



University of Qom
Faculty of Literature and Humanities

A Meta-Analysis of the Effectiveness of Flipped Classroom Instruction on the Mathematical Performance of Iranian Students

Ameneh Hormozi¹, Ghasem Rekabdar², and Bahareh Soleymani³

1. Department of Mathematics Education, Faculty of Basic Sciences, Abadan Branch, Islamic Azad University, Abadan, Iran. E-mail: ameneh6712@gmail.com
2. Corresponding author, Department of Mathematics, Faculty of Basic Sciences, Arvand International Branch, Islamic Azad University, Abadan, Iran. E-mail: gh.rekabdar@iau.ac.ir
3. Department of Mathematics, Faculty of Basic Sciences, Arvand International Branch, Islamic Azad University, Abadan, Iran. E-mail: b.soleymani@iau.ac.ir

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article	In recent years, the flipped classroom model has emerged as an innovative pedagogical approach that effectively integrates technology with traditional teaching methods. This instructional strategy, which inverts conventional learning sequences, has gained increasing adoption globally in mathematics education. Although numerous empirical studies have examined its efficacy compared with traditional lecture-based methods, research findings have shown considerable variability. To address this inconsistency, this meta-analysis systematically evaluates the impact of the flipped classroom approach on mathematics learning outcomes. This comprehensive study analyzes 15 Iranian educational studies conducted between 2011 and 2023, comprising 16 distinct effect sizes derived from experimental and quasi-experimental research designs. The participant pool included students across various academic levels within Iran's educational system. Data synthesis was performed using SPSS software (version 28) with a random-effects model, and potential publication bias was assessed using funnel plot visualization and Egger's regression analysis. The results demonstrated a statistically significant, moderate overall effect size ($g = 0.73$), indicating superior mathematics learning outcomes in flipped classrooms compared to traditional instructional approaches. A comprehensive bias assessment revealed no evidence of publication distortion in the included studies. These findings strongly suggest that the flipped classroom model represents an effective instructional innovation within Iran's educational landscape. The study recommends that educators and policymakers consider widespread implementation of this approach, contingent upon adequate technological infrastructure and teacher training support.
Article history: Received 2025-03-10 Received in revised form 2025-04-05 Accepted 2025-06-06 Published online 2026-01-26	
Keywords: flipped learning, mathematics education, academic achievement, meta-analysis.	
How To Cite: Hormozi, A., Rekabdar, G., & Soleymani, B. (2026). A meta-analysis of the effectiveness of flipped classroom instruction on the mathematical performance of Iranian students, <i>Research in Instructional Methods</i> , 3 (4), 191-206. https://doi.org/10.22091/jrim.2025.12540.1235	
	© The Author(s) DOI: https://doi.org/10.22091/jrim.2025.12540.1235
	Publisher: University of Qom

Introduction

The rapid evolution of information and communication technologies in the 21st century has profoundly transformed educational paradigms worldwide (Akgundus & Akinoglu, 2016). Traditional teacher-centered instructional models have become increasingly inadequate in our technology-driven era (Wang et al., 2012). Mathematics, as a foundational discipline crucial for scientific and technological advancement, presents particular challenges in this transition. Contemporary society demands practical mathematical literacy for informed decision-making, yet conventional passive teaching methods often hinder students' conceptual understanding. Despite its critical importance, many students perceive mathematics as particularly challenging, negatively affecting engagement and participation, especially at primary and secondary levels. In response, educators and researchers have explored various alternative teaching methodologies to enhance student motivation and active learning. The flipped classroom approach has gained significant international traction in both school and university settings. Its classroom model represents a form of active learning based on the fundamental premise of reversing traditional educational processes. In this approach, students first independently engage with digital learning materials covering core content, allowing them to control the pace, timing, and location of their initial learning experience (Güler & et al, 2023). This preparation enables classroom time to be dedicated to active problem-solving, collaborative exercises, and individualized teacher support (Kang, 2015). This paradigm shift from instructor-centered to learner-centered education formed the basis of the current meta-analysis, which specifically examines the effectiveness of flipped classroom implementation on mathematics learning outcomes among Iranian students.

Research Findings

Following rigorous screening and application of inclusion/exclusion criteria, 15 qualifying studies were selected for meta-analytic synthesis, yielding 16 effect size measures. After removing one statistical outlier, 15 effect sizes were retained for final analysis. Homogeneity assessment using Cochran's Q test ($Q = 18.53$) and I^2 statistic ($I^2 = 27\%$) supported the use of a fixed-effect model for calculating the effect size. The computed average effect size of $g = 0.74$, when interpreted using Thalheimer and Cook's (2002) classification system (where $g < 0.40$ represents small effects and $0.40 \leq g < 0.75$ indicates medium effects), suggests that the flipped classroom approach produces a moderate positive impact on mathematics learning outcomes. This finding leads to the conclusion that the flipped classroom model significantly enhances the mathematical performance of Iranian students compared to traditional instructional methods. Furthermore, exhaustive publication bias analysis confirmed the absence of significant bias in the included studies.

Conclusion

The results of this meta-analysis underscore several important implications for educational practice. Traditional passive learning approaches often result in student disengagement and diminished motivation. In contrast, the flipped classroom model facilitates deeper and more meaningful learning by allowing students to encounter material independently, and then engage in active application during class sessions. This preparatory exposure creates opportunities for content review and mastery before classroom meetings, enabling students to arrive with informed questions and participate more effectively in collaborative learning experiences. Unlike traditional classrooms where substantial time is devoted to note-taking and passive reception of information (Bergmann & Sams, 2012), the flipped model optimizes valuable face-to-face time for higher-order cognitive activities.

Based on these robust findings, the systematic implementation of flipped classroom methodologies appears essential for supporting student progress in mathematics. Successful adoption requires careful consideration of student needs and proper implementation strategies to maximize learning quality. These

results provide valuable evidence for educational policymakers seeking to enhance instructional effectiveness in mathematics education through innovative approaches.

Author Contributions

All authors contributed equally to the conceptualization of the article and writing of the original and subsequent drafts.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors would like to thank all participants in the present study

Ethical Considerations

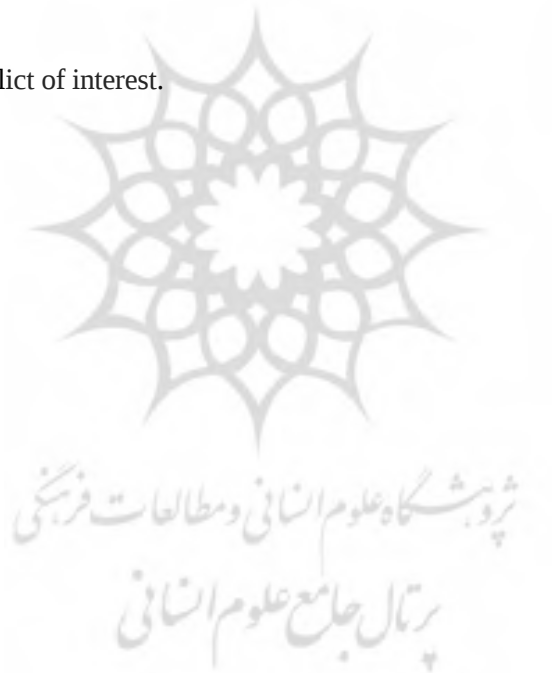
The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct

Funding

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.



فرا تحلیل اثربخشی آموزش به روش کلاس معکوس بر عملکرد ریاضی دانش آموزان ایرانی

آمنه هرمزی^۱ , قاسم رکابدار^۲  و بهاره سلیمانی^۳ 

۱. کارشناس ارشد آموزش ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد آبادان، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان. رایانامه: ameneh6712@gmail.com
۲. استادیار گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد بین المللی اروند، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران (نویسنده مسئول). رایانامه: gh.rekaddar@iau.ac.ir
۳. مربی گروه ریاضی، دانشکده علوم پایه، واحد بین المللی اروند، دانشگاه آزاد اسلامی، آبادان، ایران. رایانامه: b.soleymani@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله: مقاله پژوهشی	امروزه روش کلاس درس معکوس به عنوان یک روش آموزشی جدید که می تواند فناوری را با آموزش ادغام کند مورد توجه قرار گرفته است. کلاس درس معکوس به عنوان یک رویکرد آموزشی جدید به طور فزاینده ای در آموزش ریاضی مورد استفاده قرار می گیرد. اگرچه مطالعات زیادی در مورد اثربخشی کلاس معکوس بر بهبود یادگیری ریاضیات در مقایسه با روش سنتی انجام شده است، با این حال نتایج به دست آمده از این مطالعات یکسان نیستند. برای پرداختن به این موضوع، این فرا تحلیل اثربخشی آموزش به روش کلاس معکوس را بر عملکرد ریاضی دانش آموزان مورد بررسی قرار داده است. پژوهش حاضر یک فرا تحلیل نظام مند از ۱۵ مطالعه ایرانی با ۱۶ اندازه اثر بود که به روش نیمه آزمایشی یا آزمایشی بین سال های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۲ اجرا شده بودند. جامعه آماری شامل دانش آموزان مقاطع مختلف تحصیلی در ایران بود. داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS نسخه ۲۸ و مدل اثرات تصادفی تحلیل شدند. سوگیری انتشار با روش های نمودار فونل و آزمون اگر بررسی گردید. نتایج نشان داد که اندازه اثر ترکیبی ($g = 0.73$) به دست آمده معنی دار و در حد متوسط است که حاکی از برتری روش کلاس معکوس نسبت به روش سنتی در آموزش ریاضی می باشد. همچنین، هیچ شواهدی از سوگیری انتشار در مطالعات مورد بررسی مشاهده نشد. یافته های این فرا تحلیل نشان می دهد که روش کلاس معکوس در بافت آموزشی ایران می تواند به عنوان یک راهبرد آموزشی مؤثر برای بهبود عملکرد ریاضی دانش آموزان به کار گرفته شود. پیشنهاد می شود معلمان و سیاست گذاران آموزشی با در نظر گرفتن زیرساخت های فناورانه، این روش را در نظام آموزشی ایران ترویج دهند.
تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۰	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۱/۱۶	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۳/۱۶	
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۱/۰۶	
کلیدواژه ها: روش تدریس سنتی، روش کلاس معکوس، عملکرد ریاضی، فرا تحلیل.	

استناد: هرمزی، آمنه؛ رکابدار، قاسم؛ سلیمانی، بهاره. (۱۴۰۴). فرا تحلیل آموزش به روش کلاس معکوس بر عملکرد ریاضی دانش آموزان ایرانی، پژوهش در روش های آموزش، ۳ (۴)، ۱۹۱-۲۰۶. <https://doi.org/10.22091/jrim.2025.12540.1235>

مقدمه

آموزش و یادگیری از دیرباز با بشر همراه بوده است. با رشد تمدن و فرهنگ جامعه بشری، آموزش و یادگیری نیز تغییرات شگفت‌انگیزی را تجربه کرده است. در قرن جدید، فناوری امکان دسترسی سریع و آسان به اطلاعات و شبکه‌های اینترنت را فراهم کرده است و به آسانی از طریق ابزارهای گوناگون فناوری قابل استفاده هستند. اکنون دانش‌آموزان بیش از هر زمان دیگری، در ساعات بیداری در حال استفاده از نوعی فناوری هستند. استفاده از فناوری، امکانات فراوانی از جمله تعامل با دوستان، معلمان و یادگیری مطالب در هر مکانی، چه در داخل کلاس و چه در خارج کلاس و از راه دور را امکان‌پذیر کرده است (Fisher, 2001).

پیشرفت در فناوری اطلاعات و ارتباطات در قرن بیست و یکم به‌طور قابل توجهی بر دنیای آموزش به‌ویژه در فرآیند یادگیری تأثیر گذاشته است (Akgundus & Akinoglu, 2016). استفاده از رویکردهای یادگیری سنتی که در آن مربی به‌عنوان مرکز دانش است، در عصر فناوری امروزی جایگاهی ندارد. همچنین روش‌های سنتی تدریس با سرعت جامعه‌ای که رو به رشد است و در حال تجربه تغییرات مهمی در همه زمینه‌ها است سازگار نیست. یادگیری در کلاس درس سنتی، با تمرکز بر ارائه مطالب از معلمان به دانش‌آموزان و زمان صرف شده برای بحث در مورد سؤالات تمرینی، کمتر است، بنابراین دانش‌آموزان نیز کمتر قادر به حل سؤالات مختلف هستند. درس‌های آموخته‌شده، نمی‌تواند از فراگیران برای فعال بودن حمایت کند؛ بنابراین ما به یک انقلاب، در نحوه درک و عملکرد فرایندهای یاددهی و یادگیری نیاز داریم که در آن مهارت‌های مختلف و استفاده از فناوری گنجانده شده است (Wang & Yu, 2012). نتایج مطالعات سشناور و همکاران (Setiawan et al., 2022) نشان داد که معلمان باید از یک مدل یادگیری استفاده کنند که بتواند زمان کافی را در اختیار دانش‌آموزان قرار دهد و به دانش‌آموزان فرصت‌های بیشتری برای کشف سبک‌های یادگیری خود بدهند. یادگیری فعال در تضاد با شیوه‌های آموزشی «سنتی» است که در آن دانش‌آموزان دریافت‌کنندگان منفعل دانش از یک متخصص هستند.

یکی از دروسی که نقش مهمی در پیشرفت علم و فناوری داشته، درس ریاضیات است که یکی از موضوعات مهم در برنامه درسی مدارس است. در جامعه کنونی، یک فرد برای تصمیم‌گیری آگاهانه به‌عنوان یک شهروند به دانش کاربردی از محتوای ریاضی نیاز دارد؛ اما آموزش به روش غیرفعال باعث می‌شود که دانش‌آموزان در درک ریاضی دچار مشکل شوند. یادگیری ریاضیات که امروزه در مدارس به‌طور کلی اجرا می‌شود، هنوز این فرصت را نداده است که یادگیرندگان توانایی‌های خود را مطابق باهدف یادگیری ریاضیات توسعه دهند. باوجود اهمیت روزافزون آن، ریاضیات اغلب توسط دانش‌آموزان به‌عنوان یک درس دشوار در نظر گرفته می‌شود. این تصور بر مشارکت دانش‌آموزان در کلاس‌های ریاضی، به‌ویژه در سطوح ابتدایی و متوسطه تأثیر می‌گذارد. تحقیقات نشان داده است که مشکلات تجربه‌شده در سال‌های اولیه یادگیری، دانش‌آموزان را از موفقیت در دوره‌های ریاضی دانشگاه بازمی‌دارد (Mulwa, 2015). پژوهشگران در حال بررسی راهبردها و روش‌های آموزشی جایگزین برای مشارکت و ایجاد انگیزه دانش‌آموزان در فرایند یادگیری بوده‌اند. کلاس درس معکوس یکی از این گزینه‌هاست. روش کلاس معکوس، یکی از انواع روش‌های فعال یادگیری است که در سراسر دنیا هم در مدرسه و هم در دانشگاه در حال گسترش است. این رویکرد مبتنی بر ایده ساده اما پیشگامانه معکوس کردن فرآیند آموزشی است. در این روش به‌طور خاص، دانش‌آموزان با استفاده از منابع دیجیتال، طراحی‌شده برای پوشش بخش سنتی سخنرانی آماده می‌شوند، درحالی‌که ابتکار عمل در مورد مسائل مکان، زمان و سرعت یادگیری را در دست دارند. این روش اجازه می‌دهد تا از طول جلسات کلاس برای یادگیری فعال و تکالیف استفاده شود. این روش منجر به تغییر از رویکرد معلم محور به رویکرد دانش‌آموز محور می‌شود (Kang, 2015). روش آموزش کلاس معکوس به دانش‌آموزان اجازه می‌دهد سبک‌های خود را کشف و با سرعت یادگیری خودسازگار شوند. به این ترتیب، اغلب به‌عنوان یک رویکرد مطلوب در طراحی محیط‌های آموزشی در نظر گرفته می‌شود (Cheng et al., 2019). علاقه به استفاده از روش کلاس معکوس در سال‌های اخیر افزایش یافته است و تعداد مطالعات انجام‌شده در مورد این روش

به‌طور پیوسته در حال افزایش است. افزایش آموزش از راه دور در دوره همه‌گیری کرونا نیز بر محبوبیت این روش افزوده است و ادامه آموزش بر اساس این روش در سراسر جهان مطرح شده است. نتیجه مثبت تحقیقات کلاس درس معکوس در کشورهای مختلف نشان می‌دهد که کلاس درس معکوس پتانسیل تبدیل شدن به یک مدل یادگیری جایگزین برای افزایش کیفیت یادگیری را دارا است. علاوه بر این، با نگاه به کلاس درس معکوس می‌توان پی برد که این روش می‌تواند به‌عنوان یک روش یادگیری تیمی در حین کار بر روی تکالیف حل مسئله ریاضی در آموزش عالی عمل کند (Baig & Yadegaridehkordi, 2023).

در مورد سهم کلاس معکوس بر موفقیت دانش‌آموزان نظرات مختلفی وجود دارد. درحالی‌که برخی از مطالعات نشان از موفقیت درس ریاضی با روش کلاس معکوس می‌دهد (Zhang et al., 2016; Lo & Hew, 2017; Lai & Huang, 2019; Collins, 2019)، مطالعاتی وجود دارد که بیان می‌کند که استفاده از یادگیری معکوس تأثیر معناداری بر پیشرفت یادگیری ندارد (Clark, 2015). (Bhagat et al., 2016; Ramadhani et al., 2019). بر اساس این مشکلات، تلاش‌هایی لازم است تا یافته‌های قبلی مرتبط با تأثیر روش تدریس کلاس معکوس بر پیشرفت یادگیری ریاضیات به‌صورت کمی ارزیابی شود تا بتواند نتایج گسترده‌تر و دقیق‌تری ارائه دهد. در این مورد، می‌توان از رویکرد فراتحلیل برای ارزیابی نتایج مطالعات قبلی برای رسیدن به نتایج عمیق و دقیق استفاده کرد (Tamur & Juandi, 2020). هدف اصلی فراتحلیل یافتن اندازه اثر است. اندازه اثر معیاری برای اندازه‌گیری، بزرگی تفاوت بین میانگین گروه‌ها و شدت رابطه یک متغیر با سایر متغیرها است (Cohen, 1988). بنابراین، این مطالعه باهدف سنجش اثربخشی مدل یادگیری معکوس بر پیشرفت یادگیری ریاضیات با استفاده از رویکرد فراتحلیل در میان دانش‌آموزان ایرانی انجام شده است. همچنین سؤال پژوهشی زیر برای رسیدن به این هدف مطرح شده است:

سؤال پژوهشی: میزان تأثیر آموزش به روش کلاس معکوس بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان ایرانی چقدر است؟

از آنجایی‌که استفاده از کلاس معکوس در سال‌های اخیر گسترده‌تر شده است، مطالعات فراتحلیل در مورد این موضوع نیز افزایش یافته است. مروری بر مطالعات فراتحلیل نشان می‌دهد که رویکرد کلاس معکوس بر پیشرفت یادگیرنده مؤثر بوده است. به‌عنوان مثال فراتحلیل انجام‌شده توسط چنگ و همکاران (Cheng et al., 2019) که تأثیر کلی کلاس معکوس را بر پیشرفت یادگیری با مجموعه‌ای از متغیرها بررسی کرده‌اند نشان داد که اگرچه مدل کلاس معکوس اثر مثبتی دارد، اما اندازه اثر آن ناچیز است ($g = 0/193$). از سوی دیگر فراتحلیل انجام‌شده توسط کاراگول و ایسن (Karagol & Esen, 2019) با همین هدف نشان داد که کلاس معکوس در مقایسه با روش سنتی سطح معنی‌داری متوسطی دارد ($g = 0/566$). مطالعه ون‌آلتن و همکاران (Van Alten et al., 2019) در مورد تأثیر کلاس معکوس بر بهبود یادگیری و رضایت دانش‌آموزان نشان داد که کلاس معکوس تأثیر معنی‌دار اما کوچک دارد ($g = 0/36$). همچنین، مطالعه لاگ و سال (Lag & Sale, 2019) با همین هدف نتیجه مشابهی را نشان داد ($g = 0/35$). مطالعه فراتحلیل لو و هیو (Lo & Hew, 2017) در مورد اثرات استراتژی کلاس درس معکوس بر یادگیری دانش‌آموزان رابطه معنی‌داری بین روش کلاس معکوس و یادگیری دانش‌آموزان را با اندازه اثر کوچک نشان داد ($g = 0/198$). فراتحلیل استرلان و همکاران (Strelan et al., 2020) در مورد کلاس درس معکوس بر عملکرد دانش‌آموزان در رشته‌ها و سطوح تحصیلی نشان داد که یادگیری معکوس تأثیر مثبت متوسطی بر عملکرد یادگیرندگان دارد و عامل اصلی کمک‌کننده در کلاس درس معکوس فرصتی است که برای یادگیری فعال، ساختاریافته فراهم می‌کند. هو و همکاران (Hu et al., 2018) در مطالعه فراتحلیل در مورد روش‌شناسی کلاس درس معکوس نشان دادند که میانگین اندازه اثر برای آموزش به روش کلاس معکوس، برای پیامدهای شناختی و ادراکی متفاوت است. فراتحلیل کازو و همکاران (Kazu et al., 2022) در مورد اثربخشی یادگیری کلاس معکوس بر پیشرفت تحصیلی دانش‌آموزان نشان داد که کلاس درس معکوس از نظر آماری تأثیر معنی‌داری بر پیشرفت دانش‌آموزان دارد و دارای اندازه اثر بزرگ است ($g = 0/976$). فراتحلیل گولر و همکاران (Güler et al.,)

(2023) با این سؤال که آیا مدل کلاس درس معکوس در ریاضیات کار می‌کند؟ نشان داد که کلاس درس معکوس بر یادگیری ریاضی یک اندازه اثر معنی‌دار متوسط دارد ($g = 0/402$). همچنین اندازه اثر نیز به‌طور قابل توجهی توسط سطح تحصیلات و حوزه محتوای ریاضی تعدیل شد. در فرا تحلیل انجام‌شده توسط صاحب‌یار و مصرآبادی (Saheb Yar & Mesrabadi, 2021) در مورد اثربخشی یادگیری معکوس بر شاخصه‌های تربیتی میانگین اندازه اثر ($g = 0/85$) به دست آمد که یک اندازه اثر بزرگ است. نتایج فرا رگرسیون نیز نشان داد که یادگیری معکوس در سنین کم (دوره ابتدایی) مؤثرتر است. همچنین مطالعه فرا تحلیل انجام‌شده توسط مؤمنی‌راد و همکاران (Momeni Rad et al., 2022) در مورد تأثیر یادگیری معکوس بر درگیرسازی و انگیزه تحصیلی یادگیرندگان نشان داد که یادگیری معکوس بر انگیزه تحصیلی یادگیرندگان ($g = 0/157$) و بر درگیر سازی یادگیرندگان ($g = 0/123$) تأثیر معناداری دارد. در حین انجام مطالعه فعلی هیچ مطالعه فراتحلیلی که اثربخشی کلاس معکوس را بر آموزش ریاضی در ایران مورد بررسی قرار داده باشد یافت نشد؛ بنابراین با توجه به استفاده روزافزون کلاس معکوس ریاضی در ایران و همچنین مطالعاتی که در این زمینه صورت گرفته است، فراتحلیلی که اثربخشی کلاس معکوس را بر عملکرد ریاضی مورد بررسی قرار دهد ضروری به نظر می‌رسد.

روش‌شناسی پژوهش

این پژوهش از نظر ماهیت داده‌ها آمیخته و از لحاظ هدف کاربردی است. جامعه آماری این پژوهش کلیه پایان‌نامه‌های قابل دسترس در ایرانداک و پژوهش‌های و مقالات منتشرشده در مجلات علمی و پایگاه‌های اطلاعاتی است که به نحوی اثربخشی یادگیری معکوس را بر عملکرد ریاضی تا سال ۱۴۰۲ به روش آزمایشی یا نیمه‌آزمایشی در داخل کشور بررسی کرده‌اند. ملاک انتخاب مطالعاتی است که گزارش داده‌های آن‌ها برای محاسبه اندازه اثر کافی باشند؛ پژوهش‌هایی که به‌صورت تمام متن در دسترس باشند؛ همچنین پژوهش‌ها در ایران به زبان فارسی یا انگلیسی، منتشرشده باشند.

با توجه به گستردگی جامعه آماری پژوهش و محدودیت‌های پژوهشی ضروری است یک چارچوب نمونه‌گیری برای انتخاب مطالعات تعیین و نمونه‌های آماری به‌دست‌آمده از چند صافی گذر کند. این فیلترها شامل ۱- تحقیقاتی که شرایط لازم روش‌شناختی را دارا باشند ۲- تحقیقات که مرتبط با موضوع باشند ۳- تحقیقاتی که شاخص‌های کافی برای محاسبه اندازه اثر را گزارش کرده باشند. بنابراین، چارچوبی که برای تعیین نمونه آماری پژوهش تعریف شد عبارت است از: ۱- پژوهش‌هایی که به‌صورت تمام متن در بانک اطلاعاتی ایرانداک در دسترس‌اند؛ ۲- پژوهش‌هایی که در پایگاه‌های اینترنتی از جمله پایگاه علمی جهاد دانشگاهی SID، Magiran، علم‌نت، CIVILICA، NoorMags، Irandoc و... موجود باشند؛ ۳- پژوهش‌هایی که در گوگل اسکولار در دسترس‌اند. به‌منظور دستیابی به مطالعات، جست‌وجو در پایگاه‌های اطلاعاتی، با استفاده از کلیدواژه کلاس معکوس صورت گرفت. در مجموع ۸۲۹ مطالعه مشاهده شد که مربوط به کلاس معکوس در درس‌های مختلف بود. سپس جست‌وجوی دقیق‌تر با استفاده از کلیدواژه کلاس معکوس ریاضی صورت گرفت و از ۸۲۹ مطالعه تعداد ۱۵۶ مطالعه مربوط به کلاس معکوس ریاضی یافت شد. با حذف مطالعات نامربوط و تکراری تعداد این مطالعات به ۴۵ مطالعه انجامید. سپس مطالعاتی که شرایط ورود و خروج را نداشتند از مطالعات موجود حذف شدند. در نهایت این جست‌وجوها به شناسایی ۱۵ مطالعه انجامید که دارای شرایط مناسب علمی و روش‌شناختی برای محاسبه اندازه اثر بودند. این ۱۵ مطالعه شامل ۱۰ پایان‌نامه و ۵ مقاله داخلی بود که به‌صورت تمام متن در دسترس بودند. درواقع مطالعاتی که اطلاعات لازم را گزارش و از آزمون‌های آماری صحیح استفاده کرده بودند انتخاب شدند. نمونه آماری، برحسب پژوهش‌هایی است که در مورد تأثیر یادگیری معکوس بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان به‌عمل آمده است. پس از جمع‌آوری مطالعات اولیه چک‌لیست‌ها شامل

نام پژوهشگر یا پژوهشگران، سال انتشار، جنسیت، حجم نمونه، مقطع تحصیلی تهیه شد. جدول ۱، اطلاعات مربوط به مطالعات اولیه را شرح می‌دهد (Hormozi, 2024).

پس از جمع‌آوری مطالعات، برای بررسی اندازه اثر هر مطالعه، می‌توان از طبقه‌بندی g هجز^۱ و یا d کوهن استفاده کرد. وقتی حجم نمونه نسبتاً کوچک است اندازه اثر g هجز دقیق‌تر نسبت d کوهن است (Borenstein et al., 2010). در این مطالعه برای محاسبه اندازه اثر کلی از g هجز استفاده شده است. همچنین، نمونه با استفاده از نرم‌افزار فراتحلیل SPSS نسخه ۲۸ فراتحلیل شد. روش تجزیه و تحلیل داده‌ها شامل محاسبه اندازه اثر هر مطالعه، ارزیابی سوگیری انتشار، نمودار کیفی، آزمون ایگر^۲، آزمون ناهمگونی Q کوکران، مجذور I ، اندازه اثر ترکیبی با دو مدل اثرات ثابت و تصادفی، تحلیل حساسیت و محاسبه اندازه اثر کلی است.

جدول ۱. مطالعات اولیه جمع‌آوری شده (Hormozi, 2024)

ردیف	محقق	سال انتشار	حجم نمونه	جنسیت	مقطع تحصیلی
۱	اکرم نظری نژاد	۱۳۹۸	۵۰	دختر	متوسطه
۲	ساره توانا	۱۳۹۷	۳۲	دختر	ابتدایی
۳	مهدی امینی	۱۳۹۸	۶۰	دختر	متوسطه
		۱۳۹۸	۶۰	پسر	متوسطه
۴	پریسا علی نژاد مهربانی	۱۳۹۷	۳۰	دختر	ابتدایی
۵	حسین قناعت	۱۳۹۸	۵۲	پسر	متوسطه
۶	هاجر فیروزمند	۱۳۹۸	۴۰	دختر	ابتدایی
۷	الهام سادات مسعودی	۱۳۹۷	۶۰	دختر	ابتدایی
۸	سید حشمت‌الله مرتضوی زاده و مهران عزیزی	۱۴۰۰	۳۶	پسر	ابتدایی
۹	آیینه نظری پور و سوسن لاتی	۱۳۹۷	۵۰	دختر	متوسطه
۱۰	صمد ایزدی و همکاران	۱۳۹۹	۶۰	پسر	ابتدایی
۱۱	مهدی ابوالقاسمی و حسینعلی محمدی	۱۳۹۹	۶۰	پسر	ابتدایی
۱۲	مریم مغتنم و سید رضا میر مهدی	۱۴۰۰	۳۰	پسر	ابتدایی
۱۳	ربابه فاضل اشرفی و فاطمه صغری سینا	۱۳۹۶	۶۰	دختر	متوسطه
۱۴	نجمه خصالی اقطاعی	۱۳۹۶	۶۰	دختر	ابتدایی
۱۵	لیلا نیکخو کورایم	۱۳۹۷	۶۰	دختر	ابتدایی

یافته‌ها

در جدول ۲ خلاصه‌ای از مقادیر اندازه اثر مطالعات اولیه آورده شده است. بر اساس این جدول مقادیر اندازه اثر در دامنه ۰/۳۳ تا ۲/۹۵ قرار دارند اندازه اثر ۴ مطالعه دارای سطح معنی‌داری بیش از ۰/۰۵ هستند. باین حال در طبقه‌بندی ارائه شده توسط (Thalheimer & Cook, 2002) محدوده $g < 0/50$ به صورت $0/20 \leq g < 0/50$ به عنوان سطح پایین و محدوده $0/80 < g \leq 0/50$ به عنوان سطح متوسط و $g \geq 0/80$ به عنوان اندازه اثر بزرگ تعریف می‌شود. با اشاره به طبقه‌بندی g هجز، ۴ اندازه اثر کوچک، ۳ اندازه اثر متوسط و ۹ اندازه اثر بزرگ طبقه‌بندی شدند. بیشترین اندازه اثر مربوط به مطالعه نهم و کم‌ترین مقدار اندازه اثر مربوط به مطالعه سوم است.

^۱ Hedge's g

^۲ Egger's test

جدول ۲. شاخص‌های مرتبط با اندازه اثر تحقیقات اولیه

ردیف	نام پژوهشگر	سال انتشار	اندازه اثر	حد پایین	حد بالا	z-value	سطح معنی داری	حجم نمونه
۱	اکرم نظری نژاد	۱۳۹۸	۱/۰۰۸	۰/۴۲۹	۱/۵۸۷	۳/۴۱۱	۰/۰۰	۵۰
۲	ساره توانا	۱۳۹۷	-۰/۷۸۲	۰/۰۸۱	۱/۴۸۳	۲/۱۸۷	۰/۰۳	۳۲
۳	مهدی امینی	۱۳۹۸	۰/۳۳۲	-۰/۱۷۱	۰/۸۳۵	۱/۲۹۴	۰/۲۰	۶۰
۴	مهدی امینی	۱۳۹۸	-۰/۳۳۶	-۰/۱۶۷	۰/۸۳۹	۱/۳۰۹	۰/۱۹	۶۰
۵	پریسا علی نژاد مهربانی	۱۳۹۷	۱/۲۸۴	۰/۵۲۰	۲/۰۴۹	۳/۲۹۱	۰/۰۰	۳۰
۶	حسین قناعت	۱۳۹۸	۰/۶۲۹	۰/۰۷۷	۱/۱۸۱	۲/۲۳۲	۰/۰۳	۵۲
۷	هاجر فیروزمند	۱۳۹۸	-۰/۸۴۷	۰/۲۱۳	۱/۴۸۱	۲/۶۱۹	۰/۰۱	۴۰
۸	الهه سادات مسعودی	۱۳۹۷	۰/۵۹۶	۰/۰۸۵	۱/۱۰۶	۲/۲۸۷	۰/۰۲	۶۰
۹	سید حشمت‌الله مرتضوی زاده و مهران عزیزی	۱۴۰۰	۲/۹۴۹	۲/۰۲۶	۳/۸۷۲	۶/۲۶۳	۰/۰۰	۳۶
۱۰	آنتینا نظری پور و سوسن لائی	۱۳۹۷	۰/۳۶۳	-۰/۱۸۷	۰/۹۱۳	۱/۲۹۴	۰/۲۰	۵۰
۱۱	صمد ایزدی و همکاران	۱۳۹۹	۱/۲۲۵	۰/۶۸۱	۱/۷۷۰	۴/۴۱۲	۰/۰۰	۶۰
۱۲	مهدی ابوالقاسمی و حسینعلی محمدی	۱۳۹۹	۰/۸۹۴	۰/۳۷۰	۱/۴۱۸	۳/۳۴۴	۰/۰۰	۶۰
۱۳	مریم مغنم و سید رضا میر مهدی	۱۴۰۰	۰/۸۸۱	۰/۱۵۲	۱/۶۱۱	۲/۳۶۹	۰/۰۲	۳۰
۱۴	ربابه فاضل اشرفی و فاطمه صغری سینا	۱۳۹۶	۱/۰۰۲	۰/۴۷۲	۱/۵۳۱	۳/۷۰۵	۰/۰۰	۶۰
۱۵	نجمه خضالی اقطاعی	۱۳۹۶	۰/۳۴۸	-۰/۱۵۵	۰/۸۵۱	۱/۳۵۴	۰/۱۸	۶۰
۱۶	لیلا نیکخو کورایم	۱۳۹۷	۱/۰۸۲	۰/۵۴۷	۱/۶۱۷	۳/۹۶۶	۰/۰۰	۶۰

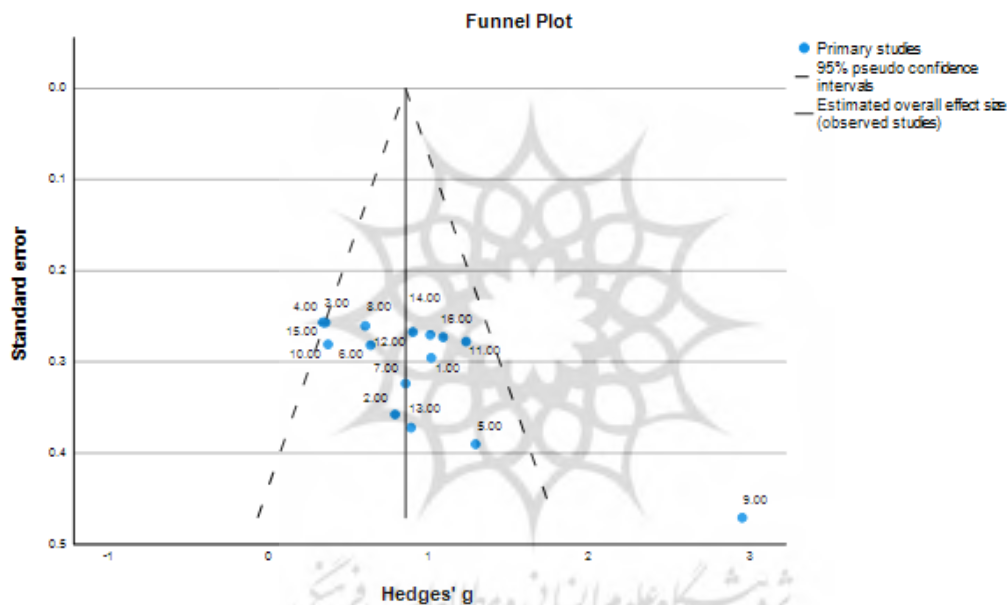
در این مطالعه برای آزمون ناهمگنی از آماره Q کوکران استفاده شد. هدف آزمون ناهمگنی انتخاب مدل اندازه‌گیری اندازه اثر مناسب است. معیار تصمیم‌گیری این است که اگر مقدار $p\text{-value} < ۰/۰۵$ باشد، واریانس اندازه اثر ناهمگن است بنابراین مدل اندازه‌گیری مورد استفاده یک اثر تصادفی است و اگر $p\text{-value} \geq ۰/۰۵$ باشد، واریانس اندازه اثر همگن است؛ بنابراین مدل مورد استفاده یک اثر ثابت است (Borenstein et al., 2010). همچنین، نتایج مجذور I آزمایش گزارش شد. هیگینز و همکاران (Higgins et al., 2003) به‌طور مشابه مقادیر آماره مجذور I را ۲۵٪ با ناهمگنی پایین ۵۰ درصد دارای ناهمگنی متوسط و ۷۵ درصد دارای ناهمگنی بالا ارزیابی کردند. جدول ۳ خلاصه‌ای از آزمون ناهمگنی و اندازه‌های اثر ترکیبی مدل ثابت و تصادفی مربوط به اثربخشی کلاس معکوس بر عملکرد ریاضی دانش‌آموزان، پیش از تحلیل حساسیت را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود، اندازه اثر ترکیبی در مدل ثابت ۰/۷۸۸ و در مدل تصادفی ۰/۸۴۷ می‌باشد که مقادیر هردو مدل از لحاظ آماری در سطح خطای ۱ درصد معنادار هستند.

جدول ۳. خلاصه آزمون ناهمگنی و اندازه اثر ترکیبی قبل از تحلیل حساسیت

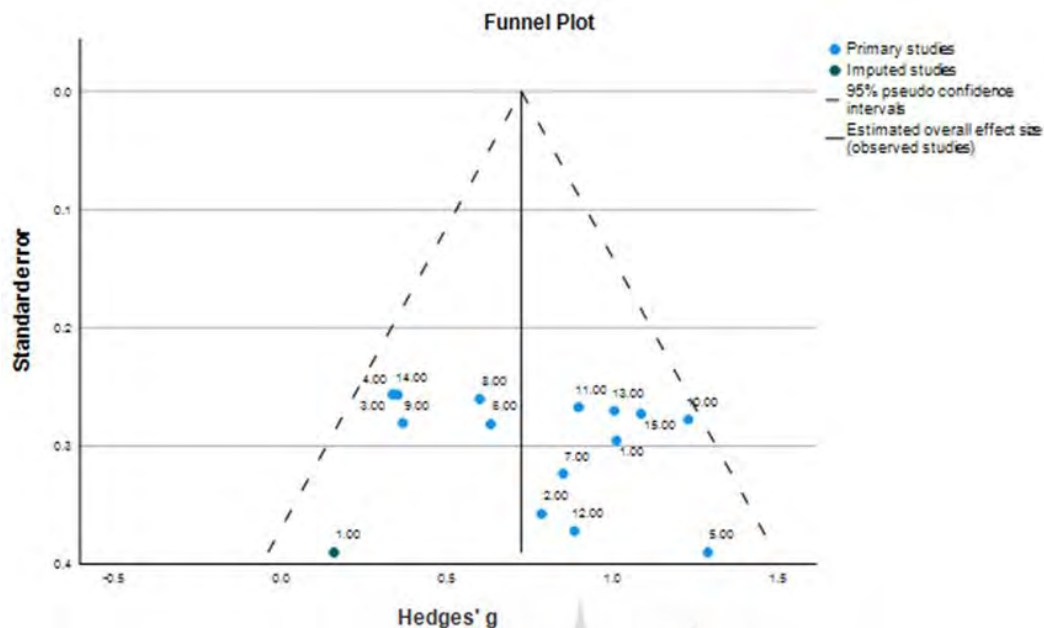
مدل	تعداد	اندازه اثر	فاصله اطمینان		مقدار آماره	P	df	ناهمگونی		
			حد پایین	حد بالا				Q	P	I^2
ثابت	۱۶	۰/۷۸۸	۰/۶۴۵	۰/۹۳۲	۱۰/۷۳۳	۰/۰۰۰	۱۵	۴۰/۱۱	<۰/۰۰۱	۶۲/۶
تصادفی	۱۶	۰/۸۴۷	۰/۵۴۴	۱/۱۴۰	۶/۱۶۴	۰/۰۰	۱۵			۶۳/۸

سوگیری انتشار مطالعات

یکی از چالش‌های فراتحلیل سوگیری انتشار است که در فراتحلیل از تجزیه و تحلیل حساسیت برای تشخیص اندازه‌های اثر نامناسب استفاده می‌شود. در این روش، اندازه‌های اثر پرت و افراطی شناسایی و حذف شده سپس تجزیه و تحلیل تکرار می‌شود. از نمودار قیفی برای تشخیص مطالعات پرت استفاده می‌شود. در واقع، سوگیری انتشار نشان‌دهنده این است که آیا تمام مطالعات پیرامون موضوع مورد پژوهش ما لحاظ شده است. در صورتی که سوگیری انتشار وجود نداشته باشد، نمودار متقارن خواهد بود و میزان پراکندگی حول اندازه اثر مداخله، با افزایش نمونه کاهش پیدا می‌کند. برای تشخیص خطر سوگیری انتشار به منظور کاهش حاشیه خطا، رویکردهای متعدد وجود دارد. در این فراتحلیل، از دو شیوه گرافیکی نمودار قیفی و نمودار جنگلی و شاخص‌های آماری (رگرسیون ایگر) برای بررسی تورش انتشار استفاده شده است.



شکل ۱. نمودار قیفی قبل از تحلیل حساسیت



شکل ۲. نمودار قیفی بعد از تحلیل حساسیت

نمودار قیفی ۱ تورش انتشار قبل و نمودار قیفی ۲ بعد از تحلیل حساسیت را نشان می‌دهند. در نمودارهای قیفی، محور افقی نشان‌دهنده مقادیر اندازه اثر پژوهش‌های اولیه و محور عمودی نشان‌دهنده خطای معیار آن‌ها است. در نمودارهای قیفی شکل، از نظر تفسیری مطالعاتی که به سمت پایین قیف کشیده می‌شوند، خطای استاندارد آن‌ها زیاد و سوگیری انتشار افزایش می‌یابد؛ اما مطالعاتی که در بالای قیف جمع می‌شوند خطای استاندارد کمی دارند و این مطالعات سوگیری انتشار ندارند؛ نتایج حاصل از نمودار قیفی وارونه، تقریباً یادآور تقارن نسبی مطالعات است؛ همان‌طور که در نمودار ۱ مشاهده می‌شود یک مطالعه در سمت راست نمودار ساختار متقارن را به‌طور قابل‌توجهی مخدوش می‌کند و نقش داده پرت را در روش‌های دیگر آماری ایفا می‌کند. پس از حذف ۱ اندازه اثر بالای قدر مطلق ۲/۵، نمودار قیفی ۲ به دست آمد که در مقایسه با نمودار قبلی نسبتاً متقارن است؛ به‌طوری‌که اندازه اثرهای پرت و افراطی در آن مشاهده نمی‌شود و همه اندازه اثرها در فاصله ۲ و ۰/۱ قرار گرفته‌اند. از آنجایی‌که تفسیر در طرح قیفی ذهنی است و یک روش غیررسمی برای ارزیابی سوگیری انتشار است آزمون رگرسیون ایگر انجام شد. در جدول ۴ نتایج حاصل از آزمون رگرسیون ایگر نشان داده شده است.

جدول ۴. آزمون رگرسیون ایگر مطالعات

عرض از مبدأ	خطای معیار	T	P	سطح اطمینان ۹۵ درصد
-۰/۷۶۰	۰/۶۵۶۰	-۱/۱۵۹	۰/۲۶۹	حد پایین حد بالا
				۲/۱۸۹- ۰/۶۶۹

نتایج به‌دست‌آمده از آزمون رگرسیون ایگر ($t = -1/159$, $p > 0/05$). نشان داد که عرض از مبدأ خط رگرسیونی مطالعات نزدیک به صفر می‌باشد و این بدین معنا می‌باشد که در پژوهش‌ها سوگیری انتشار وجود ندارد. علاوه بر این، روش برش و پر کردن نشان می‌دهد که تنها یک مطالعه احتمالی گم‌شده است بدون این مطالعه اندازه اثر کلی فراتحلیل ما ۰/۷۴۴ و با جای گذاری این مطالعه مقدار اندازه

اثر ۰/۷۲۱ است یعنی در صورت اضافه شدن این مطالعه به فراتحلیل ما مقدار اندازه اثر خلاصه کمتر از قبل خواهد شد ولی با اضافه کردن این مطالعه میانگین اندازه اثر تغییر چندانی ندارد نتایج حاصل از همه این یافته‌ها حاکی از عدم سوگیری انتشار است. جدول ۵ اندازه‌های اثر ترکیبی مدل ثابت و تصادفی مربوط به تأثیر یادگیری معکوس بر عملکرد ریاضی را پس از تحلیل حساسیت نشان می‌دهد. با توجه به جدول ۵ میانگین اندازه اثرهای ترکیبی در مدل ثابت ۰/۷۳ و در مدل تصادفی ۰/۷۴ است که هر دو از لحاظ آماری معنی دارند ($p \leq 0/001$) بنابراین، یادگیری معکوس در مقایسه با روش مرسوم تأثیر بیشتری بر عملکرد ریاضی فراگیران می‌گذارد.

جدول ۵. اندازه اثرهای ترکیبی مربوط به تأثیر یادگیری معکوس بر عملکرد ریاضی بعد از تحلیل حساسیت

مدل	تعداد اندازه اثر	اندازه اثر ترکیبی	خطای معیار	فاصله اطمینان ۹۵ درصد		مقدار آماره	سطح معنی داری
				حد پایین	حد بالا		
ثابت	۱۵	۰/۷۳	۰/۰۷	۰/۵۹	۰/۸۸	۹/۹۲۰	۰/۰۰۰
تصادفی	۱۵	۰/۷۴	۰/۰۸۵	۰/۵۶	۰/۹۲۶	۸/۷۵۷	۰/۰۰

برای تعیین مدل نهایی فراتحلیل، شاخص Q کوکران و مجذور I برای بررسی ناهمگنی اندازه اثر در مطالعات اولیه استفاده شد؛ با توجه به جدول ۶ شاخص‌های ناهمگنی در اندازه‌های اثر آموزش معکوس بر عملکرد ریاضی پس از تحلیل حساسیت نشان داده شده است. برای ۱۵ اندازه اثر مقدار شاخص Q با درجه آزادی ۱۴ برابر با ۱۸/۵۳ است که از لحاظ آماری معنی دار نیست ($p \geq 0/05$). با توجه به این که شاخص Q از لحاظ معنی داری محدودیت دارد (هرچه تعداد اندازه‌های اثر بیشتر باشد، برای رد همگنی، توان آزمون بیشتر می‌شود)، فراتحلیلگران برای رفع این محدودیت استفاده از مجذور I را پیشنهاد کرده‌اند. شاخص مجذور I مقداری از صفر تا ۱۰۰ درصد است و به صورت درصد مقدار ناهمگنی را بیان می‌کند. با توجه به نتایج مجذور I، از توزیع در نتایج تحقیقات اولیه، ۲۷ درصد واقعی و ناشی از وجود متغیرهای تعدیلی است. با توجه به معیار هیگنز و همکاران (Higgins et al., 2003)، در پژوهش‌های اولیه ناهمگنی پایین را نشان می‌دهد. بر اساس دو شاخص ناهمگنی Q کوکران و مجذور I مشخص شد که متغیرهای تعدیل‌کننده در اثربخشی یادگیری معکوس بر عملکرد ریاضی نقش معنی داری ندارند، بنابراین مدل ثابت به منزله مدل فراتحلیل در نظر گرفته شد.

جدول ۶. شاخص‌های ناهمگنی در اندازه‌های اثر آموزش معکوس بر عملکرد ریاضی پس از تحلیل حساسیت

مقدار Q	درجه آزادی	سطح معنی داری	I مجذور
۱۸/۵۳	۱۴	۰/۱۸	۲۷

بحث و نتیجه‌گیری

این مطالعه باهدف بررسی تأثیر کلاس معکوس بر عملکرد ریاضی در مقایسه با آموزش سنتی ریاضیات از طریق فراتحلیل انجام شد. برای دستیابی به این هدف، پس از بررسی مطالعات اولیه و به کارگیری ملاک‌های ورود و خروج، ۱۵ مطالعه که شرایط لازم را داشتند، در نهایت برای انجام فراتحلیل در نظر گرفته شدند؛ و از این ۱۵ مطالعه، ۱۶ اندازه اثر به دست آمد. از ۱۶ اندازه اثر استخراج شده، ۱ اندازه اثر پرت حذف شد و ۱۵ اندازه اثر در فراتحلیل باقی ماندند. با در نظر گرفتن نتایج مقادیر همگنی آزمون کوکران و مجذور I برابر ۲۷ یک مدل اثر ثابت برای محاسبه اندازه اثر مطالعات انتخاب شد. مقدار متوسط اندازه اثر در مدل نهایی $g = 0/74$ محاسبه شد. در این رابطه باید توجه داشت که مقدار اندازه اثر ۰/۷۳ است؛ که نشان از تأثیر متوسط دارد. این مقدار را می‌توان چنین تفسیر کرد که

روش کلاس معکوس برای آموزش دانش‌آموزان ایرانی یک اثر مثبت متوسط ایجاد می‌کند. به‌طور کلی، نتیجه‌گیری می‌شود که تأثیر روش آموزشی کلاس معکوس بر عملکرد ریاضی بیشتر از روش کلاس سنتی است. علاوه بر این، عدم وجود سوگیری انتشار در مورد اندازه اثر تأیید شد. در مطالعات انجام‌شده در ادبیات، نتایج این فراتحلیل همسو با پژوهش‌هایی داخلی است که تأثیر معنی‌دار یادگیری کلاس معکوس را در مقایسه با یادگیری سنتی نشان می‌دهند (Saheb Yar & Mesrabadi, 2021; Momeni Rad et al., 2022). همچنین مطالعاتی خارجی وجود دارد که نشان می‌دهد که تأثیر یادگیری معکوس بر عملکرد ریاضی مؤثرتر از یادگیری سنتی است (Zhang et al., 2016; Lo & Hew, 2017; Lai & Hwang, 2019; Collins, 2019). با وجود تفاوت در مقدار اندازه اثرهای به‌دست‌آمده، همگی مؤثر بودن یادگیری معکوس را بر عملکرد ریاضی در مقایسه با یادگیری سنتی تأیید می‌کنند. به‌عبارت‌دیگر، با اینکه اندازه اثرهای به‌دست‌آمده از فراتحلیل‌ها متفاوت از یکدیگرند، درباره اثربخشی یادگیری معکوس اتفاق‌نظر دارند؛ بنابراین نتایج به‌دست‌آمده از این فراتحلیل با بیشتر مبانی نظری و تجربی بیان‌شده درباره تأثیر روش‌های یادگیری ترکیبی و معکوس بر عملکرد ریاضی همخوان است.

در تفسیر نتایج این فراتحلیل، می‌توان گفت که آموزش به‌صورت ناکارآمد باعث منفعل شدن و از بین رفتن انگیزه یادگیرنده می‌شود. آموزش به روش کلاس معکوس با فرصت یادگیری مطالب، دوره در منزل و شرکت در انجام فعالیت‌های کلاس به همراه معلم، در مقایسه با روش سنتی، سبب یادگیری عمیق و معنی‌دار می‌شود. آگاهی به موضوع و داشتن پیش‌زمینه، قبل از حضور در کلاس، فرصتی را برای مرور و تسلط یافتن در اختیار فراگیران می‌گذارد و کمک می‌کند دانش‌آموزان با ذهنی پرسشگر در کلاس حاضر شوند تا از معلم یا همتایان خود سؤال کنند و در فرایند آموزش یکدیگر سهیم باشند. درحالی‌که در کلاس سنتی معمولاً بیشتر وقت کلاس به نوشتن و یادداشت‌برداری اختصاص می‌یابد و دانش‌آموزان قبل از فرایند یادگیری هیچ اطلاعاتی در زمینه موضوع یادگیری ندارند (Bergmann & Sams, 2012). بر اساس نتایج تجزیه و تحلیل به‌دست‌آمده از این فراتحلیل اجرای یادگیری به روش کلاس معکوس برای حمایت از پیشرفت دانش‌آموزان ضروری است. مدارس باید بتوانند یادگیری معکوس را به‌درستی و با توجه به نیاز دانش‌آموزان به‌کارگیرند تا کیفیت یادگیری افزایش یابد؛ و بتوان از آن به‌عنوان مبنایی برای سیاست‌گذاری برای بهبود کیفیت یادگیری استفاده کرد.

جدا از نتایج فراتحلیل گزارش‌شده، این مطالعه محدودیت‌هایی نیز دارد اول اینکه اجزای هر دو محیط (کلاس معکوس و کلاس سنتی) در مطالعات در نظر گرفته شده یکسان نیستند. به‌عبارت‌دیگر، اگرچه اثربخشی روش کلاس معکوس بر عملکرد ریاضی مطالعه شده‌اند، اما اصول طراحی که منابع تأثیر یک کلاس درس را نشان می‌دهند مبهم هستند؛ بنابراین، در مطالعات آینده می‌توان با دقت بیشتری ویژگی‌های هر دو تنظیمات را شناسایی کرده و دلایل هرگونه تفاوت را با جزئیات بیشتری و با استفاده از متغیرهای تعدیل‌گر بررسی نمود. دوم، نتایج این پژوهش محدود به تعداد محدودی از مطالعات بود. این شرایط نشان می‌دهد که مطالعات بیشتری مورد نیاز است؛ بنابراین، توصیه می‌شود که تحقیقات آتی در مورد روش کلاس معکوس با تعداد بیشتری مطالعه متمرکز و انجام شود. سوم، این پژوهش به بررسی تأثیر روش کلاس معکوس تنها بر پیشرفت تحصیلی درس ریاضی می‌پردازد. اثرات کلاس معکوس بر عواملی مانند نگرش، خودکارآمدی و انگیزه را می‌توان از طریق فراتحلیل در مطالعات آینده نیز تحلیل کرد. همچنین بیشتر مطالعات بررسی‌شده عمدتاً متمرکز بر آموزش ابتدایی بود و مدت مداخلات بعضی از مطالعات انجام‌شده کمتر از یک‌ترم بود که می‌تواند مشکل‌ساز باشد. با این حال، واضح است که مطالعات فراتحلیل سهم مهمی در مطالعات جدید دارند. با وجود محدودیت‌های ذکرشده این فراتحلیل می‌تواند علمی و کاربردی برای نظام آموزشی باشد. با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان نتیجه گرفت که کاربست روش کلاس معکوس، در مقایسه با روش‌های سنتی، بر عملکرد ریاضی فراگیران تأثیرگذار است و جایگزین مناسبی برای آن خواهد بود؛ بنابراین به مسئولان و برنامه

ریزان آموزشی پیشنهاد می‌شود این نوع یادگیری را در برنامه‌های آموزشی معلمان بگنجانند و زمینه آموزش و اجرای یادگیری معکوس را در کلاس درس فراهم آورند.

References

- Abolghasemi, M., & Mohammadi, H. (2020). Investigating the effect of flipped learning on attitude and performance in elementary school mathematics. *Educational Technology (Technology and Education)*, 15(1 (57)), 1-8. [In Persian]
- Akgundus, D., & Akinoglu, O. (2016). The effect of blended learning and social media-supported learning on the students' attitude and self-directed learning skills in science education. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 15(2), 106–115.
- Amini, M. (2018). *The effect of using the flipped classroom approach on the attitude and academic achievement of ninth-grade students in mathematics* [Master's thesis, Shahid Rajaei Teacher Training University]. (in Persian)
- Baig, M. I., & Yadegaridehkordi, E. (2023). Flipped classroom in higher education: a systematic literature review and research challenges. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 20(1), 61.
- Bergmann, J & Sams, A. (2012). *Flip your classroom: Reach every student in every class every day*. Internal Society for Technology in Education.
- Bhagat, K. K., Chang, C. N., & Chang, C. Y. (2016). The impact of the flipped classroom on mathematics concept learning in high school. *Educational Technology & Society*, 19(3), 124–132.
- Borenstein, M., Hedges, L. V., Higgins, J., & Rothstein, H. R. (2010). A basic introduction to fixed effect and random-effects models for meta-analysis. *Research Synthesis Methods*, 1(2), 97–111.
- Cheng, L., Ritzhaupt, A. D., & Antonenko, P. (2019). Effects of the flipped classroom instructional strategy on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Educational Technology Research and Development*, 67(4), 793–824.
- Clark, K. R. (2015). The effects of the flipped model of instruction on student engagement and performance in the secondary mathematics classroom. *Journal of Educators online*, 12(1), 91-115.
- Cohen, J. E. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Collins, B. V. C. (2019). Flipping the precalculus classroom. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 50(5), 728–746.
- Fazel Ashrafi, R. (2017). *The effect of the flipped classroom approach on learning and motivation in mathematics* [Master's thesis, Islamic Azad University, Neka Branch]. (in Persian)
- Firoozmand, H. (2019). *Comparing the effectiveness of the flipped teaching method with the traditional teaching method on the mathematics learning of fourth-grade elementary school students in Parsabad* [Master's thesis, Payame Noor University, Tehran Province]. (in Persian)
- Fisher, M., King, J., Tague, G. (2001). Development of a self-directed learning readiness scale for nursing education. *Nurse education today*, 21(7), 516-525.
- Ghorbanzadeh, P. (2020). Comparing the effect of flipped teaching and traditional teaching on academic enthusiasm in elementary school mathematics. *Applied Scientific Journal of Educational Leadership*, 1(4), 8-69. (in Persian)
- Güler, Mustafa · Kokoç, Mehmet. Önder Bütüner, Suphi. (2023). Does a flipped classroom model work in mathematics education? A meta-analysis. *Education and Information Technologies*, 28, 57-79.
- Higgins, J., Thompson, S., Deeks, J., & Altman, D. (2003). Measuring inconsistency in meta-analyses. *British Medical Journal*, 327, 557–560.
- Hooman, H. A. (2008). *Practical guide to meta-analysis in scientific research*. Samt. (in Persian)
- Hormozi, A. (2024). A meta-analysis study on the effectiveness of flipped classroom Learning on mathematical
- Hu, X., Gong, Y., Lai, C., & Leung, F. K. S. (2018). The relationship between ICT and student literacy in mathematics, reading, and science across 44 countries: A multilevel analysis. *Computers & Education*, 125, 1–13.
- Kang, N. (2015). The comparison between regular and flipped classrooms for EFL Korean adult learners. *Multimedia-Assisted Language Learning*, 18(3), 41–72.
- Karagöl, İ., & Emrullah, E. S. E. N. (2019). The effect of flipped learning approach on academic achievement: A meta-analysis study. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 34(3), 708–727.
- Karagöl, İ., & Esen, E. (2019). The effect of flipped learning approach on academic achievement: A metaanalysis study. *Hacettepe University Journal of Education*, 34(3), 708–727.
- Kazu, İ. Y., & Yalçın, C. K. (2022). A meta-analysis study on the effectiveness of flipped classroom learning on students' academic achievement. *E-International Journal of Educational Research*, 13(1), 85-102.

- Khasali Aghataei, N. (2017). Investigating the effect of flipped classroom on mathematics learning of seventh-grade female students [Master's thesis, Arak University]. (in Persian)
- Lag, T., & Sæle, R. G. (2019). Does the flipped classroom improve student learning and satisfaction? A systematic review and meta-analysis. *AERA Open*, 5(3), 1–17.
- Lai, C. L., & Hwang, G. J. (2016). A self-regulated flipped classroom approach to improving students' learning performance in a mathematics course. *Computers & Education*, 100, 126–140.
- Li, Y. Bin, Zheng, W. Z., & Yang, F. (2017). Cooperation learning of flip teaching style on the MBA mathematics education efficiency. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(10), 6963–6972.
- Lo, C. K & Hew, K. F. (2017). A critical review of flipped classroom challenges in K-12 education: Possible solutions and recommendations for future research. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(4), 1-22.
- Masoudi Moghadam, E. (2018). Comparing the effect of two teaching methods, flipped classroom and traditional, on geometry learning of third-grade female elementary school students in Kashan [Master's thesis, Tehran University]. (in Persian)
- Moghtanem, M., & Mirmahdi, S. R. (2021). *The effectiveness of flipped classroom in virtual education on academic achievement motivation and mathematics learning in elementary school students*. International Conference on Psychology, Educational Sciences, and Lifestyle. <<https://sid.ir/paper/901820/fa>> (in Persian)
- Momeni Rad, A., Pourjashidi, M., & Afshar, J. (2022). Meta-analysis of the effect of flipped learning on learner engagement and academic motivation. *Educational Technology and Learning*, 5(18), 9-30. [In Persian]
- Mortazavi Zadeh, H., & Azizi Mahmoudabad, M. (2021). The effect of the flipped classroom approach on mathematics learning in multi-grade classrooms. *10(4)*, 41-60. (in Persian)
- Muhtadi, A., Assagaf, G., & Hukom, J. (2022). Self-efficacy and students' mathematics learning ability in Indonesia: A meta-analysis study. *International Journal of Instruction*, 15(3), 1131–1146.
- Mulwa, E.C. (2015). Difficulties encountered by students in the learning and usage of mathematical terminology: A critical literature review. *Journal of Education and Practice*, 6, 27-37.
- Niaei, S., Imanzadeh, A., & Vahedi, S. (2021). The effectiveness of flipped teaching on mathematics anxiety and mathematics performance of fifth-grade students in Marand. *Educational Technology*, 15(3 (59)), 419-428. [In Persian]
- Nik-Khoo Qareem, L. (2018). *The effect of flipped learning on mathematics learning levels and social interaction of fifth-grade elementary school students* [Master's thesis, Allameh Tabataba'i University]. (in Persian)
- Performance. Master's thesis, Islamic Azad University, Abadan branch.[in Persian]
- Ramadhani, R., Umam, R., Abdurrahman, A., & Syazali, M. (2019). The effect of flipped-problem based learning model integrated with LMS-Google Classroom for senior high school students. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 7(2), 137–158. <https://doi.org/10.17478/jegys.548350>
- Retnawati, H., Apino, E., Djidu, H., & Kartianom. (2018). *Pengantar analisis meta [Introduction of meta analysis]*. Paroma Publishing.
- Saheb Yar, H., & Mesrabadi, J. (2021). The effectiveness of flipped learning on educational indicators: A meta-analysis study. *Educational Innovations*, 20(3), 7-30. (in Persian)
- Schmidt, F. L., & Hunter, J. E. (2004). Methods of meta-analysis corrected error and bias in research findings. *Journal of the American Statistical Association*, 20(7), 242–244. <https://doi.org/10.2307/2289738>
- Setiawan, A. A., Muhtadi, A., & Hukom, J. (2022). Blended learning and student mathematics ability in Indonesia: A meta-analysis study. *International Journal of Instruction*, 15(2), 905-916.
- Strelan, P., Osborn, A., & Palmer, E. (2020). The flipped classroom: A meta-analysis of effects on student performance across disciplines and education levels. *Educational Research Review*, 30, 100314.
- Tamur, M., & Juandi, D. (2020). Effectiveness of constructivism based learning models against students mathematical creative thinking abilities in Indonesia: A meta-analysis study. In *Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, MSCEIS* (pp. 1–8). <https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296507>
- Tavana, S. (2018). *Investigating the effect of flipped teaching method on mathematics learning and academic achievement of fourth-grade female elementary school students in Bandar Abbas* [Master's thesis, Islamic Azad University, Bandar Abbas Branch]. (in Persian)
- Thalheimer, W., & Cook, S. (2002). How to calculate effect sizes from published research articles: A simplified methodology. Retrieved February 27, 2020, from http://work-learning.com/effect_sizes.htm.
- Van Alten, D. C., Phielix, C., Janssen, J., & Kester, L. (2019). Effects of flipping the classroom on learning outcomes and satisfaction: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 28, 100281.
- Wang, Y. Z., & Yu, C. Z. (2012). A study of influence on learning motivation and effectiveness with the Moodle learning platform in mathematics area's remedial instruction-example of grade 3. In *Proceedings of the 2012*

- Symposium on Digital Content and Virtual Learning Conference. Pingtung, Taiwan: National Pingtung University.*
- Wei, X., Cheng, I. L., Chen, N. S., Yang, X., Liu, y., Dong, Y., Zhai, X., & Kinshuk (2020). Effect of the FCL on the mathematics performance of middle school students. *Education Technology Research and Development*, 68, 1461-1484.
- Zhang, H., Du, X., Yuan, X., & Zhang, L. (2016). The effectiveness of the flipped classroom mode on the English pronunciation course. *Creative Education*, 7(9), 1340.

