

Designing STEAM-Based Mobile Learning and its Effect on Mathematics Learning of Sixth-Grade Elementary Students

Seyed Ali Mosallami 

Corresponding Author, M.A. in Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: mosallamiedu@gmail.com

Mahdi Vahedi 

Assistant Professor, Department of Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: mv2958@gmail.com

Mohamadreza Nili Ahmadabadi 

Associate Professor, Department of Educational Technology, Allameh Tabataba'i University, Tehran, Iran. E-mail: nili1339@gmail.com

Abstract

The purpose of this research was to design mobile learning based on the STEAM approach and to determine its effect on students' learning in sixth-grade mathematics. The research was applied as quantitative and quasi-experimental in the form of a pre-test and post-test design with a control group. The statistical population of the research was all sixth-grade students of Gorgan city in the academic year of 2022-2023. Using the available sampling method, 70 people were selected as a sample, and randomly 35 people were in the control group and 35 people were in the experimental group. A researcher-made test was used to collect the data. Covariance analysis was used to analyze quantitative data and test hypotheses. The findings indicate that the difference between the post-test scores in the two experimental and control groups in the year math course's learning levels (analysis, evaluation, and creation) is significant. Therefore, the design of mobile learning based on the STEAM approach affects the learning of sixth-grade elementary students in mathematics.

Keywords: mobile learning, STEAM approach, Bloom's taxonomy of cognitive learning

Cite this Article: Mosallami, S., Vahedi, M., & Nili Ahmadabadi, M. (2025). Designing STEAM-Based Mobile Learning and its Effect on Mathematics Learning of Sixth-Grade Elementary Students. *Educational Psychology*, 21(75), 39-65. doi: 10.22054/jep.2024.75593.3907



© 2016 by Allameh Tabataba'i University Press
Publisher: Allameh Tabataba'i University Press

Introduction

By removing the barriers of in-class and out-of-class experiences, mobile learning provides a platform for the learner to continue the learning process outside the classroom and learner participation in educational activities beyond the limits of the traditional educational environment. Therefore, teachers in mobile learning can provide better educational services to their service recipients, such as integrating the curriculum and developing a variety of learning and educational benefits professionally (Alvarez et al, 2011).

In such a situation, a new approach has been proposed with the hope of solving the challenge of students' distance from the real issues of society; this approach, which takes its name from the combination of five different disciplines, is called STEAM. Gathering these five words (science, technology, engineering, art, mathematics) in one acronym (STEM) somehow refers to the goal of this approach, which is to teach the five mentioned knowledge. As an interdisciplinary approach, STEAM is looking for a way to teach students all at once to solve real-world challenges. So that it helps learners in the fields of science, technology, engineering, art, and mathematics to communicate between different environments such as school, society, work, and the global economy (Khine & Areepattamannil, 2019). According to Herro & Quigley (2017) in STEAM, students learn through a combination of disciplines and can solve problems in a real context. In interdisciplinary teaching, students are so engaged in problem-solving that they become excited, take advantage of their knowledge, and learn new concepts from different STEAM disciplines to reach a solution. Therefore, to establish the ability of information analysis, creativity, evaluation, and problem-solving power in students, we must provide a platform for learning that is student-centered. Providing such opportunities appropriately requires the use of new educational environments and the use of new teaching-learning methods. Therefore, mobile learning can be an effective tool for students to achieve high levels of learning due to its features, such as being available anytime and anywhere, being popular among people, and providing immediate feedback. In this regard, it seems that the mobile learning system, by using its special features and integrating it with the STEAM approach, will provide the educational content of the elementary school mathematics course in such a way as to enable students to achieve high levels of learning. Therefore, the main question of the current research is, what effect does

the design of mobile learning based on the STEAM approach have on the high levels of learning knowledge in elementary school mathematics?

Literature Review

The literature review goes here. Direct citations of 40 words and more must be separated into a block quote, without quotation marks:

Methodology

The current research method was quasi-experimental with a pre-test-post-test design with a control group. The studied population included all sixth-grade male and female students of Gorgan City who were studying in the academic year 2022-2023 and their number is estimated to be 7451. Of these, 3,747 students were boys and 3,704 were girls. The sample size was considered according to the suggestion of Gal et al. (1996), who believe that in experimental and semi-experimental research, the sample size in each experimental and control group should be between 15 and 20 people. In this research, the purposeful sampling method was used. The sample of this research includes all the 6th-grade students of Hajar Elementary School in Gorgan, Yodand, who were studying in the academic year 2022-2023. The number of these students was 70, who were randomly placed in the experimental and control groups (35 each). The experimental and control groups were homogenized in terms of social, economic, cultural, and educational variables. Confidentiality of the information of the participants in the research, obtaining satisfaction from the participant sample, not disseminating the information to others, and creating a reassuring atmosphere were among the standards and ethical considerations in this research. The experiment was conducted according to the educational program with a set schedule with the heads of the educational chapters, during 10 sessions every week, they were subjected to mobile education based on the STEAM approach. Finally, the data were analyzed using multivariate covariance analysis with the help of SPSS version 26 software.

Results

Table 1. Summary of analysis of covariance (MANCOVA) on research variables

Source	Dependent Variable	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.	Partial Eta Squared
Intercept	analysis	4/006	1	4/006	204/64	0/0010/489	
	evaluation	19/171	1	19/171	224/7820	0010/770	
	creation	2/372	1	2/372	66/803	0/0010/499	

According to the results of the above indicators, it can be concluded that by controlling the effect of the pre-test, the design of mobile learning based on the STEAM approach on the linear combination of the dependent variable (components of analysis, evaluation, and creation) is effective. Also, the above table shows that there is a significant difference between the two groups in at least one of the studied variables, and the difference observed in the studied variables is due to the impact of the mobile learning design based on the steamed approach.

Discussion

The purpose of this research was to design mobile learning based on the STEAM approach and determine its effect on students' learning in sixth-grade mathematics. The research was applied as quantitative and quasi-experimental in the form of a pre-test and post-test design with a control group. The findings indicate that the difference between the post-test scores in the two experimental and control groups in the math course's learning levels (analysis, evaluation, and creation) is significant. This research had limitations, such as the research was designed and implemented only for content based on the STEAM approach with a focus on math lessons, and if it is implemented with a focus on other lessons, it can provide different results. This research was conducted only on female students and its results cannot be generalized to male students. The results of testing the samples available to the researcher (70 people) cannot be generalized to the entire research population. According to the findings of the research, some suggestions are presented, including: paying attention to the components of mobile learning and the STEAM approach and using them in the elementary school curriculum; using the mobile learning design model based on the STEAM approach for learning in the teaching of other curriculum subjects in other educational levels and

comparing the results; conducting further research on male gender and larger samples of students to increase generalizability; carrying out similar research in a longer period, investigating the impact of mobile learning design based on the STEAM approach on other variables, especially 21st-century skills such as critical thinking, metacognitive skills.

Conclusion

According to the values in the above table, it can be concluded that there is a significant difference between the two studied groups in terms of each of the investigated components because the calculated F values are significant at the $p < 0.05$ level, and according to the estimated averages this significance has been in favor of the experimental group, and therefore, the design of mobile learning based on STEAM's approach to analysis, evaluation, and creation has been effective in the mathematics lesson of sixth-grade students.



طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم و تأثیر آن بر یادگیری درس ریاضی دانش آموزان پایه ششم

سید علی مسلمی *

نویسنده مسئول، کارشناسی ارشد تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه
طباطبائی، تهران، ایران. رایانامه: Mosallamiedu@gmail.com

مهدی واحدی

استادیار گروه تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
رایانامه: mv2958@gmail.com

محمدرضا نیلی احمدآبادی

دانشیار گروه تکنولوژی آموزشی، دانشگاه علامه طباطبائی، تهران، ایران.
رایانامه: nili1339@gmail.com

چکیده

هدف از اجرای پژوهش حاضر، طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم و تعیین تأثیر آن بر یادگیری دانش آموزان در درس ریاضی پایه ششم ابتدایی بود. تحقیق کاربردی و کمی و از نوع شبه آزمایشی در قالب طرح پیش آزمون و پس آزمون با گروه کنترل بود. جامعه آماری پژوهش کلیه دانش آموزان پایه ششم ابتدایی شهرستان گرگان در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ بودند که با استفاده از روش نمونه گیری در دسترس ۷۰ نفر به عنوان نمونه انتخاب و به تصادف ۳۵ نفر در گروه کنترل و ۳۵ نفر دیگر در گروه آزمایش به جایگزین شدند. جهت گردآوری داده ها کمی از آزمون محقق ساخته استفاده گردید. جهت تحلیل داده های کمی و آزمون فرضیه ها از تحلیل کوواریانس استفاده شد. یافته ها بیانگر آن است که تفاوت بین نمرات پس آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل در سطوح یادگیری (تحلیل، ارزشیابی و آفرینش) درس ریاضی معنادار است؛ بنابراین طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم، بر یادگیری دانش آموزان پایه ششم ابتدایی در درس ریاضی تأثیر دارد.

کلیدواژه ها: یادگیری سیار، رویکرد استیم، سطوح یادگیری

استناد به این مقاله: مسلمی، سید علی، واحدی، مهدی، و نیلی احمدآبادی، محمدرضا. (۱۴۰۴). طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم و تأثیر آن بر یادگیری درس ریاضی دانش آموزان پایه ششم. فصلنامه روانشناسی تربیتی، ۷۵(۲)، ۳۹-۶۵. doi: 10.22054/jep.2024.75593.3907

مقدمه

قرن بیست و یکم یک دوره منحصربه‌فرد از پیشرفت‌های فناوری و گسترش جهانی‌سازی بوده است که از وقایع دهه‌های گذشته پیشی گرفته است. اندیشمندان تعلیم و تربیت در سراسر جهان تمام تلاش خود را می‌کنند تا نسل آینده دانش‌آموزان را برای تبدیل شدن به افرادی با سواد فناوری تبدیل کرده و در مواجهه با افزایش رقابت‌های اقتصادی، به موضوعاتی چون علم، فناوری، مهندسی و ریاضیات علاقه‌مند کنند (Khine & Areepattamannil, 2019). شیوه‌های نوین آموزشی به سمت یکپارچه‌سازی و ادغام حوزه‌هایی که قبلاً مجزا و جداگانه در نظر گرفته می‌شدند، تمایل دارند (Stroud & Baines, 2019). تحقیقات در مورد یکپارچه‌سازی نشان می‌دهد که تعداد زیادی از مطالعات روی دانش‌آموزان از دوره اول دبستان تا آخر دبیرستان، از این مفهوم حمایت می‌کند که یکپارچه‌سازی به دانش‌آموزان کمک می‌کند که یاد بگیرند، به دانش‌آموزان انگیزه می‌دهد و به آن‌ها در ساخت مهارت‌های حل مسئله کمک می‌کند (Czerniak, 2014). Rajers and Habel (2008) بررسی مختصر در مورد مزایای آموزش یکپارچه، از جمله به حداکثر رساندن زمان آموزشی، تقویت مفاهیم، یادگیری طرز فکر گسترده و تقویت ارتباطات متقابل درسی ارائه می‌دهد (Serniak, 2014).

امروزه اکثر برنامه‌های درسی مدارس ابتدایی از هم جدا شده و مجزا هستند، محدوده زمانی مشخصی به هر موضوع اختصاص داده شده و کم ادغام می‌شوند (Watanabe & Huntley, 1998) و دانش‌آموزان مجموعه‌ای از دروس را فقط به صورت نظری دریافت می‌کنند، اما چگونگی کاربرد آن در حل مسائل جهان واقعی هیچ‌گاه به ایشان منتقل نمی‌شود (Ebremi et al., 2011). Dewey (1938) معتقد است که به طور سنتی، مجموعه آموزش‌های در کلاس درس، بی‌ارتباط به زندگی واقعی و تجربه فعال دانش‌آموزان است و آموزش و پرورش به فلسفه جدید نظریه‌ای نیاز دارد که از تجربه برای پشتیبانی از راه‌هایی که دانش‌آموزان دانش می‌سازند، استفاده کند. وحدت اساسی فلسفه جدید در این ایده یافت می‌شود که بین فرآیندهای تجربه واقعی و آموزش رابطه نزدیک و ضروری وجود دارد. به این ترتیب، دانش‌آموزان با موضوعات مربوط به حوزه‌های محتوایی واقع در زمینه‌هایی که از ساختار دانش پشتیبانی می‌کنند، درگیر می‌شوند. به عنوان مثال در درس ریاضی دانش‌آموزان ممکن است در گذاشتن اعداد داخل فرمول درست عمل کنند ولی زمانی که

با انواع مسائل ریاضی مواجه می‌شوند، قادر به حل آن‌ها نباشند؛ بنابراین بسیاری از دانش‌آموزان ممکن است اطلاعات لازم برای گذراندن آزمون‌ها را کسب کنند ولی از مهارت‌های یادگیری سطح بالا برخوردار نمی‌شوند و یادگیری مطالب خارج از بافت و زمینه معنادار اتفاق می‌افتد، گرچه چیزهایی یاد می‌گیرند، اما توانایی تعمیم آن به موقعیت‌های جدید، حل مسئله یا خلق و ابتکار و نظایر آن‌ها را نخواهند داشت. آن‌ها صرفاً این اطلاعات را به ذهن می‌سپارند. آنچه تاکنون در آموزش و پرورش متداول بوده این است که دانش‌آموزان در یادگیری ریاضیات فراگیرانی منفعل هستند که باید اطلاعات مرتبط با نامرتب را طوطی‌وار حفظ کنند (بیابانگرد، ۱۳۹۱). در این موقعیت‌ها، یادگیرندگان برانگیختگی کمتری برای یادگیری دارند، این امر به‌ویژه در آموزش و تدریس دروس دشوارتر مانند ریاضیات در دوره ابتدائی نمود بیرونی بیشتری دارد و کیفیت آموزش همواره مورد انتقاد ذینفعان قرار می‌گیرد. این امر باعث می‌شود تا دانش‌آموزان در دستیابی به اهداف آموزشی از پایین‌ترین سطح دانش، فهم و کاربردی به بالاترین سطح کاربرد، تجزیه و تحلیل، ترکیب و ارزشیابی از اهداف حیطه شناختی بلوم ارتقا نیابند.

آموزش و یادگیری ریاضیات در حال حاضر در بسیاری از کشورها در اولویت دولت قرار دارند (دفتر دانشمندان ارشد، ۲۰۱۴). تحولات جدید در مورد یادگیری ریاضیات نیز بر تقویت نقش یادگیرنده در یادگیری توجه دارد. این امر مستلزم وارد ساختن یادگیرنده در فعالیت‌هایی است که موجب یادگیری مؤثر می‌شود (صفوی، ۱۳۸۳). برای کسب موفقیت در تدریس و آموزش ریاضیات، یادگیرندگان نیاز به داشتن فرصت‌های یادگیری برای موضوع‌های ویژه دارند (Cues, 1997). در اختیار گذاشتن چنین فرصت‌هایی به نحو مؤثر به بهره‌گیری از محیط‌های نوین آموزشی و کاربرد روش‌های جدید یاددهی - یادگیری نیازمند است.

با وجود اینکه چهارچوب و سبک آموزش کشور در مدارس، آموزش مجزای دروس مختلف نظری و آنگاه، ارسال دانش‌آموختگان به جهان واقعی است، اما از دانش‌آموختگان انتظار می‌رود که بتوانند هدف اصلی آموزش را خود محقق سازند که درواقع، عبارت است از: حل مسائل جهان واقعی با تکیه بر آموزش‌های دریافتی. این در حالی است که حل مسائل جهان واقعی عموماً نیاز به تلفیقی از دانش رشته‌های مختلف علمی دارد و آموزش‌های مجزای دروس پاسخگوی این مسئله نیست. در چنین شرایطی، رویکرد جدیدی با امید حل

مسئله دوری دانش آموزان از مسائل واقعی جامعه مطرح شده است؛ این رویکرد که درواقع، نام آن از ترکیب پنج رشته مختلف اتخاذ شده است، استیم نامیده می شود (Khine & Areepattamannil, 2019).

یکجا جمع کردن این پنج واژه (علوم، تکنولوژی، مهندسی، هنر، ریاضیات) در یک کلمه ی مخفف (استیم)، درواقع، به نوعی بیانگر هدف این رویکرد است که عبارت است از آموزش یکپارچه این پنج دانش. درواقع، استیم به عنوان رویکردی میان رشته ای به دنبال راهی است تا بتواند در راستای حل مسائل جهان واقعی، همه این درس ها را به صورت یکجا به دانش آموزان آموزش دهد (Williams, 2011; Bankz, 2009) به طوری که دانش آموزان در زمینه های علوم، فناوری، مهندسی و ریاضیات، بین مدرسه، جامعه، کار و اقتصاد جهانی ارتباط برقرار می کنند و در حوزه های علمی استیم رشته های گسسته، روش های آموزش سنتی و رشته محور نادیده گرفته می شود و روند تلفیقی به خود می گیرد و از طریق تبادل میان رشته ای، متصل و یکپارچه ارتباطات معنایی میان رشته های گوناگون آشکار می شود (Khine & Areepattamannil, 2019).

به عقیده Herro and Quigley (2017) در استیم دانش آموزان از طریق یک ترکیبی واقعی رشته ها، یاد می گیرند و آن ها می توانند مسائل را در یک زمینه واقعی حل کنند. در تدریس بین رشته ای، دانش آموزان چنان در حل مسئله مشغول می شوند که هیجان زده می شوند، از گنجینه های دانش خود بهره گرفته و مفاهیم جدیدی را از رشته های مختلف استیم یاد بگیرند تا به یک راه حل برسند.

طرفداران رویکرد استیم استدلال کرده اند که برای کسب موفقیت در تدریس و آموزش، یادگیرندگان نیاز به داشتن فرصت های یادگیری برای موضوع های ویژه دارند و دانش آموزان با نیازها و سبک های متنوع یادگیری تنها در صورتی می توانند به سطوح بالاتر از یادگیری دست یابند که آموزش و پشتیبانی شخصی شده متناسب با نیازهای منحصر به فرد خود را دریافت کند و بر روی نقاط قوت خود بنا نهند (Jones & Cassie, 2015). رویکرد آموزشی استیم در انواع محیط های یادگیری قابل اجراست. لذا بایستی بر اساس شرایط موجود مناسب ترین بستر انتخاب شود.

همچنین به سبب پیروی رویکرد استیم از فلسفه سازنده گرایی، اجرای آن در محیط های یادگیری سازنده گرا ضروری به نظر می رسد. در چنین شرایطی بهره گیری از فناوری های

نوبین به‌ویژه یادگیری سیار ضروری به نظر می‌رسد که توانسته است جایگاه خود را به‌خوبی در میان ائتشار مختلف جامعه به‌ویژه دانش‌آموزان تثبیت کند.

یادگیری سیار به‌عنوان گامی جدید در رشد یادگیری الکترونیکی است که به هرگونه یادگیری اطلاق می‌شود که از طریق ابزارهای سیار بدون سیم نظیر گوشی هوشمند، تبلت‌ها و نظایر آن به کسب دانش، نگرش و مهارت پرداخت (Ahmad Abu-Al-Aish et al., 2013).

این نوع یادگیری به‌واسطه داشتن ویژگی‌هایی، چون بدیع بودن، همه‌جا حاضر بودن، قابلیت حمل، ترکیبی بودن، شخصی بودن، تعاملی بودن، مشارکتی بودن، لحظه‌ای یا آنی بودن محیطی را فراهم می‌کند که یادگیرندگان در آن به‌طور فعال به ساخت دانش می‌پردازند و کنترل و مدیریت یادگیری را در اختیار آن‌ها قرار می‌دهد و تأثیر قابل توجهی در ایجاد یادگیری و عملکرد یادگیرندگان دارد (حمزه‌ای و همکاران، ۱۳۹۶) و زمینه‌ساز عینیت‌بخشی به بسیاری از آرمان‌های آموزشی مانند یادگیری مستقل، یادگیری خودراهبر، یادگیری در هر زمان و مکان، حق انتخاب محتوا و همچنین آموزش و یادگیری مشارکتی شده است (برزگر و همکاران، ۱۳۹۱).

یادگیری سیار با از میان برداشتن موانع تجربیات داخل کلاس و بیرون کلاس بستری برای یادگیرنده برای ادامه فرآیند یادگیری در خارج از کلاس درس فراهم می‌سازد و پتانسیل‌هایی که برای مشارکت دانش‌آموزان در فعالیت‌های آموزشی، فراتر از محدودیت‌های محیط آموزشی سنتی، فراهم می‌سازد (Martin et al., 2013). ازاین‌رو معلمان در یادگیری سیار، قادر به ارائه خدمات تحصیلی بهتر به گیرندگان خدمات خود، مانند تلفیق برنامه درسی و توسعه انواع مزایای یادگیری و آموزشی به‌صورت حرفه‌ای هستند (Dalavatha & Pramadasa, 2019). یادگیری سیار، فرصت تمرکز بر یادگیری بر اساس آموزش دانش‌آموز محور، مشارکتی، توسعه‌ی مهارت، تفکر رده‌بالا تر و یادگیری برای زندگی ایجاد می‌کند (Alvarez et al., 2011).

هنگامی که تحقیقات اخیر در مورد یادگیری سیار بررسی می‌شود، می‌توان برنامه‌های آموزش سیار را در بسیاری از زمینه‌های آموزش از زبان (Chen et al., 2019)، گرفته تا علوم (Jeno, 2019)، از ریاضیات (Fabian & Topping, 2019) گرفته تا فناوری اطلاعات و ارتباطات (Cavuş Ezin, 2019) مشاهده نمود (Talan, 2020).

یادگیری سیار از دیدگاه فلسفی مبتنی بر دیدگاه سازنده گرایانه است. در این دیدگاه، یادگیری به مثابه‌ی انتقال دانش که هسته‌ی یادگیری در تعلیم و تربیت سنتی بود در حال کم شدن و یادگیری بیشتر به‌سوی ساخت فعال و شخصی دانش، مهارت‌ها و توسعه‌ی توانایی‌ها پیش می‌رود (Harrington & Oliver, 2000).

رویکرد سازنده گرایی که پایه و اساس یادگیری سیار را تشکیل می‌دهد، همواره توجه ویژه‌ای به فعال بودن فراگیر در ساخت دانش داشته است و به‌عنوان یک نیروی با نفوذ و قوی، در اصلاح کردن آموزش و پرورش در سراسر حوزه‌های برنامه درسی مدرسه به شکل چندین مدل و رویکرد آموزشی، گسترش یافته است (Westwood, 2008) و استیم را می‌توان یکی از رویکردهای نوینی که سازنده گرایی مقدمه‌ای برای شکل‌گیری آن بوده عنوان کرد.

امروزه جامعه نیازمند تغییر شیوه سنتی فرایند یاددهی یادگیری و بهره‌گیری از الگوهای نوین و خلاق آموزشی است تا دانش‌آموزان را برای مقابله با بحران‌زدگی و بهره‌گیری از فرصت‌ها و توانایی‌ها و خلاقیت‌های خویش آماده سازند. دانش‌آموزان باید به‌جای به‌خاطر سپاری، قابلیت‌های چگونه آموختن از طریق تفکر و برخورد منظم با مسائل و مشکلات را به طریق علمی یاد بگیرند (مبصرملکی و کیان، ۱۳۹۷).

بررسی آمارها در ایران نشان‌دهنده‌ی تغییر ناگهانی و قابل توجه رویکرد دانش‌آموزان در انتخاب رشته‌های تحصیلی است و با تأسف باید گفت رشته ریاضی که می‌تواند معادل رشته‌های استیم فرض گردد، به‌طور پیوسته‌ای در حال از دست دادن جایگاه خود در میان دانش‌آموزان است. درصد شرکت‌کنندگان کنکور سراسری در رشته ریاضی در ده سال گذشته روندی اکیداً نزولی داشته است، به‌طوری‌که درصد داوطلبان رشته ریاضی در دهه نود از ۲۴/۸۸ درصد به ۱۴/۲۸ درصد رسیده است. پس قابل‌انکار نیست و نیازی به اثبات آماری ندارد که گرایش و علاقه‌مندی به رشته‌ی ریاضی یا همان رشته‌های استیم کم شده است و روند کاهش علاقه‌مندی به رشته ریاضی به‌گونه‌ای هشداردهنده‌ی نزولی است. به نظر می‌رسد این روند به‌گونه‌ای است که اقدام عاجل و فوری از سوی سیاست‌گذاران و دولتمردان را می‌طلبد اما شناخت علل رویگردانی دانش‌آموزان از رشته ریاضی، نشان می‌دهد که بازگرداندن این منحنی نزولی به سمت صعود، نیازمند یک فرآیند هوشمندانه و زمان‌بر است.

در چنین شرایطی است که بهره‌گیری از فناوری‌های سیار و ادغام آن‌ها با رویکرد استیم می‌تواند موجب افزایش توان نوآوری و کارآفرینی در دانش‌آموزان گردد. به این طریق، دانش‌آموختگان می‌توانند حتی در شرایطی مشابه شرایط کنونی در ایران که بازار کار مناسب با دستمزد مطلوب برای رشته‌های یادشده وجود ندارد، خود با توجه به روح خلاقیت برگرفته از استیم به کارآفرینی بپردازند و برای خود اشتغال‌زایی کنند (امیری و همکاران، ۱۳۹۸).

یافته‌های اولیه نشان می‌دهد که برنامه‌های درسی مبتنی بر استیم انگیزه، تعامل و یادگیری مؤثر در حوزه‌های استیم را افزایش می‌دهد. گذشته از این، مطالعات نشان می‌دهد که برنامه‌های درسی مبتنی بر استیم می‌تواند منجر به تولید درصد بالاتر و تنوع گسترده‌تر از دانش‌آموزان علاقه‌مند به دنبال مشاغل برای حمایت از زمینه‌های ریاضی و علم شود (Masata, 2014).

از طرفی ظهور ویروس کووید-۱۹ در جهان و به‌طور خاص در ایران به‌مثابه کاتالیزور سبب تغییر پارادایم تعلیم و تربیت گردید و آموزش الکترونیکی به‌عنوان پاسخی در برابر شرایط به وجود آمده مطرح شد (شهزاد و همکاران، ۲۰۲۱) و بسیاری از دانشگاه‌های معتبر سراسر جهان از آن زمان آموزش الکترونیکی را به‌عنوان روشی برای تداوم آموزش پذیرفته‌اند (Chang et al, 2020).

در بین فناوری‌های مختلفی که در دوران همه‌گیری کووید-۱۹ در آموزش مورداستفاده قرار گرفت، فناوری‌های سیار به‌عنوان مرحله جدیدی از یادگیری الکترونیکی نقش قابل توجهی داشته‌اند (Zhua et al, 2020). یادگیری سیار به آن دسته از فعالیت‌های یادگیری و آموزش گفته می‌شود که با کمک ابزارهای قابل حمل بی‌سیم، و شبکه‌های تلفن سیار پشتیبانی و منتشر می‌شوند (Guler et al., 2014). امروزه استفاده از فناوری‌های سیار به دلیل اینکه در دسترس کلیه افراد جامعه قرار دارد، فرصتی ارزشمند را برای معلمان و دانش‌آموزان فراهم کرده تا از آن برای استمرار و عمق بخشی فرایند یاددهی یادگیری، به اشتراک گذاری اطلاعات، ایجاد فرصت‌های برابر آموزشی و نیز تعامل مؤثر معلم و دانش‌آموز بهره گرفته شود. این شیوه از یادگیری امکان یادگیری فارغ از زمان و مکان را فراهم می‌آورد. در یادگیری سیار دانش‌آموزان قادر به یادگیری از منابع گوناگون در سرتاسر دنیا هستند. این غنی‌سازی سبب یادگیری مؤثر و معنادار می‌گردد. علاوه بر آن، یادگیرندگان در این محیط می‌توانند محیط آموزشی خود را تغییر داده و از تجربه‌های آموزشی گوناگون استفاده کنند.

(رمضانی، ۱۳۹۸). این وسیله ارتباطی توانسته است شیوه سنتی آموزش حضوری را تغییر و از آموزش تعریف تازه‌ای ارائه نماید. همچنین زمینه یادگیری فراگیران را در منزل، محل کار، مسافرت از لحاظ زمانی و مکانی هموار کرده و بسیاری از محدودیت‌ها و ناکارآمدی‌ها را برطرف سازد (سعیدی پور، ۱۳۹۹). بنابراین با توجه شرایطی که به واسطه همه‌گیری بیماری کرونا به وجود آمده است اقتضا می‌کند یادگیری سیار به عنوان یک فناوری آموزشی مهم و اساسی در نظام آموزشی مورد توجه و در جهت افزایش کیفیت آموزش‌های سیار و بهره‌وری گسترده‌تر از محیط‌های یادگیری سیار تلاش‌هایی صورت گیرد.

اگرچه تحقیق در مورد اثربخشی فناوری‌های سیار در آموزش استیم هنوز هم «در مرحله شکوفایی» است (Giannakas et al., 2018) اما تعداد مطالعات در ۱۰ سال گذشته به سرعت افزایش یافته است. تحقیقات نشان می‌دهند که آموزش سیار استیم منجر به افزایش تعامل در یادگیری (Annetta, 2009)، بهبود درک محتوای دوره (Braghirolli et al., 2016; Wang & abbas, 2018)، بهبود در حل مسئله (Hwang et al., 2012; Sánchez and Olivares, 2011)، و دستاوردهای سطح بالاتر (Hwang et al., 2012; Philpot et al., 2018; Topalli et al., 2018) شده است. فناوری‌های سیار پتانسیل پیشبرد اهداف یادگیری چندگانه استیم، از جمله انگیزه برای یادگیری علم، درک مفهومی، و گفتمان علمی را دارند (Honey & Hilton, 2011; Ibáñez & Delgado-Kloos, 2018).

از این رو برای اینکه قابلیت تحلیل اطلاعات، واکاوی معلومات، خلاقیت، ارزشیابی و قدرت حل مسئله را در دانش‌آموزان بنیان‌گذاری کنیم باید بستری را برای یادگیری فراهم کنیم که دانش‌آموز محور باشد. ارائه چنین فرصت‌هایی به نحو شایسته به بهره‌گیری از محیط‌های نوین آموزشی و کاربرد روش‌های جدید یاددهی-یادگیری نیازمند است؛ بنابراین یادگیری سیار با توجه به ویژگی‌هایی که دارد مثلاً هر زمانی و هر مکانی بودن، محبوب بودن در بین افراد، و ارائه بازخوردهای فوری می‌تواند ابزار مؤثری جهت دستیابی دانش‌آموزان به سطوح بالایی یادگیری باشد. همچنین بر اساس راهکار ۱۷-۴ سند تحول بنیادین مبنی بر گسترش بهره‌برداری از ظرفیت آموزش‌های غیرحضوری و مجازی در برنامه‌های آموزشی و تربیتی ویژه معلمان دانش‌آموزان و خانواده‌های ایرانی خارج از کشور بر اساس نظام معیار اسلامی و با رعایت اصول تربیتی از طریق شبکه ملی اطلاعات و ارتباطات

مدل‌سازی و پیشروی در آموزش از راه دور و مجازی جزء الزامات آموزش و پرورش محسوب می‌شود.

با توجه به قابلیت‌های فراوان فناوری سیار و آموزش استیم، و بدیع بودن این آموزش در نظام آموزشی ایران، در صورت استفاده‌ی آموزشی مناسب می‌تواند بیشتر نقص‌ها و کمبودهای آموزش سنتی را کاهش دهد و دانش‌آموزان خلاق، نوآور و نیروهای انسانی کارآمد تربیت نماید و از مزایای این روش آموزش بهره‌برد. در این راستا به نظر می‌رسد نظام یادگیری سیار با بهره‌گیری از ویژگی‌های خاص خود و ادغام آن با رویکرد استیم، محتوای آموزشی درس ریاضی دوره ابتدایی را به گونه‌ای ارائه دهد تا موجبات دستیابی دانش‌آموزان به سطوح بالای یادگیری فراهم گردد. لذا، سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم، چه تأثیری بر سطوح بالای یادگیری دانش‌آموزان در درس ریاضی دوره ابتدایی دارد؟

پیشینه پژوهش

نصیری (۱۴۰۰) پژوهشی با عنوان «طراحی و پیاده‌سازی مرکز یادگیری الکترونیکی مبتنی بر رویکرد استیم و تأثیر آن بر انگیزش و یادگیری معتبر درس ریاضی دانش‌آموزان دوره دبیرستان» انجام داد. یافته‌های این پژوهش نشان داد که میزان انگیزش و یادگیری اصیل دانش‌آموزانی که از مراکز یادگیری الکترونیکی مبتنی بر رویکرد استیم استفاده کرده بودند، نسبت به گروه کنترل به‌طور معناداری افزایش پیدا کرده است.

پورشافعی و همکاران (۱۴۰۰) پژوهشی با عنوان «رویکردهای آموزش استیم» به‌صورت مرور نظام‌مند انجام دادند. نتایج حاصل از مرور نظام‌مند و تحلیل کیفی محتوای ۱۰ مقاله مورد مطالعه حاکی از آن است که رویکرد آموزشی استیم شامل تحقیق علمی و فرایند طراحی مهندسی، یادگیری مبتنی بر مسئله، یادگیری مبتنی بر پروژه، رویکرد جنبش‌سازنده، رویکرد مبتنی بر همکاری و رویکرد توالی است. با استفاده از هر یک از رویکردهای شناسایی شده می‌توان روش آموزشی استیم را در کلاس درس اجرا نمود و از مزایای این روش آموزش بهره‌برد.

فیضی و واحدی (۱۴۰۰) در پژوهشی به بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش یادگیری سیار در بین دانش‌آموزان و معلمان پرداختند. تحلیل نتایج این پژوهش نشان داد که عواملی نظیر انتظار کارایی، لذت‌بخش بودن، کیفیت سیستم یادگیری، راحتی استفاده، سواد دیجیتال،

خودمدیریتی یادگیری، تلاش مورد انتظار، نفوذ اجتماعی و امنیت حریم خصوصی از مؤثرترین عوامل در پذیرش یادگیری سیار در بین معلمان و دانش‌آموزان هستند. یافته‌های این مطالعه می‌تواند به سیاست‌گذاران آموزشی در طراحی و اجرای برنامه‌های یادگیری مؤثر در یادگیری سیار کمک کند.

رضایی راد و ناصری (۱۳۹۹) در پژوهشی تأثیر آموزش مبتنی بر یادگیری سیار بر خودکارآمدی، خودکنترلی، خودتنظیمی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌ها نشان داد آموزش مبتنی بر یادگیری سیار بر خودکارآمدی، خودکنترلی، خودتنظیمی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان تأثیر دارد.

رمضانی (۱۳۹۷) پژوهشی با هدف طراحی و اعتباریابی الگوی آموزش مبتنی بر محیط‌های یادگیری سیار و تأثیر آن بر میزان یادگیری و حضور تدریس، شناختی و اجتماعی دانش‌آموزان مدارس هوشمند انجام داد. یافته‌ها حاکی از آن بود که بکارگیری الگوی به‌دست آمده در تهیه محتوای سیستم مدیریت یادگیری سیار بر یادگیری گروه آزمایش بیش از گروه کنترل اثرگذار بوده است، همچنین نشان‌دهنده تأثیر مثبت آموزش الگوی آموزش مبتنی بر محیط‌های یادگیری سیار بر نمره پیگیری یادگیری در گروه آزمایش بوده است.

Liu و همکاران (2022) در پژوهشی به بررسی قصد یادگیری مستمر در آموزش استیم از طریق نگرش، انگیزه و بار شناختی پرداختند. نتایج نشان داد که قابلیت استفاده درک شده مستقیماً قصد یادگیری را تقویت می‌کند و رابطه بین نگرش‌ها و قصد یادگیری را تقویت می‌کند. مدل ARCS نقش تعدیل‌کننده حیاتی را ایفا می‌کند که قابلیت استفاده مشاهده شده را به‌طور مثبت تقویت می‌کند و اثرات آن را بر نگرش‌های یادگیری تقویت می‌کند. با توجه به اثرات واسطه‌ای، بار شناختی به‌طور منفی قابلیت استفاده ادراک شده را تقویت می‌کند.

Shih و همکاران (2022) پژوهشی با عنوان «یادگیری پروژه محور مبتنی بر استیم» انجام دادند. یافته‌های تجربی نشان می‌دهند که یادگیری مبتنی بر پروژه شامل فعالیت استیم دارای اهمیت قابل توجهی در توسعه شناخت خلاق دانش‌آموزان، پرورش علاقه فراگیران به یادگیری علم و فناوری، و استفاده بیشتر از تجربه و توسعه توانایی برای یکپارچه‌سازی دانش و مهارت‌های بین‌رشته‌ای است.

Su و همکاران (2022) پژوهشی با عنوان «تأثیر به‌کارگیری سیستم آموزش واقعیت افزوده انگلیسی بر درک یادگیری استیم و پذیرش فناوری دانش‌آموزان» انجام دادند. نتایج

نشان داد که یادگیری واقعیت افزوده زبان انگلیسی به‌طور گسترده‌ای توسط فراگیران مفید در نظر گرفته می‌شود، و همچنین رقابت همتایان آن‌ها را به انجام بهتر تشویق می‌کرد.

Pablo و همکاران (2022) در پژوهشی به بررسی تأثیر همه‌گیری بر رشته‌های استیم در کلاس ششم آموزش ابتدایی پرداختند. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که روش‌های فعال، مبتنی بر تفکر محاسباتی و بر اساس محیط‌های سازنده کلاس درس آینده، بر ابعاد استیم گروه آزمایشی قبل از همه‌گیری تأثیر گذاشته است.

Huang and Qiao (2022) پژوهشی با عنوان «تقویت مهارت‌های تفکر محاسباتی از طریق آموزش هوش مصنوعی در دبیرستان استیم» انجام دادند. نتایج نشان می‌دهد که ادغام آموزش هوش مصنوعی با استیم می‌تواند مهارت‌های تفکر محاسباتی، انگیزه یادگیری و خودکارآمدی دانش‌آموزان گروه آزمایش را ارتقا دهد.

Sean (2022) در پژوهش خود نشان داد پژوهش نشان می‌دهد که استفاده از فناوری‌های سیار بر گفتگوی دانش‌آموز-مربی و دانش‌آموز-دانش‌آموز تأثیر مثبت دارد. همچنین فرآیند خودتنظیمی را تسهیل می‌کند که به‌نوبه خود بر نتایج یادگیری تأثیر مثبت می‌گذارد. Chai (2021) پژوهشی با عنوان «توسعه مهارت‌های تفکر در یادگیری سیار» انجام داد. یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که یادگیری سیار در زمینه مدرسه ابتدایی می‌تواند مؤثر باشد و تأثیر مثبتی بر رشد مهارت‌های تفکر کودکان داشته باشد به شرطی که به‌درستی سازماندهی شده و توصیه‌های ارائه‌شده لحاظ شوند.

روش

روش تحقیق حاضر شبه آزمایشی با طرح پیش‌آزمون_پس‌آزمون با گروه کنترل بود. جامعه مورد مطالعه شامل کلیه دانش‌آموزان دختر و پسر پایه‌ی ششم ابتدایی شهرستان گرگان بود که در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ شاغل به تحصیل بوده‌اند و تعداد آن‌ها ۷۴۵۱ نفر برآورد می‌شود. از این تعداد ۳۷۴۷ نفر از دانش‌آموزان پسر و ۳۷۰۴ نفر دختر بودند. حجم نمونه به پیشنهاد Gall و همکاران (1996) که معتقدند در تحقیقات آزمایشی و نیمه آزمایشی حجم نمونه در هر گروه آزمایش و کنترل باید بین ۱۵ تا ۲۰ نفر باشد در نظر گرفته شد. در این پژوهش از روش نمونه‌گیری هدفمند استفاده شد. نمونه این پژوهش شامل کلیه دانش‌آموزان پایه ششم دبستان هاجر شهرستان گرگان بودند که در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ مشغول به تحصیل بودند. تعداد این دانش‌آموزان ۷۰ نفر بود که به‌صورت تصادفی در گروه‌های

آزمایش و کنترل (هر ۳۵ نفر) قرار می گیرند. محرمانه بودن اطلاعات افراد شرکت کننده در پژوهش، جلب رضایت از نمونه شرکت کننده، عدم انتشار اطلاعات به دیگری و ایجاد جو اطمینان بخش از جمله رعایت موازین و ملاحظات اخلاقی در این پژوهش بود. آزمایش طبق برنامه آموزشی با یک برنامه زمانی تعیین شده با سرفصل های آموزشی تدوین شده، طی مدت ۱۰ جلسه هر هفته یک جلسه تحت آموزش سیار مبتنی بر رویکرد استیم قرار گرفتند. در نهایت داده ها با استفاده از روش تحلیل کوواریانس چند متغیری و با کمک نرم افزار spss نسخه ۲۶ تحلیل شدند.

در این پژوهش به منظور سنجش اثربخشی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم از آزمون محقق ساخته جهت اجرای پیش آزمون و پس آزمون استفاده شد. این آزمون از مطالب مبحث مختصات کتاب ریاضی پایه ششم ابتدایی طراحی شد که شامل ۱۰ سؤال ریاضی است که برای هر پاسخ صحیح ۱ نمره در نظر گرفته شد که با توجه به این که بعضی از سؤالات بیش از یک بخش داشتند، مجموعه آزمون دارای ۲۰ بخش و کل آزمون ۲۰ نمره را به خود اختصاص داده بود.

جدول ۱. سناریو اجرا طرح یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم در درس ریاضی

جلسه	اقدامات
اول	در راستای اجرای مطلوب طرح، ابتدا جلسهای آموزشی با معلم کلاس مجری برگزار شد تا ضمن اجرای آزمایشی طرح، با کلیات طرح آشنا شود. همچنین با توجه به اهمیت همراهی والدین در اجرا مطلوب و تحقق اهداف برنامه، جلسه توجیهی با والدین دانش آموزان برگزار و اطلاعات مورد نیاز به آنان ارائه گردید. در پایان معلم کلاس مجری گروه مجازی در بستر شاد تشکیل و دانش آموزان عضو گروه ویژه این طرح شدند.
دوم	در این جلسه با توجه به اینکه مبحث مختصات ریاضی ششم توسط معلم در کلاس تدریس شده بود، ابتدا آزمون محقق ساخته سطوح یادگیری از دانش آموزان گروه آزمایش و کنترل گرفته شد. در پایان نرم افزار اندرویدی و اطلاعات تکمیلی در اختیار گروه آزمایش قرار گرفت تا از روز بعد استفاده از آن را شروع کنند.
سوم	همه آزمودنی های گروه آزمایش ضمن ورود به نرم افزار، آزمون ورودی را تکمیل و وارد فرآیند آموزشی شدند. در این جلسه آزمودنی با مراجعه به بخش معرفی دوره و مشاهده آن با دوره بهتر آشنا شدند.
	همچنین دانش آموزان سؤالات خود را در مورد نرم افزار و امکانات آن از بخش پشتیبانی مطرح نمودند.

جلسه	اقدامات
چهارم	در این جلسه، دانش‌آموزان از امکانات چندرسانه‌ای نرم‌افزار استفاده کرده و فیلم جلسه‌ی اول دوره را تماشا می‌کنند. دانش‌آموزان برای پاسخگویی به سؤالات مطرح شده در تالار گفتگو ضمن مشاهده دقیق فیلم این جلسه، در تالار مجازی گفتگو حاضر و با همفکری به مباحثه علمی پیرامون فیلم این جلسه با دوستان خود می‌کردند و برداشت‌های خود را با دانش‌آموزان دیگر به اشتراک می‌گذاشتند.
پنجم	در این جلسه دانش‌آموزان جهت ارائه راهکار برای برطرف شدن چالش مطرح شده در جلسه گذشته محتوای آموزشی چندرسانه‌ای این جلسه را تماشا کردند و در پایان با بهره‌گیری از نقشه گوگل، به یافتن محل زندگی خود پرداخته و همکلاسی‌های خود به اشتراک گذاشتند. در طول یافتن محل زندگی از روی نقشه گوگل، سؤالاتی در تالار گفتگو مطرح شد که دانش‌آموزان به صورت ناهم‌زمان در آن شرکت می‌کردند.
ششم	در این جلسه دانش‌آموزان با آشنا شدن کامل با مفاهیم به استفاده از امکانات دیگر نرم‌افزار پرداختند. در این بخش دانش‌آموزان بر اساس آموخته‌های خود به انجام بازی آموزشی پرداختند که در آن با کمک به ماهی در یافتن مختصات، از شکار شدن نجات پیدا می‌کردند.
هفتم	در این جلسه دانش‌آموزان با کمک نرم‌افزار اسکرچ طراحی پروژه‌ای را برای حل چالش مطرح شده می‌آموزند. دانش‌آموزان در این جلسه با آشنا شدن با مفاهیم، به تجزیه و تحلیل مسائل پرداخته و با طراحی رابط و ترسیم فلوچارت، پروژه‌ای را طراحی و در گروه مجازی به اشتراک می‌گذاشتند. همچنین با حضور در دیگر امکانات نرم‌افزار به انجام رقابت با دانش‌آموزان پرداختند. در این بخش با استفاده از آموخته‌های خود در بازی آموزشی شرکت کرده و امتیازهای کسب‌شده را در تالار گفتمان با دوستانشان به اشتراک می‌گذاشتند.
هشتم	در این جلسه با برگزاری جلسه آنلاین به بررسی مفاهیم ارائه‌شده و پروژه دانش‌آموزان پرداخته شد. معلم با بررسی و ارزیابی پروژه‌های دانش‌آموزان، بازخوردهای لازم جهت بهبود و توسعه پروژه به دانش‌آموزان ارائه کرد.
نهم	در این جلسه، دانش‌آموزان ضمن ارسال پروژه‌های نوآورانه خود در نظرسنجی نیز شرکت کردند.
دهم	در روز پایانی روش شبه آزمایشی جهت برگزاری پس‌آزمون در محل تحصیل دانش‌آموزان حضور یافته و همچون روز نخست تمامی دانش‌آموزان دو گروه آزمایش و کنترل مورد آزمون قرار گرفتند.

یافته‌ها

داده‌های جمعیت شناختی پژوهش نشان می‌دهد که میانگین و انحراف معیار سن در افراد شرکت‌کنندگان در گروه آزمایش به ترتیب ۱۲/۴۶ و ۱/۳۵ و در گروه گواه ۱۲/۰۲ و ۱/۱۹ بوده است. در جدول شماره ۲ شاخص‌های توصیفی میانگین و انحراف معیار مرتبط با هر

گروه به تفکیک گزارش شده است. همچنین آماره کالموگروف _ اسمیرنوف که جهت بررسی نرمالیتی داده‌ها استفاده می‌شود. برای هر گروه گزارش شده است.

جدول ۲. مقادیر توصیفی متغیرهای پژوهش در دو مرحله

وضعیت	تعداد	میانگین	انحراف معیار	s-k	sig
پیش‌آزمون تحلیل	۳۵	/۵۸۳۳	/۳۳۲۱۱	۰/۱۲۴	۰/۰۵۳
کنترل	۳۵	/۵۵۰۰	/۲۷۵۷۹	۰/۱۵۳	۰/۰۵۱
پس‌آزمون تحلیل	۳۵	۱/۱۰۹۵	/۳۶۶۸۱	۰/۱۶۴	۰/۰۶۶
کنترل	۳۵	/۶۳۱۰	/۲۱۹۸۲	۰/۱۳۳	۰/۰۵۹
پیش‌آزمون ارزشیابی	۳۵	/۸۳۲۱	/۴۲۱۱۱	۰/۱۶۳	۰/۰۶۴
کنترل	۳۵	۱/۲۵۷۱	/۳۹۵۲۲	۰/۱۶۷	۰/۰۷۱
پس‌آزمون ارزشیابی	۳۵	۱/۶۲۷۱	/۳۷۱۲۷	۰/۲۰۳	۰/۰۶۵
کنترل	۳۵	/۶۲۵۰	/۳۰۱۶۵	۰/۱۹۹	۰/۰۶۱
پیش‌آزمون آفرینش	۳۵	/۹۳۹۷	/۴۰۴۶۷	۰/۲۶۷	۰/۰۸۵
کنترل	۳۵	/۹۴۴۶	/۴۲۲۵۷	۰/۲۵۰	۰/۰۸۶
پس‌آزمون آفرینش	۳۵	۱/۳۱۴۳	/۳۵۰۱۲	۰/۲۳۰	۰/۰۷۴
کنترل	۳۵	/۹۵۰۰	/۴۰۵۸۴	۰/۲۲۵	۰/۰۷۰

با توجه به جدول یک مشاهده می‌شود که آماره کالموگروف _ اسمیرنوف برای مقیاس‌های تحلیل، ارزیابی و آفرینش دارای سطوح معناداری بالاتر از مقدار مفروض (۰/۰۵) هستند که نشان می‌دهد از مفروضه طبیعی و نرمال بودن داده‌ها در گروه‌ها تخطی نشده است. همچنین یافته‌های جدول فوق نشان می‌دهد میانگین نمره‌های گروه آزمایش از پیش‌آزمون تا پس‌آزمون برای تحلیل، ارزشیابی و آفرینش افزایش یافته است. نتیجه بررسی پیش‌فرض‌های تحلیل کوواریانس به این شرح بود در ابتدا جهت بررسی وجود داده پرت از باکس پلات استفاده شد که داده پرتی مشاهده نگردید. همگنی شیب رگرسیون بدین معنی است که شیب رگرسیونی خطوط مختلف در بین گروه‌ها باید برابر باشد که می‌تواند با یک آزمون F بر روی تعامل متغیرهای مستقل با کووریت‌ها ارزیابی شود. ملاحظه شد سطح معنی‌داری تعامل گروه تحقیق*پیش‌آزمون تحلیل برابر ۰/۴۷۵ و بیشتر از ۰/۰۵ است. این

امر نشان‌دهنده این است که پیش‌فرض همگنی شیب رگرسیون رعایت شد. همچنین ملاحظه شد سطح معنی‌داری تعامل گروه تحقیق*پیش‌آزمون ارزشیابی برابر $0/927$ و بیشتر از $0/05$ است. این امر نشان‌دهنده این است که پیش‌فرض همگنی شیب رگرسیون رعایت شد. همچنین ملاحظه شد سطح معنی‌داری تعامل گروه تحقیق*پیش‌آزمون آفرینش برابر $0/104$ و بیشتر از $0/05$ است. این امر نشان‌دهنده این است که پیش‌فرض همگنی شیب رگرسیون رعایت شد. جهت بررسی تجانس ماتریس‌های واریانس-کوواریانس از آزمون Box M استفاده شد. این آزمون این فرض صفر را مورد آزمون قرار می‌دهد که ماتریس‌های کوواریانس مشاهده‌شده متغیرهای وابسته در بین گروه‌های مختلف برابرند. مشاهده شد چون مقدار $F(1/991)$ در سطح خطای داده‌شده ($0/172$) معنی‌دار نیست بنابراین فرض صفر رد نمی‌شود. به این معنی که ماتریس‌های کوواریانس مشاهده‌شده بین گروه‌های مختلف با هم برابرند. از آزمون لون جهت بررسی همگنی واریانس‌ها استفاده شد. فرضیه صفر این آزمون بیان می‌کند داده‌ها به لحاظ واریانس همگن هستند. مشاهده شد برای متغیر تحلیل چون مقدار $F(0/196)$ از سطح خطای داده‌شده ($0/660$) بزرگ‌تر است لذا این پیش‌فرض برای متغیر تحلیل رعایت شده است. همچنین برای متغیر ارزشیابی چون مقدار $F(3/512)$ از سطح خطای داده‌شده ($0/065$) بزرگ‌تر است لذا این پیش‌فرض برای متغیر ارزشیابی رعایت شده است. همچنین مشاهده شد برای متغیر آفرینش چون مقدار $F(2/224)$ از سطح خطای داده‌شده ($0/139$) بزرگ‌تر است لذا این پیش‌فرض برای متغیر آفرینش رعایت شده است. همچنین در هر گروه از متغیرهای مستقل رابطه خطی بین متغیر کمکی و متغیر وابسته وجود داشت که ترسیم نمودار پراکندگی این موضوع را تأیید کرد؛ و در آخر رابطه خطی بین هر جفت از متغیرهای وابسته درون هر گروه از متغیرهای مستقل برقرار بود؛ بنابراین از آزمون‌های اثر پیلایی، لامبدای ویلکز، اثر هلتینگ و بزرگ‌ترین ریشه روی جهت اعتبار تحلیل کوواریانس استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره ۳ قابل مشاهده است.

جدول ۳. شاخص‌های اعتباری تحلیل کوواریانس چند متغیره متغیرهای پژوهش

آزمون	مقدار	F	df	Error df	Sig.	مربع اتای جزئی	توان آزمون
اثر پیلایی	$0/702$	$49/438$	$3/000$	$63/000$	$0/000$	$0/702$	$1/000$
لامبدای ویلکز	$0/298$	$49/438$	$3/000$	$63/000$	$0/000$	$0/702$	$1/000$
اثر هلتینگ	$2/354$	$49/438$	$3/000$	$63/000$	$0/000$	$0/702$	$1/000$
بزرگ‌ترین ریشه روی	$2/354$	$49/438$	$3/000$	$63/000$	$0/000$	$0/702$	$1/000$

با توجه به نتایج شاخص‌های فوق می‌توان استنباط کرد که با کنترل اثر پیش‌آزمون، طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم بر ترکیب خطی متغیر وابسته (مؤلفه‌های تحلیل، ارزشیابی و آفرینش) اثربخش است. همچنین جدول فوق نشان می‌دهد حداقل در یک از متغیرهای مورد مطالعه بین دو گروه تفاوت معنادار است و تفاوت مشاهده شده در متغیرهای مورد مطالعه ناشی از تأثیر طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم شده است.

جدول ۴. خلاصه تحلیل کوواریانس (MANCOVA) بر روی متغیرهای پژوهش

منبع	متغیر	مجموع مربعات	df	میانگین مربعات	F	Sig.	ضریب اتا
گروه	تحلیل	۴/۰۰۶	۱	۴/۰۰۶	۲۰۴/۶۴	۰/۰۰۱	۰/۴۸۹
	ارزشیابی	۱۹/۱۷۱	۱	۱۹/۱۷۱	۲۲۴/۷۸۲	۰/۰۰۱	۰/۷۷۰
	آفرینش	۲/۳۷۲	۱	۲/۳۷۲	۶۶/۸۰۳	۰/۰۰۱	۰/۴۹۹

با توجه به مقادیر جدول فوق می‌توان استنباط کرد بین دو گروه مورد مطالعه از نظر هریک از مؤلفه‌های مورد بررسی تفاوت معنادار وجود دارد چراکه مقادیر F محاسبه شده در سطح $p < ۰/۰۱$ معنی دارند و با توجه به میانگین‌های برآورد شده این معنی‌داری به نفع گروه آزمایش بوده است و لذا طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم بر تحلیل، ارزشیابی و آفرینش در درس ریاضی دانش‌آموزان پایه ششم اثربخش بوده است.

بحث و نتیجه‌گیری

هدف از اجرای پژوهش حاضر، طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم و تعیین تأثیر آن بر یادگیری دانش‌آموزان در درس ریاضی پایه ششم ابتدایی بود. تحقیق کاربردی و کمی و از نوع شبه آزمایشی در قالب طرح پیش‌آزمون و پس‌آزمون با گروه کنترل بود. یافته‌ها بیانگر آن است که تفاوت بین نمرات پس‌آزمون در دو گروه آزمایش و کنترل در سطوح یادگیری (تحلیل، ارزشیابی و آفرینش) درس ریاضی معنادار است؛ بنابراین طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم، بر یادگیری دانش‌آموزان پایه ششم ابتدایی در درس ریاضی تأثیر دارد.

یکی از یافته‌های پژوهش نشان داد یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم، بر سطح تحلیل یادگیرندگان در درس ریاضی تأثیر دارد. این یافته با نتایج پژوهش‌های Huanggu and

Qiao (2022)، Shan (2022)، Conradti and Bagner (2020) همسو است. این یافته با نظر Sosa and Plesicki (2013) قابل تبیین است. آن‌ها معتقدند از طریق استیم، دانش‌آموزان مهارت‌های کلیدی از جمله حل مسئله، خلاقیت، تحلیل انتقادی، کار گروهی، تفکر مستقل، ابتکار عمل، ارتباطات و سواد دیجیتال را توسعه می‌دهند. این مهارت‌ها برای موفقیت دانش‌آموزان در آینده شغلی آن‌ها ضروری است. اگرچه آموزش استیم دانش‌آموزان را با مهارت‌های فنی و عملی مختلف برای موفقیت توانمند می‌کند، با این حال، این مهارت‌های دیسیپلینی برای انطباق با دنیایی که به سرعت در حال تغییر است کافی نیست. از این نظر، ما در نقطه حساسی از زمان برای آموزش کودکان در یک محیط آموزشی هستیم که پویاتر، انعطاف‌پذیرتر و مرتبط‌تر با آینده است؛ بنابراین، آموزش استیم به عنوان یکی از گزینه‌های افزایش تحلیل دانش‌آموزان از طریق یکپارچه‌سازی مفاهیم، موضوعات، استانداردها، و ارزیابی به شیوه‌ای قدرتمند برای مختل کردن روند معمول رویدادها برای دانش‌آموزان و کمک به تغییر نشاط و پویایی در مدرسه در نظر گرفته می‌شود.

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش نشان داد یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم، بر سطح ارزشیابی یادگیرندگان در درس ریاضی تأثیر دارد. نتیجه‌ی این یافته با پژوهش‌های Shan (2022)، Conradti and Bagner (2020)، Barros و همکاران (2019)، Munra (2018) همسو است. ارزیابی یادگیری دانش‌آموزان در آموزش استیم با رشد دانش‌آموزان از نظر یادگیری و پیشرفت آن‌ها در ارتباط است باید دانش‌آموز را از طریق مشارکت آن‌ها در ارزیابی مشترک وظایف یا پروژه‌های یکدیگر از طریق ارزیابی همتا و خودارزیابی متمرکز کرد. ارزیابی استیم همچنین ممکن است بر روی ارتباط، تعامل، خلاقیت و اصالت از طریق ژورنال و نمونه کارها دانش‌آموز تمرکز کند. چنین ارزیابی می‌تواند ارزیابی‌های تشخیصی، تکوینی و پایانی باشد. در یادگیری مبتنی بر پروژه، دانش‌آموزان یک پروژه مشارکتی ایجاد می‌کنند که دانش، مهارت‌ها، ارزش‌ها و نگرش‌های آکادمیک را برای بررسی یک مشکل دنیای واقعی ترکیب می‌کند چنین پروژه‌هایی را می‌توان از طریق ادغام ارزیابی همتا برای عملکرد تیم و فرا ارزیابی برای عملکرد فردی در نظر گرفت چنین ارزیابی را می‌توان در پروژه‌های استیم با معیارهای صحت، کامل بودن، اسناد و مدارک، وضوح و قابل فهم بودن مدل مفهومی پروژه و اجرا اعمال کرد (Wingrovis et al., 2018).

یکی دیگر از یافته‌های پژوهش نشان داد یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم، بر سطح آفریدن یادگیرندگان در درس ریاضی تأثیر دارد. نتیجه‌ی این بخش با پژوهش‌های Shih و همکاران (2022) و Lee و همکاران (2020) همسو است. یکی از مهم‌ترین چیزها در آموزش استیم ایجاد درکی از هنر و دیگر زمینه‌های استیم با جذابیت عاطفی و حس شناختی است. دانش‌آموزان آن‌ها را به‌عنوان عناصر مهم یادگیری در هر منطقه، چه فنی و چه غیر فنی، ارزش‌گذاری می‌کنند. در این زمینه، هنر امکانی را برای فراگیران مهیا می‌سازد تا آنچه را که در کلاس ارائه کرده‌اند جشن بگیرند. آن‌ها با آنچه می‌توانند به دانش‌آموزان دیگر ارائه دهند، تشویق می‌شوند. آن‌ها خلاقیت را با اصالت در عملکرد و یا فعالیت‌های یادگیری خود می‌پذیرند. دانش‌آموزان می‌توانند از زندگی روزمره به یک تجربه یادگیری فوق‌العاده دست یابند (Bailey et al., 2015). این ترتیب، روش‌های آموزش هنر ممکن است تأثیر قابل توجهی بر برنامه استیم از طریق خلاقیت و فعالیت‌های زمینه‌ای یادگیری مبتنی بر مسئله داشته باشند (Rabelais, 2014). این آموزش باید سه حوزه اساسی در آموزش استیم را در برگیرد: ساخت انتقادی پروژه‌ها و یادگیری مبتنی بر شیء از مشکلات دنیای واقعی، نقد ایده‌های مربوط به پروژه‌ها و طرح‌ها، و آوردن هر پروژه به نمایشگاهی برای مشاهده دیگران، یاد بگیرید و نقد کنید (Costantino, 2017). واقعیت این است که آموزش استیم می‌تواند آموزش ابتدایی، متوسطه و عالی را برای ترویج ارزش‌های توسعه آموزش‌های خلاق برای یادگیری قرن بیست و یکم آگاه کند (Koloskeri et al., 2017). آموزش استیم، آموزش یکپارچه را ارتقا می‌دهد که به‌عنوان یک رویکرد برنامه درسی و آموزشی میان‌رشته‌ای و میان‌رشته‌ای شناخته می‌شود. همچنین فرض بر این است که آموزش چند رشته‌ای توسط رویکرد هوش توزیع‌شده هدایت می‌شود (Rabelais, 2014).

این پژوهش دارای محدودیت‌های بود از جمله: این پژوهش صرفاً برای محتوای مبتنی بر رویکرد استیم با محوریت درس ریاضی طراحی و اجرا شده است و در صورت اجرا با محوریت درس‌های دیگر، می‌تواند نتایج متفاوتی ارائه دهد. این پژوهش فقط بر روی دانش‌آموزان دختر اجرا شد و نتایج آن قابل تعمیم به دانش‌آموزان پسر نیست. نتایج حاصله از آزمایش نمونه‌های در دسترس پژوهشگر (۷۰ نفر) قابل تعمیم به کل جامعه موردپژوهش نیست. با توجه به یافته‌های تحقیق پیشنهادهایی ارائه می‌شود از جمله: توجه به مؤلفه‌های یادگیری سیار و رویکرد استیم و بهره‌گیری از آنان در برنامه درسی دوره ابتدایی؛ استفاده از

مدل طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم برای یادگیری در آموزش سایر دروس برنامه درسی در دیگر مقاطع تحصیلی و مقایسه نتایج؛ انجام پژوهش‌های بعدی بر روی جنسیت پسر و نمونه‌های بزرگ‌تری از دانش‌آموزان جهت افزایش تعمیم‌پذیری؛ اجرای پژوهش‌های مشابه در بازه زمانی طولانی‌تر، بررسی تأثیر طراحی یادگیری سیار مبتنی بر رویکرد استیم بر متغیرهای دیگر به‌ویژه مهارت‌های قرن بیست و یکم مانند تفکر انتقادی، مهارت‌های فراشناختی و...

تعارض منافع

تعارض منافع ندارم

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از پایان‌نامه ارشد در دانشگاه علامه طباطبائی تهران است، نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از زحمات کلیه کسانی که در اجرای این پژوهش یاری رسانده‌اند؛ تشکر و قدردانی نمایند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- امامقلی وند، فاطمه، و عسگری، محمد. (۱۴۰۱). تحلیل روند یادگیری دانش‌آموزان در گذر از کرونا (مجازی، نیمه‌حضور، حضوری). *فصلنامه روان‌شناسی تربیتی*، ۱۸(۶۴)، ۳۳-۵۳.
doi: 10.22054/jep.2023.69048.3674
- پورشافعی، هادی، رستمی نژاد، محمدعلی، و محمد زاده، مینا. (۱۴۰۰). رویکردهای آموزش استیم: مرور نظام‌مند. *آموزش پژوهی*، ۷(۲۶).
- جمشیدی، محمد، علی‌آبادی، خدیجه، نیلی احمدآبادی، محمدرضا، و زارعی زوارکی، اسمعیل. (۱۴۰۱). تأثیر یادگیری سیار بر بهبود عملکرد کارکنان دانشگاه علامه طباطبائی. *فصلنامه روان‌شناسی تربیتی*. doi: 10.22054/jep.2022.68182.3643
- رضایی راد، مجتبی. ناصری، الهام. (۱۳۹۹). تأثیر آموزش مبتنی بر یادگیری سیار بر خود کارآمدی، خودکنترلی، خودتنظیمی و عملکرد تحصیلی دانش‌آموزان. *فصلنامه فن‌آوری اطلاعات و ارتباطات در علوم تربیتی*، ۱۲۵-۱۴۴.
http://dorl.net/dor/20.1001.1.22285318.1399.10.3.7.2
- رمضانی، سونیا. (۱۳۹۷). *طراحی و اعتباریابی الگوی آموزش مبتنی بر محیط‌های یادگیری سیار برای یادگیرندگان مدارس هوشمند در درس ریاضی*. رساله دکتری. گروه تکنولوژی آموزشی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی.
- فیضی، فرخ، و واحدی، مهدی. (۱۴۰۰). بررسی عوامل مؤثر بر پذیرش یادگیری سیار در بین دانش‌آموزان و معلمان (یک مرور مفهومی). *نظریه و عمل در تربیت معلمان*، ۷(۱۲).
- نصیری، علی. (۱۴۰۰). *طراحی و پیاده‌سازی مرکز یادگیری الکترونیکی مبتنی بر رویکرد استیم و تأثیر آن بر انگیزش و یادگیری اصیل درس ریاضی دانش‌آموزان دوره اول متوسطه*. پایان‌نامه ارشد. گروه تکنولوژی آموزشی، دانشکده روان‌شناسی و علوم تربیتی، دانشگاه علامه طباطبائی.

References

- Alvarez, C., Alarcon, R., & Nussbaum, M. (2011). Implementing collaborative learning activities in the classroom supported by one-to-one mobile computing: A design-based process. *Journal of Systems and Software*, 84(11), 1961–1976. <https://doi.org/10.1016/j.jss.2011.07.011>
- Annetta, L. A., Minogue, J., Holmes, S. Y., & Cheng, M.-T. (2009). Investigating the impact of video games on high school students' engagement and learning about genetics. *Computers & Education*, 53(1), 74–85. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.12.020>
- Baines, A. L. (2019). Inquiry, investigative processes, art, and writing in STEAM. In M. S. Khine & S. Areepattamannil (Eds.), *STEAM Education* (pp. 1–12). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1_1

- Braghirolli, L. F., Ribeiro, J. L. D., Weise, A. D., & Pizzolato, M. (2016). Benefits of educational games as an introductory activity in industrial engineering education. *Computers in Human Behavior*, 58, 315–324. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.12.063>
- Cai, P. (2021). Thinking skills development in mobile learning: The case of elementary school students studying environmental studies. *Thinking Skills and Creativity*, 42, 100922. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2021.100922>
- Chen, W., Tang, X., & Mou, T. (2019). Course design and teaching practice in STEAM education at distance via an interactive e-learning platform: A case study. *Asian Association of Open Universities Journal*, 14(2), 122–133. <https://doi.org/10.1108/AAOUJ-07-2019-0027>
- Fabian, K., & Topping, K. J. (2019). Putting “mobile” into mathematics: Results of a randomised controlled trial. *Contemporary Educational Psychology*, 59, 101783. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2019.101783>
- Feyzi, F., & Vahedi, M. (2021). Investigating the factors affecting the acceptance of mobile learning among students and teachers (a conceptual review). *Theory and Practice in Teacher Education*, 7(12). [In Persian]
- Giannakas, F., Kambourakis, G., Papasalouros, A., & Gritzalis, S. (2018). A critical review of 13 years of mobile game-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 66(2), 341–384. <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9552-z>
- Hinojo-Lucena, F. J. (2022). Impact of the pandemic on STEAM disciplines in the sixth grade of primary education. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 12(8), 1071–1084. <https://doi.org/10.3390/ejihpe12080071>
- Huang, X., & Qiao, C. (2022). Enhancing computational thinking skills through artificial intelligence education at a STEAM high school. *Science & Education*, 31(5), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00392-6>
- Hwang, G.-J., Wu, P.-H., & Chen, C.-C. (2012). An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activities. *Computers & Education*, 59(4), 1246–1256. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.05.009>
- Ibáñez, M.-B., & Delgado-Kloos, C. (2018). Augmented reality for STEM learning: A systematic review. *Computers & Education*, 123, 109–123. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.05.002>
- Imamgholivand, F., & Asgari, M. (2022). Analysis of students' learning process during the Corona period (virtual, semi-attendance, face-to-face). *Quarterly Journal of Educational Psychology*, 18(64), 33–53. <https://doi.org/10.22054/jep.2023.69048.3674> [In Persian]
- Jamshidi, M., Aliabadi, K., Nili Ahmadabadi, M. R., & Zarei Zvarki, I. (2022). The effect of mobile learning on improving the performance of Allameh Tabatabaei University employees. *Quarterly Journal of Educational Psychology*, 18(65), 7–22. <https://doi.org/10.22054/jep.2022.68182.3643> [In Persian]
- Jeno, L. M., Adachi, P. J. C., Grytnes, J. A., Vandvik, V., & Deci, E. L. (2019). The effects of m-learning on motivation, achievement and well-being: A Self-Determination Theory approach. *British Journal of Educational Technology*, 50(2), 669–683. <https://doi.org/10.1111/bjet.12657>
- Khine, M. S., & Aarepattamannil, S. (Eds.). (2019). *STEAM Education: Theory and Practice*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-04003-1>
- Lu, S.-Y., Lo, C.-C., & Syu, J.-Y. (2022). Project-based learning oriented STEAM: The case of micro-bit paper-cutting lamp. *International Journal of Technology*

- and Design Education, 32(5), 2553–2575. <https://doi.org/10.1007/s10798-021-09714-1>
- Nasiri, A. (2021). *Design and implementation of an e-learning based on the STEAM approach and its impact on motivation and authentic learning in mathematics for first-year high school students* [Master's thesis, Allameh Tabatabaee University]. [In Persian]
- Philpot, T. A., Hall, R. H., Hubing, N., & Flori, R. E. (2005). Using games to teach statics calculation procedures: Application and assessment. *Computer Applications in Engineering Education*, 13(3), 222–232. <https://doi.org/10.1002/cae.20043>
- Pour Shafei, H., Rostami Nezhad, M., & Mohammadzadeh, M. (2021). STEAM education approaches: Systematic review. *Journal of Education Studies*, 7(26), 1–15. <https://sid.ir/paper/398752/en> [In Persian]
- Quigley, C. F., Herro, D., & Jamil, F. M. (2017). Developing a conceptual model of STEAM teaching practices. *School Science and Mathematics*, 117(1–2), 1–12. <https://doi.org/10.1111/ssm.12201>
- Ramezani, S. (2018). *Design and validation of a mobile learning environment-based educational model for smart school learners in mathematics* [Doctoral dissertation, Allameh Tabatabaee University]. [In Persian]
- Rezaei-Rad, M., & Naseri, E. (2019). The effect of mobile learning-based education on students' self-efficacy, self-control, self-regulation and academic performance. *Quarterly Journal of Information and Communication Technology in Educational Sciences*, 10(3), 125–144. <http://dori.net/dor/20.1001.1.22285318.1399.10.3.7.2> [In Persian]
- Sánchez, J., & Olivares, R. (2011). Problem solving and collaboration using mobile serious games. *Computers & Education*, 57(3), 1943–1952. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.04.012>
- Su, Y. S., Lai, C. C., Wu, T. K., & Lai, C. F. (2022). The effects of applying an augmented reality English teaching system on students' STEAM learning perceptions and technology acceptance. *Frontiers in Psychology*, 13, 996162. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.996162>
- Talan, T. (2020). The effect of mobile learning on learning performance: A meta-analysis study. *Journal of Educational Science and Practice*, 19(1), 1–20. <https://doi.org/10.12738/jestp.2020.1.006>
- Topalli, D., & Cagiltay, N. E. (2018). Improving programming skills in engineering education through problem-based game projects with Scratch. *Computers & Education*, 120, 64–74. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.01.011>
- Wang, Q., & Abbas, M. (2018). Designing web-games for transportation engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1699–1710. <https://doi.org/10.1002/cae.22031>
- Wu, C.-H., Liu, C.-H., & Huang, Y.-M. (2022). The exploration of continuous learning intention in STEAM education through attitude, motivation, and cognitive load. *International Journal of STEM Education*, 9(1), 35. <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00346-y>