاهش فشار ذهنی دانش‌آموزان، موفق‌تر از کلاس معکوس عمل کرده است. این یافته نشان‌دهنده آن است که در دوره ابتدایی، تغییر در ساختار و حجم محتوا بیش از تغییر در زمان و مکان آموزش بر اقتصاد شناختی یادگیرنده تأثیر مثبت دارد.

در تبیین دقیق‌تر یافته‌ها مشخص شد که یادگیری معکوس در مقایسه با روش سنتی آموزش، تأثیر معناداری در کاهش بار شناختی دانش‌آموزان داشته است. در این رویکرد، ارائه محتوای آموزشی به خارج از کلاس منتقل شده و زمان کلاس به فعالیت‌های تعاملی، حل مسئله، بحث و تعامل میان معلم و دانش‌آموز اختصاص می‌یابد. این امر موجب می‌شود دانش‌آموزان با آمادگی قبلی وارد کلاس شده و فرصت بیشتری برای پردازش عمیق‌تر مفاهیم داشته باشند؛ در نتیجه از تحمیل بار شناختی اضافی بر حافظه فعال آنان کاسته می‌شود. این یافته با نتایج پژوهش‌های خارجی همسو است که نشان داده‌اند به‌کارگیری الگوی کلاس معکوس می‌تواند به بهبود کیفیت یادگیری و مدیریت بهتر فرایند پردازش اطلاعات در یادگیرندگان منجر شود (اومارچوسکا و همکاران ، ۲۰۲۴؛ هارمینی و

همکاران[۲۷] ، ۲۰۲۲؛ شین و ژانگ، ۲۰۲۴؛ هویی و همکاران، ۲۰۲۳). تبیین این نتیجه را می‌توان در چارچوب نظریه بار شناختی بیان کرد. بر اساس این نظریه، زمانی که اطلاعات آموزشی به گونه‌ای سازماندهی شود که فشار کمتری بر حافظه فعال وارد کند، یادگیری مؤثرتر شکل می‌گیرد. در راهبرد کلاس معکوس، بخشی از فرایند دریافت اطلاعات در خارج از کلاس و با سرعت یادگیری فردی انجام می‌شود و در نتیجه دانش‌آموزان می‌توانند متناسب با توانایی شناختی خود به مطالعه محتوا بپردازند.

از طرفی به عنوان اولین نکته می‌توان گفت که در کلاس معکوس، فرایند دریافت اولیه اطلاعات از فضای فشرده و هم‌زمان کلاس خارج می‌شود و دانش‌آموز می‌تواند در خانه با سرعتی متناسب با ظرفیت شناختی خود، محتوا را مشاهده یا مرور کند. از نظر محققان، این جابه‌جایی سبب می‌شود فشار زمانی که معمولاً در آموزش حضوری سنتی بر دانش‌آموز تحمیل می‌شود، کاهش یابد؛ در نتیجه بخشی از بار شناختی بیرونی که ناشی از شتاب در ارائه مطلب، محدودیت فرصت پردازش و ترس از جا ماندن از جریان کلاس است، تعدیل می‌شود. دوم آنکه در این الگو، زمان کلاس از دریافت منفعلانه اطلاعات به پردازش فعال، تعامل، تمرین و رفع ابهام اختصاص می‌یابد. این تغییر، از نظر علّی، به دانش‌آموز امکان می‌دهد که ابهام‌های شناختی خود را در تعامل با معلم و همسالان برطرف کند و از انباشته‌شدن خطاهای فهم جلوگیری شود. از دیدگاه محقق، هرگاه دانش‌آموز بدون فهم مقدماتی وارد مرحله بعدی آموزش شود، بخشی از ظرفیت حافظه فعال او صرف جبران ابهام‌های قبلی می‌شود؛ اما در کلاس معکوس، فرصت پرسش و بازخورد فوری باعث می‌شود این ظرفیت آزادتر بماند و در خدمت یادگیری هدف قرار گیرد.

همچنین نتایج پژوهش حاضر با یافته‌های برخی مطالعات داخلی نیز همسو است. از جمله، ابراهیمی دباغ و ظفر حیدرپور (۱۴۰۰) و مرادی و همکاران (۱۴۰۳) نشان دادند که حرکت به سمت راهبردهای نوین آموزشی و طراحی محیط‌های یادگیری شخصی‌سازی‌شده می‌تواند فرایند یادگیری را تسهیل کرده و پیامدهای شناختی یادگیرندگان را بهبود بخشد. در این زمینه می‌توان گفت که کلاس معکوس می‌تواند از طریق ایجاد آمادگی قبلی، نوعی پیش‌سازمان‌دهی ذهنی در دانش‌آموز شکل دهد. وقتی فراگیر پیش از کلاس دست‌کم یک بار با مفاهیم مواجه شده باشد، ورود او به فعالیت‌های کلاسی با آشنایی نسبی همراه است. این آشنایی، از منظر نظریه بار شناختی، موجب می‌شود پردازش اطلاعات جدید کمتر به صورت ناگهانی و متراکم تجربه شود. محقق بر این باور است که این آمادگی اولیه، به ویژه در دانش‌آموزان ابتدایی، نقش حفاظتی در برابر آشفتگی شناختی دارد؛ زیرا آنان هنوز در مهارت‌های خودتنظیمی و سازمان‌دهی ذهنی، به پختگی لازم نرسیده‌اند و هر سازوکاری که ورود تدریجی به محتوا را تسهیل کند، می‌تواند بار شناختی آنان را کاهش دهد.

نکته حائز اهمیت در یافته‌های کمی این پژوهش، برتری معنادار روش یادگیری خرد (پداگوژی کپسولی) نسبت به یادگیری معکوس است. نتایج آزمون LSD نشان داد که میانگین تعدیل‌شده بار شناختی در گروه یادگیری خرد (۲۱.۵۶) به طور معناداری کمتر از گروه یادگیری معکوس (۲۲.۳۶) است؛ به طوری که اختلاف میانگین ۰.۸۰ واحدی میان این دو گروه در سطح آلفای ۰.۰۵ کاملاً

27. Harmini, Sudibyo, & Suprihatiningsih

معنادار گزارش شد. این نتیجه نشان‌دهنده کارآمدی بیشتر پداگوژی کپسولی در مدیریت منابع شناختی یادگیرندگان است و با نظریه بار شناختی که بر محدودیت ظرفیت حافظه کاری تأکید دارد، همخوانی دارد. حال برای تبیین عمیق‌تر اینکه چرا پداگوژی کپسولی (یادگیری خرد) در مقایسه با الگوی کلاس معکوس نتایج مطلوب‌تری در مدیریت ظرفیت حافظه فعال دانش‌آموزان پایه دوم ابتدایی به همراه داشته است، لازم است مکانیسم‌های اجرایی هر دو الگو را در پرتوِ همان نظریه بار شناختی به شرح زیر تحلیل کنیم. در واقع، آنچه برتری پداگوژی کپسولی را رقم می‌زند، نه صرفاً کاهش زمانِ مواجهه، بلکه تغییر در ساختارِ پردازشِ اطلاعات است که از طریق مکانیسم‌های پنج‌گانه زیر محقق می‌شود.

نخستین مکانیسم علّی در این زمینه، قطعه‌بندی شناختی محتوا است. در الگوی کپسولی، هر واحد آموزشی معمولاً تنها یک مفهوم اصلی و تعداد محدودی مفهوم فرعی را در بر می‌گیرد. از نظر محقق، این محدودسازی آگاهانه سبب می‌شود دانش‌آموز در هر لحظه فقط با حجم اندکی از اطلاعات سروکار داشته باشد؛ بنابراین احتمال ازدحام اطلاعات در حافظه فعال کاهش می‌یابد. این سازوکار برای دانش‌آموزان پایه دوم اهمیت مضاعف دارد؛ زیرا دامنه توجه، ظرفیت حافظه کاری و توانایی یکپارچه‌سازی هم‌زمان اطلاعات در آنان هنوز در حال رشد است. در چنین شرایطی، هرچه محتوای آموزشی ریزدانه‌تر و هدفمندتر باشد، احتمال پردازش موفق بیشتر خواهد بود.دومین مکانیسم، کاهش نیاز به نگهداشت هم‌زمان چند عنصر ذهنی است. در کلاس معکوس، هرچند یادگیرنده می‌تواند با سرعت خود پیش برود، اما محتوای پیش‌کلاس معمولاً ۲ تا ۴ مفهوم مرتبط را به صورت پیوسته ارائه می‌کند. این پیوستگی ممکن است برای یادگیرندگان بزرگ‌تر مفید باشد، اما برای دانش‌آموزان پایه دوم می‌تواند مستلزم نگهداری هم‌زمان چند ایده در حافظه فعال باشد. در مقابل، در پداگوژی کپسولی، دانش‌آموز پس از دریافت یک جزء کوتاه از محتوا، بلافاصله وارد تمرین، بازی یا بازخورد می‌شود. از نظر محقق، این توالی کوتاه ارائه–پردازش–بازخورد اجازه نمی‌دهد فشار ذهنی انباشته شود؛ بلکه هر جزء پیش از ورود جزء بعدی تا حدی تثبیت می‌شود.سومین مکانیسم، همسویی بیشتر ساختار آموزش با ویژگی‌های تحولی دانش‌آموزان دوره ابتدایی است. محقق معتقد است برتری پداگوژی کپسولی صرفاً یک مزیت فنی در طراحی محتوا نیست، بلکه ناشی از تناسب تحولی آن با الگوی توجه و یادگیری کودکان است. کودکان در این سن، معمولاً به محرک‌های کوتاه، متنوع، تصویری و تعاملی پاسخ بهتری می‌دهند و در برابر محتوای طولانی‌تر یا مفهومیِ متراکم، سریع‌تر دچار خستگی ذهنی می‌شوند. در نتیجه، کپسول‌های کوتاهِ چندرسانه‌ای همراه با بازخورد فوری، نه فقط به دلیل کوتاه‌بودن، بلکه به دلیل سازگاری با ریتم طبیعی توجه کودک، بار شناختی را مؤثرتر کاهش می‌دهند.چهارمین مکانیسم، تقویت پردازش تدریجی و جلوگیری از اشباع شناختی است. در آموزش سنتی و حتی تا حدی در کلاس معکوس، ممکن است چندین بخش از محتوا در قالب یک بسته نسبتاً منسجم عرضه شود. اما در الگوی کپسولی، محتوا به صورت تدریجی و با فاصله‌های کوتاه ارائه می‌شود. از دیدگاه محقق، این توزیع تدریجی دو پیامد علّی دارد: نخست آنکه ذهن دانش‌آموز فرصت بازیابی و تثبیت اطلاعات را پیدا می‌کند؛ دوم آنکه احتمال برهم‌خوردن تعادل شناختی در اثر دریافت ناگهانی اطلاعات متعدد کاهش می‌یابد. بنابراین، برتری پداگوژی کپسولی را می‌توان نتیجه مستقیم تنظیم آهنگ ورود اطلاعات دانست.پنجمین مکانیسم، بازخورد

فوری و اصلاح لحظه‌ای خطا است. در ساختار کپسولی، پس از هر واحد کوتاه، معمولاً فعالیتی تعاملی یا بازی‌وار ارائه می‌شود که به دانش‌آموز امکان می‌دهد بلافاصله کیفیت فهم خود را محک بزند. محقق بر این باور است که این بازخورد سریع، از انباشته‌شدن بدفهمی‌ها جلوگیری می‌کند و بدین ترتیب از تبدیل خطاهای کوچک به پیچیدگی‌های شناختی بزرگ‌تر پیشگیری می‌شود. در مقابل، در کلاس معکوس ممکن است فاصله زمانی بین مشاهده محتوای پیش‌کلاس و دریافت بازخورد کلاسی، موجب باقی‌ماندن برخی ابهام‌ها تا زمان حضور در کلاس شود.

در تبیین یافته‌ها، نظریه بار شناختی، چارچوبی نظری فراهم می‌کند که می‌تواند چگونگی اثربخشی برخی راهبردهای آموزشی از جمله یادگیری خرد را توضیح دهد. این نظریه بر نقش ظرفیت محدود حافظه کاری در فرایند یادگیری تأکید دارد (ون مرینبر و اسولر[۲۸]، ۲۰۰۵). از آنجا که ظرفیت حافظه کاری محدود است، یادگیرندگان هنگام یادگیری باید عناصر مختلف اطلاعات را به طور هم‌زمان در ذهن نگه داشته و میان آن‌ها ارتباط برقرار کنند. در صورتی که حجم اطلاعات ارائه‌شده یا پیچیدگی آن بیش از ظرفیت پردازشی حافظه کاری باشد، وضعیت اضافه‌بار شناختی ایجاد می‌شود و این امر می‌تواند مانع از شکل‌گیری یادگیری مؤثر گردد. بنابراین، یادگیری موفق زمانی رخ می‌دهد که پردازش اطلاعات در محدوده ظرفیت حافظه کاری باقی بماند و ساختار ارائه محتوا با توانایی‌های شناختی یادگیرنده هماهنگ باشد. در همین راستا، پژوهش‌های حوزه روان‌شناسی شناختی نشان می‌دهند که راهبردها و تکنیک‌های آموزشی زمانی اثربخش‌تر هستند که با معماری شناختی انسان همخوانی داشته باشند (اشنوتز و کورش[۲۹]، ۲۰۰۷).

این یافته که پداگوژی کپسولی بار شناختی را به میزان ۰.۷۷ واحد بیش از کلاس معکوس کاهش داده است (جدول ۷)، نشان‌دهنده کارآمدی بیشتر این راهبرد در مدیریت منابع شناختی یادگیرندگان است. این نتیجه با نظریه بار شناختی که بر محدودیت ظرفیت حافظه کاری تأکید دارد همخوانی دارد (ون مرینبر و اسولر، ۲۰۰۵). بر اساس این نظریه، زمانی که حجم یا پیچیدگی اطلاعات ارائه‌شده فراتر از ظرفیت پردازشی حافظه کاری باشد، اضافه‌بار شناختی رخ می‌دهد و فرآیند یادگیری با اختلال مواجه می‌شود؛ از این‌رو، راهبردهای آموزشی که بتوانند حجم اطلاعات هم‌زمان در حال پردازش را کاهش داده و یا آن را به‌صورت سازمان‌یافته ارائه کنند، زمینه یادگیری مؤثرتر را فراهم می‌سازند.در تبیین این یافته می‌توان گفت که پداگوژی کپسولی با ارائه محتوا در واحدهای کوتاه، متمرکز و هدفمند، از انباشت هم‌زمان عناصر اطلاعاتی جلوگیری کرده و بدین ترتیب بار شناختی بیرونی را کاهش می‌دهد. در مقابل، هرچند کلاس معکوس نیز بر فعال‌سازی یادگیرنده تأکید دارد، اما مواجهه اولیه با حجم نسبتاً گسترده‌ای از محتوا پیش از کلاس ممکن است همچنان بخشی از ظرفیت حافظه کاری را درگیر پردازش هم‌زمان چندین عنصر اطلاعاتی کند. این تفاوت ساختاری می‌تواند کاهش بیشتر بار شناختی در رویکرد کپسولی را توضیح دهد.در مجموع، می‌توان نتیجه گرفت که اگرچه کلاس معکوس با آزاد کردن زمان کلاس برای فعالیت‌های تعاملی، بار شناختی را نسبت به روش سنتی کاهش می‌دهد، اما برای دانش‌آموز دوره ابتدایی که هنوز مهارت‌های خودتنظیمی و مدیریت حافظه فعال در او به بلوغ نرسیده است، پداگوژی کپسولی راهبردی کارآمدتر است. این روش

28. Van Merriënboer & Sweller
29. Schnotz & Kürschner

با ارائه محتوا در قطعات کوچک و گیمیفای شـــده، نه تنها از اشـــباع حافظه جلوگیری می‌کند، بلکه بار شـــناختی مطلوب را از طریق درگیری فعال با قطعات کوچک آموزشی، افزایش می‌دهد.

پژوهش حاضـر علی‌رغم دسـتاوردهای نظری و تجربی در تبیین نقش پداگوژی کپسـولی بر مدیریت بار شـناختی، با محدودیت‌هایی روبه‌رو بوده اسـت که در تعمیم نتایج باید مدنظر قرار گیرند. یکی از چالش‌های بنیادین و کنترل‌نشـده در این پژوهش، بسـترسـازی مداخله در پلتفرم آموزشـی شـاد بود. از منظر نظریه بار شـناختی (اسـولر[30]، ۲۰۱۱)، کل ظرفیت شـناختی یادگیرنده از مجموع بار شناختی درونی، بار شناختی مطلوب و بار شناختی بیرونی تشکیل می‌شود. در این پژوهش، محدودیت‌های ساختاری و فنی پلتفرم شاد (نظیر نوسانات مداوم در پهنای باند، تأخیر در ارسال و دریافت پیام‌های چندرسانه‌ای، قطع و وصل‌های مکرر و ضعف در ابزارهای تعامل هم‌زمان) به عنوان یک متغیر مزاحم مداخله‌گر عمل کرده است. این نقایص فنی، نوعی بار شناختی تحمیلی سیستم را به دانش‌آموزان پایه دوم ابتدایی تحمیل کرد. در نتیجه، بخشی از ظرفیت محدود حافظه فعال کودکان، به‌جای آنکه صرفِ پردازش طرح‌واره‌های درس علوم تجربی (بار مفید) شـود، به مدیریت و حل چالش‌های کاربری ابزار و تحمل زمان‌های انتظار ناشـی از کندی پلتفرم (بار کاذب) اختصاص یافت. این پدیده می‌تواند برآورد دقیق میزان اثربخشی کلاس معکوس و پداگوژی کپسولی را تحت تأثیر قرار داده باشد؛ زیرا در شرایط فنی پایدارتر، احتمالاً تفاوت عملکردی و کاهش بار شناختی در هر دو گروه مداخله، وضوح آماری بیشتری نشان می‌داد. از این رو، تعمیم این یافته‌ها به مدارس یا سیستم‌هایی که از پلتفرم‌های پیشرفته با طراحی تعاملی بهینه (نظیر LMS های اختصاصی) استفاده می‌کنند، باید با احتیاط صورت گیرد.

بر مبنای یافته‌های پژوهش حاضر و با هدف ارتقای اقتصاد شناختی در نظام آموزشی، پیشنهادات ذیل ارائه می‌گردد. با توجه به محدودیت زمانی اجرای مداخله در یک نیم‌سال تحصیلی، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده، اثربخشی پداگوژی کپسولی در قالب مطالعات طولی (حداقل یک‌سـاله) با طراحی پیش‌آزمون، پس‌آزمون و چندین مرحله پیگیری (مانند دوره‌های ۳، ۶ و ۹ ماهه) مورد واکاوی قرار گیرد. در این راستا، توصیه می‌شود محققان با استفاده از روش آماری تحلیل واریانس با اندازه‌گیری مکرر میزان ماندگاری اثر کاهش بار شناختی بیرونی و سرعت انتقال اطلاعات به حافظه بلندمدت را در طول زمان بسنجند تا پایداری تحولی الگوها مشخص گردد. با توجه به محدودیت‌های پهنای باند و تعامل سنکرون در بستر شاد، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، پژوهشگران با استفاده از سیستم‌های مدیریت یادگیری پیشرفته‌تر نظیر مودل تخصصی یا سیستم‌های مدیریت یادگیری الکترونیکی بومی‌شده با قابلیت پشتیبانی از xAPI[31] (ثبت تجربیات یادگیری) به اجرای مداخله بپردازند. همچنین پیشنهاد می‌شود متغیر مزاحم بار شناختی تحمیلی سیستم یا تسهیل‌کننده‌های فنی کاربری از طریق سنجه‌های استاندارد (مانند پرسشنامه کیفیت سیستم وب) اندازه‌گیری شده و به عنوان متغیر همپراش در تحلیل‌های آماری وارد شود تا اثر ناشی از اختلالات فنی پلتفرم بر بار شناختی دانش‌آموزان کنترل و تفکیک گردد. به دلیل محدودیت جامعه آماری به دانش‌آموزان دختر پایه دوم ابتدایی شهر اراک، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آتی، این

30. Sweller
31. Experience Application Programming Interface

الگوها در سطوح مختلف تحصیلی (به‌ویژه دوره دوم ابتدایی) و در قالب طرح‌های عاملی اجرا شوند. در این طرح‌ها، متغیرهای جنسیت، پایگاه اقتصادی-اجتماعی خانواده و ظرفیت اولیه حافظه فعال دانش‌آموزان (اندازه‌گیری‌شده با آزمون‌های استاندارد مانند وکسلر یا کیمل) به عنوان متغیرهای تعدیل‌گر وارد مدل تحلیل شوند تا مشخص گردد پداگوژی کپسولی برای کدامیک از زیرگروه‌های دانش‌آموزی کارایی بهینه‌تری نشان می‌دهد. از آنجا که این پژوهش بر درس علوم تجربی (با غلبه مفاهیم عینی و تصویری) تمرکز داشت، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، اثربخشی این دو راهبرد در دروس با ساختار معرفت‌شناختی متفاوت مانند ریاضیات (دارای مفاهیم انتزاعی و زنجیره پله‌ای فهم) و ادبیات فارسی (دارای ماهیت ساختارنایافته و تفسیری) به صورت هم‌زمان سنجیده شود. پژوهشگران می‌توانند با مقایسه اندازه اثرهای به دست آمده در دروس مختلف، فرمول مشخصی برای طراحی کپسول‌های آموزشی بر اساس پیچیدگی ذاتی تکالیف در هر حوزه درسی ارائه دهند. با توجه به اینکه سبک تدریس، لحن، صمیمیت ارتباطی و توانایی مدیریت کلاس معلم می‌تواند اثر مداخلات را مخدوش سازد، پیشنهاد می‌شود در پژوهش‌های آینده از طرح‌های چندگروهی چندمعلمی استفاده شود. به طوری که هر روش آموزشی توسط حداقل سه معلم با ویژگی‌های حرفه‌ای همتاسازی‌شده اجرا گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود از روش آماری مدل‌سازی خطی چندسطحی استفاده شود تا اثرات سطح ۲ (ویژگی‌های معلم و کلاس) از اثرات سطح ۱ (روش آموزشی بر روی دانش‌آموز) تفکیک شده و سوگیری ناشی از عامل انسانی مدرس به حداقل برسد.

پیوست ۱: ساختار و مراحل اجرای مداخله آموزشی مبتنی بر یادگیری خرد

جدول ۱. ساختار و مراحل اجرای مداخله آموزشی مبتنی بر یادگیری خرد.

Table 1. Structure and stages of the micro-learning-based educational intervention.

جلسه Session	هدف Objective	محتوای کپسولی و ابزار تولید Capsule Content and Production Tool	نقش معلم (تسهیلگر) Teacher's Role (Facilitator)	نقش دانش‌آموز (فعال) Student's Role (Active)
اول First	اجرای پیش‌آزمون Pre-test administration	پرسشنامه دیجیتال (پرسلاین) شامل مقیاس بار شناختی Digital questionnaire (Porsline) including cognitive load scale	تبیین اهداف، ارسال لینک در شاد و پایش تکمیل فرمها Explaining objectives, sending link in Shad, and monitoring form completion	پاسخدهی به پرسشنامه‌ها با تمرکز بر وضعیت ذهنی خود Responding to questionnaires focusing on one's mental state
دوم Second	درک مفهوم رشد و نشانه‌های آن Understanding the concept of growth and its signs	کپسول ۱: انیمیشن ۳ دقیقه‌ای (اینشات) درباره مفهوم رشد. کپسول ۲: اینفوگرافیک تعاملی (فتوشاپ) درباره تغییرات قد و وزن Capsule 1: 3-minute animation (InShot) about the concept of growth. Capsule 2: Interactive infographic (Photoshop) about height and weight changes	ارائه کپسول اول، توقف برای پرسش، سپس ارائه کپسول دوم و مدیریت گفتوگوی کوتاه Presenting the first capsule, pausing for questions, then presenting the second capsule and managing a short dialogue	مشاهده انیمیشن، تحلیل اینفوگرافیک و بیان یک تغییر رشد در خود Watching the animation, analyzing the infographic, and expressing one growth change in oneself
سوم Third	شناسایی مراحل زندگی انسان Identifying human life stages	کپسول ۱: داستان تصویری ۴ دقیقه‌ای (نوزادی تا پیری). کپسول ۲: بازی وصل‌کردنی کوتاه در بستر تعاملی Capsule 1: 4-minute picture story (infancy to old age). Capsule 2: Short matching game in an interactive platform	هدایت دانش‌آموزان به دستهبندی تصاویر مراحل زندگی و ارائه بازخورد فوری به پاسخها Guiding students to categorize life stage pictures and providing immediate feedback on responses	ترتیب‌بندی مراحل زندگی و مشارکت در بازی تشخیص سن Ordering life stages and participating in the age recognition game
چهارم Fourth	عوامل مؤثر بر رشد (تغذیه) Factors affecting growth (nutrition)	کپسول ۱: ویدئو-کپسول ۳ دقیقه‌ای درباره گروههای غذایی. کپسول ۲: فعالیت انتخاب سفره سالم (تصویر تعاملی) Capsule 1: 3-minute video capsule about food groups. Capsule 2: Healthy table selection activity (interactive image)	ایجاد پیوند بین فعالیت بدنی و رشد ها (ارائه مفهوم در قالب کپسول صوتی) Creating a link between physical activity and bone growth (presenting the concept as an audio capsule)	انتخاب خوراکی‌های مفید از میان گزینه‌ها و ثبت گزارش کوتاه ۱ دقیقه‌ای Choosing healthy foods from the options and recording a short 1-minute report
پنجم Fifth	عوامل مؤثر بر رشد (خواب و ورزش) Factors affecting growth (sleep and exercise)	کپسول ۱: انیمیشن ۳ دقیقه‌ای درباره تأثیر خواب بر مغز. کپسول ۲: چالش ورزشی ۱ دقیقه‌ای در کلاس Capsule 1: 3-minute animation about the effect of sleep on the brain. Capsule 2: 1-minute exercise challenge in class	ایجاد پیوند بین فعالیت بدنی و رشد استخوانها (ارائه مفهوم در قالب کپسول صوتی) Creating a link between physical activity and bone growth (presenting the concept as an audio capsule)	انجام حرکات کششی ساده و گوش دادن به پادکست ۲ دقیقه‌ای رشد Performing simple stretching exercises and listening to a 2-minute growth podcast
ششم Sixth	بهداشت دهان (مسواک‌زدن) Oral hygiene (toothbrushing)	کپسول تعاملی: بازی طراحی شده با اسکرچ‌جونیور (مراحل مسواکزدن). تمرکز بر یک مهارت	نصب و اجرای فایل اسکرچ‌جونیور روی گوشی‌ها، نظارت بر ترتیب صحیح مراحل در بازی	اجرای بازی دیجیتال، تکرار مراحل مسواک‌زدن

		واحد: Interactive capsule Game designed with ScratchJr (toothbrushing steps). Focus on a single skill	Installing and running the ScratchJr file on phones, monitoring the correct order of steps in the game	در محیط بازی تا کسب امتیاز Playing the digital game, repeating toothbrushing steps in the game environment to earn points
هفتم Seventh	مراقبت از دندان (خوراکی‌ها) Dental care (foods)	کپسول تعاملی: بازی اسکرچ-جونیور (تفکیک خوراکی مفید و مضر). تمرکز بر یک مفهوم تمایزی Interactive capsule: ScratchJr game (distinguishing healthy and harmful foods). Focus on a single discriminatory concept	هدایت دانش‌آموزان در محیط بازی و تحلیل نهایی نتایج بازی در کلاس Guiding students in the game environment and final analysis of game results in class	انجام بازی تفکیک خوراکی‌ها و ارائه توضیح درباره چرایی ضرر قندها Playing the food sorting game and explaining why sugars are harmful
هشتم Eighth	اجرای پس‌آزمون-Post test administration	در جلسه پایانی، پس‌آزمون از طریق لینک پرسشنامه دیجیتال در اختیار دانش‌آموزان قرار گرفت تا میزان تغییرات حاصل از اجرای برنامه آموزشی بررسی شود In the final session, the post-test was provided to students via a digital questionnaire link to examine the changes resulting from the educational program	راهنمایی دانش‌آموزان و والدین در خصوص نحوه تکمیل پرسشنامه و نظارت بر اجرای صحیح پس‌آزمون Guiding students and parents on how to complete the questionnaire and monitoring the correct administration of the post-test	تکمیل پس‌آزمون با توجه به آموخته‌های ۸ جلسه Completing the post-test based on the learnings of the 8 sessions

پیوست ۲. مراحل اجرای مداخله آموزشی مبتنی بر رویکرد یادگیری معکوس.

جدول ۲. مراحل اجرای مداخله آموزشی مبتنی بر رویکرد یادگیری معکوس.
Table 2. Stages of the flipped learning-based educational intervention.

جلسه Session	محتوای پیش‌کلاس (خارج از کلاس) Pre-class Content (Outside Class)	فعالیت داخل کلاس (حضوری) In-class Activity (Face-to-face)	نقش معلم (تسهیل‌گر عمیق) Teacher's Role (Deep Facilitator)	نقش دانش‌آموز (کاوشگر) Student's Role (Explorer)
اول First	توجیه والدین در گروه شاد Orienting parents in the Shad group	اجرای پیش‌آزمون در محیط مدرسه Administering the pre-test in the school environment	تبیین روش معکوس برای والدین Explaining the flipped method to parents	آشنایی با رویکرد جدید آموزشی Familiarizing with the new educational approach
دوم Second	مشاهده ویدئوی ۸ دقیقه‌ای «سفر رشد» (شامل مفاهیم رشد و نشانه‌ها به‌صورت یکپارچه) Watching an 8-minute video "Journey of Growth" (including growth concepts and signs in an integrated manner)	پرسش و پاسخ درباره ویدئو و انجام آزمایش عملی (اندازه‌گیری قد همکلاسی‌ها) Q&A about the video and conducting a practical experiment (measuring classmates' height)	مدیریت ایستگاه‌های اندازه‌گیری و رفع اشکال از مفاهیم ویدئو Managing measurement stations and resolving misconceptions from the video	ثبت اندازه‌ها در جدول و مقایسه آن با اطلاعات ویدئوی دیشب Recording measurements in a table and comparing them with the previous night's video information
سوم Third	مطالعه بروشور دیجیتال (فتوشاپ) و فایل صوتی ۷ دقیقه‌ای درباره مراحل زندگی Studying a digital brochure (Photoshop) and a 7-minute audio file about life stages	کار گروهی: طراحی روزنامه دیواری کوچک درباره «من از نوزادی تا کنون» Group work: Designing a small wall newspaper about "Me from infancy until now"	سازماندهی گروه‌ها و فراهم کردن ابزار کاردستی؛ نظارت بر بحث‌های گروهی Organizing groups and providing craft tools; monitoring group discussions	اشتراک‌گذاری عکس‌های کودکی و انطباق آن‌ها با مفاهیم بروشور Sharing childhood photos and aligning them with the brochure concepts
چهارم Fourth	مشاهده انیمیشن ۱۰ دقیقه‌ای «آشپزخانه سالم» (شامل تمام عوامل مؤثر بر رشد) Watching a 10-minute animation "Healthy Kitchen" (including all factors affecting growth)	حل معماهای آموزشی و سناریونویسی برای یک روز زندگی سالم Solving educational puzzles and scenario writing for a healthy day	طرح سناریوهای چالش‌برانگیز (مثلاً: اگر صبحانه نخوریم چه می‌شود؟) Designing challenging scenarios (e.g., What happens if we don't eat breakfast?)	تحلیل سناریوها در گروه‌های ۳ نفره و ارائه راهکار Analyzing scenarios in 3-person groups and presenting solutions
پنجم Fifth	مشاهده ویدئوی ۹ دقیقه‌ای «دندان‌های ما» (آشنایی با انواع دندان و ساختمان آن) Watching a 9-minute video	مشاهده ماکت دندان و تمرین عملی استفاده از نخ دندان در کلاس	آموزش عملی روی ماکت و نظارت بر دقت دانش‌آموزان در تمرین	کار با ماکت دندان و پرسش درباره بخش‌های مبهم ویدئو

	"Our Teeth" (familiarity with tooth types and structure)	Observing a dental model and practicing flossing in class	Practical training on the model and monitoring students' accuracy in practice	Working with the dental model and asking about ambiguous parts of the video
ششم **Sixth**	گوش دادن به قصه صوتی ۸ دقیقه‌ای «میکروب‌های دندان» (علل پوسیدگی) Listening to an 8-minute audio story "Tooth Microbes" (causes of decay)	آزمایش علمی: قرار دادن تخم‌مرغ در سرکه (شبیه‌سازی پوسیدگی دندان) Science experiment: Placing an egg in vinegar (simulating tooth decay)	هدایت آزمایش علمی و نتیجه‌گیری از اثر اسید بر کلسیم Guiding the science experiment and concluding the effect of acid on calcium	مشاهده تغییرات پوسته تخم‌مرغ و انطباق آن با قصه میکروب‌ها Observing changes in the eggshell and aligning them with the microbe story
هفتم **Seventh**	مشاهده ویدئوی ۷ دقیقه‌ای جمع‌بندی بهداشت فردی و اجتماعی Watching a 7-minute video summarizing personal and social hygiene	حل کاربرگ‌های تحلیلی و رنگ‌آمیزی خلاقانه (تثبیت نهایی) Solving analytical worksheets and creative coloring (final consolidation)	رفع اشکال انفرادی و ارائه بازخوردهای تشویقی به فعالیت‌های مکتوب Individual troubleshooting and providing encouraging feedback on written activities	تکمیل کاربرگ و مشارکت در جمع‌بندی نهایی درس Completing the worksheet and participating in the final lesson summary
هشتم **Eighth**	بدون محتوای پیش‌کلاس No pre-class content	اجرای پس‌آزمون نهایی Administering the final post-test	مدیریت آزمون و نظارت بر شرایط اجرا Managing the test and monitoring administration conditions	پاسخ به سؤالات آزمون نهایی Answering the final test questions

ملاحظات اخلاقی

در این پژوهش، اصول اخلاقی پژوهش‌های کیفی به‌طور کامل رعایت شده است. پیش از انجام مصاحبه‌ها، هدف از اجرای پژوهش و نحوه استفاده از داده‌ها برای تمامی شرکت‌کنندگان تشریح گردید و رضایت آگاهانه آنان جهت شرکت در مطالعه و ضبط جلسات دریافت شد. همچنین به شرکت‌کنندگان اطمینان داده شد که مشارکت آنان داوطلبانه بوده و حق انصراف در هر مرحله را دارند. به‌منظور حفظ حریم خصوصی، محرمانگی و گمنامی، هیچ‌گونه اطلاعات هویتی و قابل‌شناسایی از افراد ثبت نشد و برای نقل‌قول‌ها و تحلیل‌ها از کدهای اختصاصی استفاده گردید.

مشارکت نویسندگان

نویسنده اول (دانشجو) در مفهوم‌سازی پژوهش، تدوین روش‌شناسی، طراحی و اجرای پروتکل‌های مداخلات آموزشی مبتنی بر یادگیری معکوس و یادگیری خرد، اجرای جلسات آموزشی، گردآوری داده‌ها، تحلیل داده‌ها و نگارش پیش‌نویس اولیه مقاله مشارکت داشت. نویسنده دوم (استاد راهنما) در نظارت علمی بر مراحل پژوهش، راهنمایی در تدوین روش‌شناسی، بررسی و اصلاح پروتکل‌های مداخلات آموزشی، نظارت بر تحلیل و تفسیر یافته‌ها و بازبینی و ویرایش علمی مقاله مشارکت کرد. نویسنده سوم (استاد مشاور) در ارائه مشاوره تخصصی در زمینه طراحی پژوهش و مداخلات آموزشی، بررسی تناسب محتوای آموزشی و ابزارهای پژوهش، مشارکت در تفسیر یافته‌ها و بازبینی و اصلاح مقاله مشارکت داشت.

تشکر و قدردانی

بدین‌وسیله از مدیر، معلمان و کادر محترم مدرسه که با همکاری و همراهی ارزشمند خود زمینه اجرای این پژوهش را فراهم کردند، صمیمانه قدردانی می‌شود. همچنین از والدین گرامی دانش‌آموزان که با حضور در جلسه توجیهی و حمایت از اجرای این پژوهش همکاری لازم را مبذول داشتند، تشکر و سپاسگزاری می‌گردد. در نهایت، از دانش‌آموزان عزیز که با مشارکت و همراهی خود در فرایند اجرای پژوهش نقش مهمی ایفا کردند، قدردانی می‌شود. بی‌تردید همکاری صمیمانه همه این عزیزان نقش مهمی در تحقق اهداف این مطالعه داشته است.

تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است.

بیانیهٔ استفاده از هوش مصنوعی

در فرایند آماده‌سازی و بازنگری این مقاله، از ابزارهای هوش مصنوعی مولد صرفاً برای بهبود نگارش و ویرایش زبانی متن، اصلاح ساختار جملات و افزایش انسجام و وضوح بیان استفاده شده است. کلیه محتوای علمی، ایده‌های پژوهش، طراحی، تحلیل داده‌ها، تفسیر یافته‌ها

و نتیجه‌گیری‌ها به صورت کامل توسط نویسندگان انجام شده و مسئولیت صحت، اصالت و تمامیت محتوای نهایی مقاله بر عهده نویسندگان است.

منابع

ابراهیمی دباغ، محمد، و ظفر حیدرپور، مهدی. (۱۴۰۰). مروری بر تأثیرات یادگیری خرد بر سطح یادگیری. *پژوهش در آموزش علوم تجربی، ۱*(۱)، ۱–۸. https://sid.ir/paper/950264/fa

ابراهیمی اورنگ، اکبر، صاحب‌یار، حافظ، و ابراهیمی اورنگ، مهدی. (۱۴۰۳). تأثیر یادگیری معکوس بر خودکارآمدی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان دختر پایه ششم ابتدایی در درس علوم تجربی. *پژوهش در آموزش شیمی، ۶*(۱)، ۳۷–۵۸. https://doi.org/10.48310/chemedu.2024.15805.1185

اسناوندی، محدثه، مرادی، رحیم، و باقری، محسن. (۱۴۰۴). کلاس معکوس و یادگیری خرد در عصر دیجیتال: یک مطالعهٔ مقایسه‌ای بر درگیری شناختی، عاطفی و رفتاری دانش‌آموزان دورهٔ ابتدایی. *فناوری آموزش، ۱۹*(۴)، ۹۷۷–۹۹۰. https://doi.org/10.22061/tej.2026.12112.3234

قدیری، سمانه، رستمی‌نژاد، محمدعلی، محمدحسنی، نسرین، و آیتی، محسن. (۱۴۰۳). تأثیر بازی‌وارسازی دیجیتال بر بار شناختی و عملکرد تحصیلی دانشجویان دارای سبک شناختی وابسته به زمینه: رویکرد ردیاب چشمی. *فناوری‌های آموزشی در یادگیری، ۷*(۲۳)، ۳۷–۶۴. https://doi.org/10.22054/jti.2024.77575.1431

مرادی، رحیم، و آراسته صالح کوهی، مهدیه. (۱۴۰۴). یادگیری معکوس، راهبردی نوین در توسعه توانایی استدلال و تجزیه و تحلیل دانش‌آموزان در نوشتن مقاله‌های کوتاه. *مطالعات آموزشی و آموزشگاهی، ۱۴*(۱)، ۲۰۵–۲۱۶. https://doi.org/10.48310/pma.2025.14488.4234

مرادی، رحیم، و مرجانی، ملیحه. (۱۴۰۱). شناسایی مؤلفه‌های محیط یادگیری مبتنی بر فناوری سیار به‌منظور اجرای کلاس معکوس اثربخش: یک مطالعه سنتزپژوهی. *تدریس‌پژوهی، ۱۰*(۴)، ۱۶۱–۱۸۱. https://doi.org/10.22034/trj.2022.62690

مرادی، رحیم، فاضلی مقدم، مرتضی، رسولی، بهنام، و رجبیان ده‌زیره، مریم. (۱۴۰۳). واکاوی سناریوهای محتمل روندهای نوظهور در آموزش و یادگیری دروس معارف دانشگاه‌ها با رویکرد آینده‌پژوهی. *پژوهش‌های آموزش و یادگیری، ۲۱*(۲)، ۱۶۹–۱۸۴. https://doi.org/10.22070/tlr.2024.18653.1532

مومنی مهموئی، حسین، و کاوه، حمیرا. (۱۴۰۱). کاربرد فناوری اطلاعات و ارتباطات در مدارس. https://civilica.com/doc/1757665

نوروزی، مجتبی، و فغفوری بیلندی، علی‌اکبر. (۱۴۰۱). آسیب‌های اجتماعی روش‌های نادرست آموزش قرآن (مطالعهٔ موردی کتاب‌های درسی آموزش و پرورش). *قرآن و علوم اجتماعی، ۲*(۴)، ۱۱۰–۱۴۰. https://doi.org/10.22034/arq.2023.362422.1137

سرمد، زهره، بازرگان، عباس، و حجازی، الهه. (۱۳۸۷). *روش‌های تحقیق در علوم رفتاری* (ویرایش دوازدهم). انتشارات آگاه.

Annetta, L., & Newton, M. (2024). Perceived cognitive load of extended reality serious educational games about climate change. *Docens Series in Education, 7*, 25–43. https://docensjournal.org/index.php/docens/article/view/55

Asnavandi, M., Moradi, R., & Bagheri, M. (2025). Flipped classroom and microlearning in the digital age: A comparative study on cognitive, emotional, and behavioral engagement of elementary school students. *Technology of Education Journal (TEJ), 19*(4), 977–990. https://doi.org/10.22061/tej.2026.12112.3234 [in Persian]

Ebrahimi Dabbagh, M., & Zafar Heidarpour, M. (2021). An overview of the effects of microlearning on the level of learning. *Research in Experimental Science Education, 1*(1), 1–8. https://sid.ir/paper/950264/fa [in Persian]

Ebrahimi Orang, A., Sahebyar, H., & Ebrahimi Orang, M. (2024). The effect of flipped learning on self-efficacy and academic performance in the field of experimental sciences among female grade six students. *Research in Chemistry Education, 6*(1), 37–58. https://doi.org/10.48310/chemedu.2024.15805.1185 [in Persian]

Fialho, L. M., Neves, V. N., & do Nascimento, K. A. (2024). The use of microlearning in the educational field: An overview of worldwide scientific production. *Edutec, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 28*(88), 7–23. https://doi.org/10.21556/edutec.2024.88.3123

Ghadiri, S., Rostaminezhad, M. A., Mohammadhasani, N., & Ayati, M. (2024). The effect of digital gamification on cognitive load and academic performance of students with context-dependent cognitive style: Eye tracker approach. *Educational Technologies in Learning, 7*(23), 37–64. https://doi.org/10.22054/jti.2024.77575.1431 [in Persian]

Gohar, R. H. A. (2023). A microlearning ESP program to develop university students' vocabulary and reduce their cognitive load. *CDELT Occasional Papers in the Development of English Education, 83*(1), 453–476. https://doi.org/10.21608/OPDE.2023.325342

Harmini, T., Sudibyo, N. A., & Suprihatiningsih, S. (2022). The effect of the flipped classroom learning model on students' learning outcome in multivariable calculus course. *AlphaMath: Journal of Mathematics Education, 8*(1), 72–78. https://doi.org/10.30595/alphamath.v8i1.10854

Huang, H. L., Hwang, G. J., & Chen, P. Y. (2022). An integrated concept mapping and image recognition approach to improving students' scientific inquiry course performance. *British Journal of Educational Technology*, *53*(3), 706-727. https://doi.org/10.1111/bjet.13177

Hui, C., Xiaoyi, G., Ning, Y., & Xiaohua, W. (2023). Influence of flipped classroom on learning effects: From perspective of cognitive load. *Journal of Beijing University of Posts and Telecommunications (Social Sciences Edition), 25*(3), 81–88. https://doi.org/10.19722/j.cnki.1008-7729.2023.0006

Karagöl, İ., & Esen, E. (2019). The effect of flipped learning approach on academic achievement: A meta-analysis study. *Hacettepe University Journal of Education, 34*(3), 708–727. https://doi.org/10.16986/huje.2018046755

Kohnke, L., Foung, D., & Zou, D. (2024). Microlearning: A new normal for flexible teacher professional development in online and blended learning. *Education and Information Technologies, 29*(4), 4457–4480. https://doi.org/10.1007/s10639-023-11964-6

Mahmoudi, A., Yarahmadi, Y., & Moradi, O. (2023). Comparing the effectiveness of reverse learning model and cooperative learning on the academic engagement of secondary school students. *Sociology of Education, 10*(1), 366–376. https://doi.org/10.22034/ijes.2023.2003494.1415 [in Persian]

Mohammed, G. S., Wakil, K., & Nawroly, S. S. (2018). The effectiveness of micro-learning to improve students' learning ability. *International Journal of Educational Research Review, 3*(3), 32–38. https://doi.org/10.24331/ijere.415824

Momeni Mahmoei, H., & Kaveh, H. (2022). Application of information and communication technology in schools. https://civilica.com/doc/1757665 [in Persian]

Moradi, R., & Arasteh Saleh Kohi, M. (2025). Investigating the effect of flipped learning on students' reasoning and analysis power in writing short essays. *Educational and Scholastic Studies, 14*(1), 205–216. https://doi.org/10.48310/pma.2025.14488.4234 [in Persian]

Moradi, R., & Marjani, M. (2022). Identifying the components of the learning environment based on mobile technology in order to implement an effective flipped classroom: A synthesis study. *Research in Teaching, 10*(4), 161–181. https://doi.org/10.22034/trj.2022.62690 [in Persian]

Moradi, R., Fazeli, M., Rasouli, B., & Rajabian Deh Zireh, M. (2024). Analyzing possible scenarios of emerging trends in teaching and learning university courses with a future research approach. *Teaching and Learning Research, 21*(2), 169–184. https://doi.org/10.22070/tlr.2024.18653.1532 [in Persian]

Noroozi, M., & Faghfuri Bilandi, A. A. (2022). Social harms of incorrect methods of teaching the Qur'an (A case study of textbooks for the Ministry of Education). *Qur'an and Social Sciences, 2*(4), 110–140. https://doi.org/10.22034/arq.2023.362422.1137 [in Persian]

Omarchevska, Y., van Leeuwen, A., & Mainhard, T. (2024). The flipped classroom: First-time student preparatory activity patterns and their relation to course performance and self-regulation. *Journal of Computing in Higher Education*, 1–23. https://doi.org/10.1007/s12528-024-09399-0

Paas, F. G., & Van Merriënboer, J. J. (1994). Instructional control of cognitive load in the training of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review, 6*, 351–371. https://doi.org/10.1007/BF02213420

Quan, Z., Grant, L., Hocking, D., & Connor, A. (2024). Distinctive mobile learning: Where it is different and how it can make a difference. *Interactive Learning Environments, 32*(1), 257–272. https://doi.org/10.1080/10494820.2022.2086267

Sarmad, Z., Bazargan, A., & Hejazi, E. (2008). *Research methods in behavioral sciences* (12th ed.). Agah Publishing. [in Persian]

Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review, 19*, 469–508. https://doi.org/10.1007/s10648-007-9053-4

Seel, N. M. (2008). Empirical perspectives on memory and motivation. In *Handbook of research on educational communications and technology* (pp. 39–54). Routledge. SBN:1135596905

Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In *Psychology of learning and motivation* (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8

Van Merriënboer, J. J., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review, 17*, 147–177. https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0

Xin, X., & Zhang, M. (2024). Effects of flipped English learning designs on learning outcomes and cognitive load: Workload of out-of-class activities versus during-class activities. *Journal of Computer Assisted Learning*, *4*(40), 1850-1965. https://doi.org/10.1111/jcal.13002