Tech. Edu. J. 19(4): 923-940, Autumn 2025

Technology of Education Journal
(TEJ)
Homepage: jte.sru.ac.ir

ORIGINAL RESEARCH PAPER

Investigating the effectiveness of scratch block-based programming on computational thinking and geometric problem-solving skills of seventh-grade students

A. Rafiepour [*1,2], ***P. Karimi*** [1,2]

[1] *Department of Mathematics Education, Faculty of Mathematics and Computer, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran*
[2] *Mahani Math Center, Afzalipour Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran*

Received: 23 April 2025
Reviewed: 07 June 2025
Revised: 16 July 2025
Accepted: 05 September 2025

KEYWORDS:
Computational Thinking
Blocky Programming
Geometry Education
Scratch
Mathematics Education

* Corresponding author
rafiepour@uk.ac.ir
(+9834)31322451

ABSTRACT

Background and Objectives: Programming, as an interdisciplinary activity, creates an active link between mathematics and computer science, which can serve to solve problems, learn abstract concepts, and develop computational thinking. In recent years, the use of visual environments such as Scratch in mathematics education has received special attention. Despite this, there is little evidence regarding the impact of block-based programming on geometric skills and computational thinking in the first cycle of secondary school (middle school). The present study aimed to investigate the effect of block-based programming in the Scratch environment on the computational thinking and geometric problem-solving skills of seventh-grade students.

Methods: The present research was applied in terms of purpose and was conducted with a mixed (quantitative-qualitative) approach with two research groups, experimental and control. The statistical population consisted of seventh-grade male students in Mahan city during the academic year 2024-2025, and the sampling method was random. The sample included 60 students who were randomly assigned to either the experimental or control group, with 30 students in each group. The educational intervention lasted for eight weeks and focused on teaching the concepts of the 'Geometry and Reasoning' chapter from the seventh-grade mathematics textbook. The data collection instrument in the quantitative section was the Romano Gonzalez et al. standard computational thinking test, which was administered as a pre-test and post-test. Its reliability was reported with a Cronbach's alpha of 0.79. Also, the quantitative data were analyzed with SPSS software, and the pre-test and post-test data of computational thinking in both the experimental and control groups followed a normal distribution, which allowed the use of parametric tests (paired t-test and independent t-test). In the qualitative section, the learning process and perception of geometric concepts in the seventh-grade mathematics textbook were examined by utilizing content analysis of students' programming projects in the Dr. Scratch program and semi-structured interviews.

Findings: In the experimental group, the average scores for computational thinking increased from 10.73 (SD= 4.727) in the pre-test to 14.57 (SD= 4.739) in the post-test, which was confirmed by a paired t-test showing a significant difference ($p < 0.001$). In contrast, the control group showed little change from 10.60 to 10.90, indicating no significant difference ($p = 0.405$). The calculation of Cohen's d effect size for the experimental group indicated a strong effect, supporting the effectiveness of the Scratch intervention. In the Scratch Program, four main features of computational thinking in students' digital artifacts were presented, applicable to seventh-grade foundational geometry questions. These features include translating abstract concepts into tangible objects, developing generalizable algorithms, multi-faceted representation of problems, and the repeatability of recognizable solutions.

Conclusion: Statistical findings from a paired t-test revealed that programming in the Scratch environment significantly increased computational thinking scores in the experimental group. Qualitative data, including students' programming projects, semi-structured interviews, and analysis of educational images and videos, also indicated that students were able to represent geometric concepts such as symmetry and rotation in a more tangible and multifaceted way

in their Scratch projects. From this perspective, this research, by integrating the two domains of computational thinking and geometry education, provides an innovative platform for designing educational experiences and integrating technology and the learning of mathematical concepts. This article emphasizes that block-based programming should be considered not merely as a technological tool, but as a cognitive mediator in mathematics education. This approach can pave the way for transformation in teaching and learning methods of complex geometric concepts and be an effective tool for mathematics teachers to teach abstract concepts to students.

COPYRIGHTS
© 2025 The Author(s). This is an open-access article distributed under the terms and conditions of the Creative Attribution-Noncommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0)
(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

NUMBER OF REFERENCES	NUMBER OF FIGURES	NUMBER OF TABLES
48	4	4

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر برنامه‌نویسی بلوکی اسکرچ بر تفکر محاسباتی و مهارت حل‌مسئله هندسی دانش‌آموزان پایهٔ هفتم

ابوالفضل رفیع‌پور*[۱،۲]، پویا کریمی[۱،۲]

[۱] گروه آموزش ریاضی، دانشکده ریاضی و کامپیوتر، دانشگاه شهید باهنر، کرمان، ایران
[۲] پژوهشکده ریاضی ماهانی، پژوهشگاه افضلی پور، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

چکیده

پیشینه و اهداف: برنامه‌نویسی به‌عنوان فعالیتی میان‌رشته‌ای، پیوندی فعال میان ریاضیات و علوم کامپیوتر ایجاد می‌کند که می‌تواند در خدمت حل مسئله، یادگیری مفاهیم انتزاعی و توسعهٔ تفکر محاسباتی قرار گیرد. در سال‌های اخیر، استفاده از محیط‌های بصری مانند اسکرچ در آموزش ریاضیات توجه ویژه قرار گرفته است. با وجود این، شواهد اندکی دربارهٔ تأثیر برنامه‌نویسی بلوکی بر مهارت‌های هندسی و تفکر محاسباتی در دورهٔ متوسطهٔ اول وجود دارد. هدف پژوهش حاضر، بررسی تأثیر برنامه‌نویسی بلوکی در محیط اسکرچ بر تفکر محاسباتی و مهارت حل مسئلهٔ هندسی دانش‌آموزان پایهٔ هفتم بود.

روش‌ها: پژوهش حاضر از نظر هدف کاربردی و این مطالعه با رویکرد آمیخته (کمّی–کیفی) و در دو گروه آزمایش و گواه انجام شد. جامعهٔ آماری، دانش‌آموزان پسر پایهٔ هفتم شهر ماهان، در سال تحصیلی ۱۴۰۴-۱۴۰۳ و شیوهٔ نمونه‌گیری، به صورت تصادفی بود. نمونه شامل ۶۰ دانش‌آموز است که به‌طور تصادفی، به هریک از گروه‌های آزمایش و گواه، ۳۰ دانش‌آموز اختصاص یافت. مداخلهٔ آموزشی به‌مدت ۸ هفته و با تمرکز بر آموزش مفاهیم فصل «هندسه و استدلال» از کتاب درسی ریاضی پایهٔ هفتم صورت گرفت. ابزار گردآوری داده‌ها در بخش کمی، آزمون استاندارد تفکر محاسباتی رومانو گونزالس و همکاران بود که به‌صورت پیش‌آزمون و پس‌آزمون اجرا شد. پایایی آن با آلفای کرونباخ ۰/۷۹ گزارش شده است. همچنین داده‌های کمّی با نرم‌افزار SPSS تحلیل شد و داده‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون تفکر محاسباتی در هر دو گروه آزمایش و گواه از توزیع نرمال پیروی کردند که امکان استفاده از آزمون‌های پارامتریک (t زوجی و t مستقل) را فراهم ساخت. در بخش کیفی، با بهره‌گیری از تحلیل محتوای پروژه‌های برنامه‌نویسی‌شده دانش‌آموزان در برنامهٔ دکتر اسکرچ و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، فرایند یادگیری و ادراک مفاهیم هندسی کتاب درسی ریاضی پایهٔ هفتم بررسی شد.

تاریخ دریافت: ۰۳ اردیبهشت ۱۴۰۴
تاریخ داوری: ۱۷ خرداد ۱۴۰۴
تاریخ اصلاح: ۲۵ تیر ۱۴۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴ شهریور ۱۴۰۴

واژگان کلیدی:
تفکر محاسباتی
برنامه‌نویسی بلوکی
آموزش هندسه
اسکرچ
آموزش ریاضی

* نویسنده مسئول
Rafiepour@uk.ac.ir
۰۳۴-۳۱۳۲۲۴۵۱

یافته‌ها: در گروه آزمایش، میانگین نمرات تفکر محاسباتی از ۱۰/۷۳ (انحراف معیار ۴/۷۲۷) در پیش‌آزمون به ۱۴/۵۷ (انحراف معیار ۴/۷۳۹) در پس‌آزمون افزایش یافت که با آزمون t زوجی تفاوت معناداری را ($p\leq$۰/۰۰۰۱) تأیید می‌کند. در مقابل، گروه گواه با تغییر اندک از ۱۰/۶۰ به ۱۰/۹۰ اختلاف معنادار نشان نداد ($p=$۰/۴۰۵). محاسبه اندازه‌ی اثر کوهن d برای گروه آزمایش نشانگر اثری قوی بود، که تأییدی بر اثربخشی مداخلهٔ اسکرچ است. در برنامهٔ دکتر اسکرچ، چهار ویژگی اصلی تفکر محاسباتی در مصنوعات دیجیتال دانش‌آموزان مطرح شد که در زمینهٔ سؤالات هندسهٔ پایهٔ هفتم کاربرد دارد. این ویژگی‌ها شامل تبدیل مفاهیم انتزاعی به اشیای ملموس، توسعهٔ الگوریتم‌های تعمیم‌پذیر، بازنمایی چندوجهی مسائل و تکرارپذیری راه‌حل‌های شناسایی است.

نتیجه‌گیری: یافته‌های آماری حاصل از تحلیل t زوجی نشان داد که برنامه‌نویسی در محیط اسکرچ موجب افزایش معنادار نمرات تفکر محاسباتی در گروه آزمایش شده است. داده‌های کیفی شامل پروژه‌های برنامه‌نویسی‌شدهٔ دانش‌آموزان، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و تحلیل تصاویر و ویدئوهای آموزشی نیز نشان دادند که دانش‌آموزان توانایی بازنمایی مفاهیم هندسی مانند تقارن و دوران را به شیوه‌ای ملموس‌تر و چندوجهی در پروژه‌های خود در اسکرچ دارند. از این منظر، این پژوهش با تلفیق دو قلمرو تفکر محاسباتی و آموزش هندسه، بستر نوآورانه‌ای برای طراحی تجربیات آموزشی و تلفیق فناوری و یادگیری مفاهیم ریاضی فراهم آورد. این مقاله تأکید می‌کند که برنامه‌نویسی بلوکی باید نه‌صرفاً به‌عنوان ابزار فناوری، بلکه به‌عنوان یک واسطهٔ شناخت در آموزش ریاضی در نظر گرفته شود. این رویکرد می‌تواند زمینه‌ساز تحول در شیوه‌های یاددهی-یادگیری مفاهیم پیچیدهٔ هندسی و ابزاری کارساز برای معلمان ریاضی برای آموزش مفاهیم انتزاعی به دانش‌آموزان باشد.

مقدّمه

برنامه‌نویسی به‌عنوان ابزاری مؤثر در حل مسائل، ارتباطی جذاب بین ریاضیات و علوم کامپیوتر برقرار می‌کند. در پس شیوه‌های برنامه‌نویسی، تفکر محاسباتی وجود دارد [۱]. بیش از پنج دهه پیش، سیمور پاپرت (Seymour Papert) رویکردی نوین برای آموزش ریاضی ارائه داد که بر اساس برنامه‌نویسی کامپیوتری بود [۲]. او بر اهمیت فعالیت‌های ریاضی تأکید کرد که باید شخصی، خلاق و کنجکاوانه باشند. این نوع فعالیت‌ها ترکیبی از یک زبان رسمی (زبان برنامه نویسی لوگو (LOGO))، دقت در ریاضیات و دریافت بازخورد کامپیوتری هستند. نکتهٔ جالب‌توجه این است که سیمور پاپرت به‌عنوان ریاضی‌دانی که تحت‌تأثیر نظریه‌های ژان پیاژه قرار داشت، به تحقیق در زمینهٔ یادگیری کودکان خردسال و چگونگی تقویت این فرایندها توسط رایانه‌ها علاقه‌مند بود [۳]. سیمور پاپرت و همکارانش زبان برنامه‌نویسی لوگو را توسعه دادند که به کودکان این امکان را می‌داد با استفاده از رایانه‌ها بازی بسازند، آهنگ‌های دل‌خواه را خلق کنند و در واقع به‌صورت خلاقانه با مفاهیم ریاضی و کامپیوتری تعامل داشته باشند [۴]. یکی از اهداف این رویکرد تقسیم مسائل پیچیده به بخش‌های ساده‌تر است تا این بخش‌ها به‌عنوان بلوک‌های سازنده‌ای برای درک بهتر پیچیدگی‌ها عمل کنند. همچنین، ارتباط با مفاهیم ریاضی به‌شیوه‌ای غیرخطی و از پایین به بالا یکی دیگر از ویژگی‌های این رویکرد است. یکی از جنبه‌های کلیدی این روش، تغییر پارادایم از ریاضیات سنتی مدرسه‌ای، که معمولاً شامل دست‌کاری اعداد، نمادها و فرمول‌ها بوده است، به توسعهٔ ایده‌های قوی دربارهٔ جهان است [۵].

در اینجا کامپیوترها به‌عنوان ابزاری منعطف در نظر گرفته می‌شوند. متخصصان این حوزه معتقدند که تفکر محاسباتی نتیجهٔ این تغییر پارادایم در آموزش ریاضی بوده و سپس به رویکردهای گسترده‌تری گسترش یافته است. این دیدگاه، تغییر پارادایم از ریاضیات سنتی مدرسه‌ای به فرایندی خلاق و تعاملی را پی‌ریزی کرد و زمینه‌ساز تولد مفهوم تفکر محاسباتی شد [۶]. تفکر محاسباتی یک فرآیند پیچیده است که شامل حل مسائل، طراحی سیستم‌ها و درک رفتارهای انسانی می‌شود و بر مبنای اصول علوم کامپیوتر استوار است. این مفهوم شامل مجموعه‌ای از ابزارهای ذهنی است که در عمق و گستردگی علوم کامپیوتر منعکس می‌شود [۷، ۸ و ۹]. این دیدگاه، تفکر محاسباتی را فراتر از مهارت‌های فنی ساده در نظر می‌گیرد و به‌عنوان روشی تفکرشناختی که در حوزه‌های علمی و غیرعلمی به کار می‌رود، معرفی می‌کند. در ادامه، مطالعاتی چون وینتراپ و همکاران (Weintrop et al.) نشان دادند که تفکر محاسباتی مجموعه‌ای از مهارت‌ها و فرایندهای فکری است که با تجزیه‌مسائل، تشخیص الگوها و طراحی الگوریتم‌های کارآمد، امکان حل نظام‌مند مسائل پیچیده را فراهم می‌آورد [۱۰]. برخی پژوهشگران معتقدند که مفهوم تفکر محاسباتی بدون پژوهش‌های علمی کافی به شهرت رسیده است و این مسئله مانع از ایجاد تعریفی جامع و پذیرفته‌شده شده است [۱۱]. عدم وجود تعریف واحدی باعث شده که در توصیف تفکر محاسباتی، روی مهارت‌های متنوعی تأکید شود. با افزایش توجه جهانی به تفکر محاسباتی، پژوهشگران متعددی به نقش آن در آموزش ریاضی پرداخته‌اند. برخی آن را معادل حل مسئله و برخی دیگر آن را با برنامه‌نویسی و الگوریتم‌نویسی مرتبط دانسته‌اند [۱۲ و ۱۳].

در دهۀ ۱۹۷۰، یکی از چالش‌های اصلی در یادگیری مبتنی بر فناوری، عدم دسترسی مناسب به ابزارهای رایانه‌ای بود. اما با ظهور ریزرایانه‌ها در دهۀ ۱۹۸۰، شرایط برای استفاده از این فناوری و اجرای زبان برنامه‌نویسی لوگو در کلاس‌های آموزشی در سراسر جهان مهیا شد [۴]. پیشینه تاریخی آموزش ریاضی و کامپیوتر نشان می‌دهد که از دهۀ ۱۹۸۰، ابزارهای تعاملی به کلاس‌های درس وارد شدند و آموزش را از

حالت سنتی به‌سوی محیط‌های یادگیری فعال سوق دادند. امروزه، آموزش یکپارچهٔ ریاضی و علوم کامپیوتر رویکردی نوین در تربیت نسل آینده شناخته می‌شود که مهارت‌های حل مسئله، تفکر انتقادی و سواد دیجیتال را در هم می‌آمیزد. با این حال، انتقادات مربوط به مشکلاتی که دانش‌آموزان و معلمان هنگام یادگیری قواعد این زبان برنامه‌نویسی با آن مواجه می‌شدند، به کاهش علاقه و هیجان به برنامه‌نویسی در اواسط دههٔ ۱۹۹۰ منجر شد [۱۱]. در نتیجه، برنامه‌نویسی از برنامهٔ درسی آموزشی در مقاطع پیش‌دبستانی تا پایهٔ دوازدهم حذف شد و ابزارهای جدیدی جایگزین آن شدند [۱۴]. به‌مرور زمان، زبان‌های برنامه‌نویسی جدیدی که به‌صورت تصویری و کاربرپسند طراحی شده بودند، معرفی و به تقویت ایدهٔ استفاده از برنامه‌نویسی به‌عنوان ابزاری برای پرورش مهارت‌های تفکر محاسباتی در کودکان کمک کردند. باید به این نکته توجه کرد که تفکر محاسباتی به‌معنای فرایند تفکر در حل مسائل و بیان راه‌حل به‌گونه‌ای است که توسط ماشین یا انسان قابل اجرا باشد [۱۵]. بر اساس نظریهٔ هویلز و ناس (Hoyles & Noss)، تفکر محاسباتی شامل فرایندهایی همچون تجرید و تجزیهٔ مسائل و شناسایی الگوهاست. این نوع تفکر شباهت زیادی به تفکر ریاضی دارد [۱۶ و ۱۷]. زبان‌های برنامه‌نویسی بصری جدید، مانند آلیس، کودو و به‌ویژه اسکرچ [۱۸] توجه بیشتری را در جامعهٔ آموزشی به کدنویسی جلب کردند. این توجه به برنامه‌نویسی نه به‌عنوان هدفی مستقل، بلکه به‌عنوان ابزاری برای توسعهٔ مهارت‌های دیگر، بهبود نتایج یادگیری و افزایش انگیزه در دانش‌آموزان منجر شد [۱۹]. سیاست‌گذاران باید تفکر محاسباتی را به‌عنوان مولفهٔ اساسی در طراحی برنامهٔ درسی آینده در نظر بگیرند [۲۰]. در سال‌های اخیر، تفکر محاسباتی بیش از پیش توجه پژوهشگران حوزهٔ آموزشی را به خود معطوف کرده است؛ به‌ویژه به‌عنوان جزء کلیدی در رویکردهای بین‌رشته‌ای نظیر آموزش معروف (مهندسی، علوم، ریاضیات و فناوری) است [۲۱]. این توجه به‌دلیل این واقعیت است که تفکر محاسباتی شامل مهارت‌هایی نظیر حل مسئله، استفاده از روش‌های الگوریتمی و تسلط بر سواد داده‌هاست. این مهارت‌ها به‌طور فزاینده‌ای در علوم مختلف، از اقتصاد گرفته تا علوم فیزیکی و همچنین در حوزه‌های مرتبط با هوش مصنوعی و یادگیری ماشین درخواست می‌شوند [۲۲]. تفکر محاسباتی می‌تواند به‌عنوان ابزاری برای تقویت یادگیری ریاضی و توسعهٔ شایستگی‌های ریاضی در نظر گرفته شود. به‌طور خاص، در زمینهٔ آموزش ریاضی، تفکر محاسباتی به‌معنای شناخت کاربردهای ریاضیات در زندگی روزمره، تبدیل مسائل عملی به معادلات ریاضی و حل و ارزیابی راه‌حل‌ها در زمینه‌های محاسباتی است [۱۰ و ۲۳ و ۲۴ و ۲۵]. این رویکرد می‌تواند به یادگیرندگان کمک کند به‌شیوه‌ای عمیق‌تر و معنی‌دارتر به مفاهیم ریاضی بپردازند و توانمندی‌های خود را در زمینهٔ حل مسئله تقویت کنند [۲۲]. همچنین در دهه‌های اخیر، ادغام برنامه‌نویسی بلوکی در آموزش ریاضیات و علوم کامپیوتر، به‌ویژه از طریق محیط‌های بصری مانند اسکرچ توجه شده است. برنامه‌نویسی بلوکی روشی است که به‌جای دستورات متنی، از بلوک‌های گرافیکی کشیدنی‌رهاکردنی استفاده می‌کند تا پیچیدگی نحو زبان‌های برنامه‌نویسی سنتی کاهش یابد [۲۶ و ۲۷]. محیط اسکرچ-که توسط مؤسسه فناوری ماساچوست آمریکا (MIT) توسعه یافته- با رابط کاربری ساده و جذاب خود بستری تعاملی برای خلق مصنوعات دیجیتال و تجربه همزمان مفاهیم محاسباتی و ریاضی فراهم می‌آورد [۱۸].

چندین پژوهش نشان داده‌اند که استفاده از اسکرچ در آموزش ریاضیات موجب ارتقای درک انتزاعی و تقویت سواد دیجیتال می‌شود. برای مثال، ینسن و همکاران (Jensen et al.) با معرفی «تکالیف اصیل برنامه‌نویسی» گزارش کردند که دانش‌آموزان با حل مسائل هندسی در اسکرچ، نگرشی تحولی دربارهٔ مفاهیم تقارن و دوران پیدا کردند [۲۸]. پژوهش چنتال و همکاران (Chantal et al.) نیز چهار ویژگی اصلی تکالیف که در تحلیل آن‌ها شناسایی شدند، عبارت‌اند از: نخست شامل مسائلی است که به‌صورت دستی قابل انجام نیست و نیازمند استفاده از روش‌ها و ابزارهای دینامیک و پویا است. دوم، این تکالیف باید شامل تصویرسازی‌های پویا و تعاملی باشند تا فرایند یادگیری را غنی‌تر و جذاب‌تر سازند. سوم، این فعالیت‌ها باید به کاوش، حدس‌زنی و تفسیر ریاضیات ناشناخته و پیچیده برای دانش‌آموزان منجر شوند و انگیزهٔ آنان را به کشف و فهم عمیق‌تر مطالب افزایش دهند. در نهایت، این تکالیف باید برای دانش‌آموزان معنادار و مرتبط با تجارب و کاربردهای واقعی باشد تا بتوانند درک عمیق‌تری از مفاهیم ریاضی کسب کنند و ارتباط میان نظریه و عمل را درک کنند. [۲۹] همچنین رودریگز و همکاران (Rodríguez et al.) نشان دادند که طراحی اشکال پویا با حلقه‌ها و شرطی‌ها در اسکرچ، درک زوایای داخلی چندضلعی‌ها را به‌طرزی ملموس تثبیت می‌کند [۳۰]. به‌علاوه، تحلیل مصنوعات دیجیتال دانش‌آموزان با استفاده از چارچوب نظری انجی و همکاران (Ng et al.) مبتنی بر تفکر محاسباتی که پلی میان برنامه‌نویسی و ریاضیات ایجاد می‌کند، نشان می‌دهد که اسکرچ به‌عنوان واسطی مفهومی، انتقال معنادار بین زبان‌های ریاضی و محاسباتی را تسهیل می‌کند [۱].

استفاده از فناوری‌های نوین در فرایند یاددهی ـ یادگیری ریاضی آن‌چنان توجه بوده است که تاکنون دو مطالعهٔ کمیسیون بین‌المللی تدریس ریاضی (International Commission on Mathematics Instruction) را به خود اختصاص داده است. در سطح ملی نیز به ظرفیت‌های فناوری‌های نوین، همگام با سایر نقاط جهان، توجه شده است و به‌کارگیری فناوری‌های نوین به‌عنوان یکی از محورهای اصلی در بسیاری از کنفرانس‌های ملی دربارهٔ آموزش معرفی شده است. از منظر سیاست‌های آموزشی جهانی نیز، ضرورت پرورش تفکر محاسباتی آشکار است؛ به‌طوری که سازمان توسعه و همکاری اقتصادی (OECD) تفکر محاسباتی را یکی از مهارت‌های بنیادین آینده معرفی می‌کند [۳۱] و کشورهایی مانند انگلستان از سال ۲۰۱۴، آموزش علوم رایانه را در دورهٔ ابتدایی الزامی کرده‌اند [۳۲]. در ایران نیز، یافته‌های پژوهش حاضر پیشنهاد می‌کند که ادغام اسکرچ در آموزش هندسهٔ پایهٔ هفتم می‌تواند ضمن کاهش شکاف بین نظریه و عمل، زیربنایی مستحکم برای پرورش

مهارت‌های حل مسئله و تفکر الگوریتمی فراهم آورد. اهمیت ویژهٔ هندسه در برنامهٔ درسی ریاضی، به‌ویژه مفاهیمی چون تقارن دورانی که مستلزم تجسم فضایی و پویایی اشکال است، بر پیچیدگی یادگیری آن می‌افزاید. شواهد حاکی است که محیط‌های تعاملی مانند اسکرچ می‌توانند با بازنمایی چندوجهی و فراهم‌آوردن امکان آزمون و خطای زنده، فراگیری مفاهیم هندسی را تقویت کنند. در زمینهٔ آموزش ریاضی نیز پژوهشگران نشان دادند که برنامه‌نویسی بلوکی در فعالیت‌های مبتنی بر حل مسئله، خلاقیت دانش‌آموزان را در حوزهٔ آموزش معروف ارتقا می‌دهد [۱]. هرچند در ایران پژوهش‌هایی در زمینه کاربرد فناوری در آموزش ریاضی انجام شده، اما تحقیقات اندکی به‌تأثیر برنامه‌نویسی بلوکی بر یادگیری مفاهیم هندسی و تفکر محاسباتی پرداخته‌اند.

مطالعه‌ی یه و همکاران (Ye et al.) نشان داد که ادغام تفکر محاسباتی در آموزش ریاضی موجب بهبود درک مفاهیم و مهارت حل مسئله می‌شود [۱]. پژوهش گرور و پی (Grover & Pea) نیز برنامه‌نویسی را ابزاری برای حمایت از تفکر محاسباتی معرفی کرد [۳۳]. پژوهش‌های جهانی، همانطور که در جدول ۱ مشاهده می‌کنید، نشان داده‌اند که تفکر محاسباتی شامل مهارت‌هایی مانند متغیرها، شرطی‌ها، حلقه‌ها، دنباله‌ها، رویدادها، زیر روال‌ها و عملگرها است [۲۴]. این مهارت‌ها به‌ویژه در آموزش ریاضی که ماهیتی انتزاعی دارد، کاربرد فراوان دارد. در همین راستا، برنامه‌نویسی بلوکی از طریق محیط‌هایی مانند اسکرچ بستری برای یادگیری مفاهیم تفکر محاسباتی فراهم می‌کند

جدول ۱: خلاصه‌ای از مفاهیم محاسباتی و نحوه کاربرد آن‌ها در زمینه ریاضی مبتنی بر تفکر محاسباتی

Table 1: Summary of computational concepts and how they are applied in CT-based mathematical context

مفاهیم تفکر محاسباتی (CT concepts)	مفاهیم تفکر محاسباتی همانطور که در ادبیات پژوهشی تعریف شده است (CT Concepts as defined in the reviewed literature)	مفاهیم تفکر محاسباتی همانطور که در زمینه ریاضی مبتنی بر این تفکر انجام می‌شوند (CT Concepts as applied in CT-based (mathematical context
متغیر (variables)	موجودیتی که می‌تواند مقادیر را ذخیره، بازیابی و به‌روز کند. An entity that can store, retrieve, and update values	عددی (به عنوان مثال ، تعداد دفعات برای انجام یک روش ریاضی خاص)، جبری (به عنوان مثال ، نتیجه کار با دو یا چند متغیر) یا هندسی A numerical (e.g., number of times to carry out a specific mathematical procedure), algebraic (e.g., result of operating with two or more variables) or geometric (e.g., movement of a point having a variable location on a circle)
شرطی‌ها (conditionals)	دستورالعمل‌هایی که با توجه به یک شرط خاص یا یک عمل را انجام می‌دهند یا خیر. Instructions that either perform an action or not, according to a given condition	مجموعه‌ای از تصمیمات، اقدامات، اظهارات اجرا شده بر اساس عددی (به عنوان مثال، زمانی که یک عدد برابر با یک مقدار خاص) ، جبری (به عنوان مثال,, هنگامی که یک معادله پارامتری مقدار چرخش چرخ‌ها را تعیین می‌کند یا خواص هندسی A set of decisions, actions, statements executed based on numerical (e.g., when a number equals a certain value)1, algebraic (e.g., when a parametric equation determines the 4 or geometric properties amount of rotation of the wheels)
حلقه‌ها (loops)	ساختار کنترلی که تکرار یک یا چند دنباله را چندین بار ممکن می‌سازد. The control structure that makes it possible to repeat one or more sequences multiple times	بارها و بارها یک روش ریاضی را انجام دهید، به عنوان مثال: یک محاسبه عددی یا ساخت هندسی Repeatedly carry out a mathematical procedure, e.g., a numerical calculation, or geometric construction
دنباله‌ها (sequences)	ترتیب یا ساختار دستورالعمل‌هایی که باید برای تکمیل یک هدف دنبال شود؛ یا مجموعه ای از مراحل یا دستورالعمل های فردی که باید توسط کامپیوتر اجرا شود. The sequence or structure of instructions that should be followed to complete a goal5; or a series of individual steps or instructions to be executed by the computer	دنباله‌ای از گام‌ها که بر اساس قواعد ریاضی یا منطق تنظیم شده‌اند تا دستورالعملی خاص را برای حل یک مسئله ریاضی اجرا کنند، A sequence of steps set up according to mathematical rules or logic to perform a particular instruction for solving a mathematical task
رویدادها (events)	یک چیز را که باعث اتفاق دیگری می‌شود، مدیریت کنید و دستورالعمل‌هایی که امکان تعامل با اشیاء در محیط برنامه نویسی را فراهم می‌کند. “Handle one thing that causes another to happen; and “Instructions that make it possible to interact with objects in the programming environment	وقتی یک دستور که قابلیت تبدیل به اطلاعات ریاضیاتی را دارد اجرا می‌شود، دستور دیگری که با آن مرتبط است و دارای ماهیت عددی است نیز اجرا می‌شود When an instruction that can be converted into mathematical information is executed, another instruction related to it with numerical.
زیر روال‌ها (subroutines)	رویه‌ای که می توان آن را در یک رویه دیگر فراخوانی کرد. A procedure that can be called within another procedure	مجموعه ای از دستورالعمل های طراحی شده برای انجام یک روش ریاضی خاص یا کار (به عنوان مثال، ساخت و ساز هندسی)؛ که می تواند بارها و بارها در یک برنامه استفاده می شود. A set of instructions designed to perform a specific mathematical procedure or task (e.g., geometric construction); that can be used repeatedly within a program

مفاهیم تفکر محاسباتی (CT concepts)	مفاهیم تفکر محاسباتی همانطور که در ادبیات پژوهشی تعریف شده است (CT Concepts as defined in the reviewed literature)	مفاهیم تفکر محاسباتی همانطور که در زمینه ریاضی مبتنی بر این تفکر انجام می‌شوند (CT Concepts as applied in CT-based (mathematical context
عملگرها (operators)	پشتیبانی از عبارات ریاضی ، منطقی و رشته‌ای Provide support for mathematical, logical, and string expression	استفاده از نمادها یا توابع برای نشان دادن یا انجام یک عملیات ریاضی (به عنوان مثال، >، <، mod، سقف، کف) یا عملیات ریاضی منطقی مثال(و ، یا در منطق ریاضی) The of use of symbols or functions to denote or perform a mathematical (e.g., >, <, mod, ceiling, floor) or logical operation (e.g., AND, OR)

همچنین پژوهش‌هایی دیگر در زمینهٔ حل مسئلهٔ ریاضی مبتنی بر برنامه‌نویسی بلوکی، حاکی از آن است که کار با اسکرچ می‌تواند توانایی‌های دانش‌آموزان را در حل مسئله، طراحی الگوریتم، شناسایی الگوها و تجزیه‌مسائل تقویت کند [۳۴ و ۳۵]. اثربخشی محیط‌های برنامه‌نویسی بصری مانند اسکرچ در توسعهٔ مهارت‌های تفکر محاسباتی میان دانش‌آموزان تأیید شده است. برنامه‌نویسی در این قالب به‌عنوان ابزاری مؤثر برای آموزش مفاهیم حل مسئله، تفکر منطقی و استدلال الگوریتمی معرفی شده است. یافته‌ها نشان می‌دهند که حتی آموزش مقدماتی برنامه‌نویسی می‌تواند مهارت‌های شناختی سطح بالا را در دانش‌آموزان ابتدایی و متوسطه فعال کند [۳۳]. لوپز و همکاران (Lopez et al) نیز در پژوهشی شبه‌تجربی، تأثیر اسکرچ را بر تفکر محاسباتی و عملکرد ریاضی دانش‌آموزان بررسی کردند. نتایج نشان داد که یادگیری از طریق محیط‌های برنامه‌نویسی بلوکی می‌تواند زمینه‌ساز رشد معنادار در هر دو حیطه‌ی مفهومی و عملی شود و همچنین، شرکت دانش‌آموزان در پروژه‌های طراحی‌شده با اسکرچ موجب افزایش معنادار در تفکر الگوریتمی، درک مفاهیم تکرارپذیری و تحلیل مسئله شد. پژوهش آنان نشان داد که دانش‌آموزان درگیر در فعالیت‌های کدنویسی بصری، نه‌تنها توانایی تجزیه‌مسائل را به دست آوردند، بلکه در انتقال این مهارت‌ها به مسائل جدید نیز عملکرد موفقی داشتند [۳۴]. این شواهد نشان می‌دهد که محیط‌هایی نظیر اسکرچ، علاوه بر جذاب‌سازی فرایند یادگیری، بستری اثربخش برای توسعهٔ تفکر محاسباتی، مهارت‌های حل مسئله و ایجاد پیوند میان ریاضیات و فناوری فراهم می‌سازند. یافته‌های پژوهش حاضر نیز با این مطالعات هم‌راستا بوده و بر این نکته تأکید دارد که آموزش مبتنی بر برنامه‌نویسی بلوکی می‌تواند به‌عنوان رویکردی آموزشی مؤثر در ارتقای توانمندی‌های شناختی دانش‌آموزان استفاده شود.

در حوزهٔ داخلی، پژوهش‌های انجام‌شده هرچند محدود، اما نشان‌دهنده اهمیت رویکردهای نوین در ارتقای مهارت‌های ریاضی دانش‌آموزان هستند. افخمی و همکاران با بهره‌گیری از نظریهٔ APOS و رویکرد آگاهی از ساختار، نشان دادند که تعمیم الگوهای شکلی می‌تواند به ارتقای سطوح مختلف سازه‌های ذهنی دانش‌آموزان کمک کند و این فرایند ماهیتی سلسله‌مراتبی دارد که از سطح «عمل» به‌سمت «شیء» و «طرحواره» پیش می‌رود. این یافته‌ها مشابه با ساختار تدریجی رشد مهارت‌های تفکر محاسباتی در برنامه‌نویسی بلوکی است که از درک گام‌به‌گام به‌سمت طراحی سیستم‌های پیچیده حرکت می‌کند [۴۶]. در ادامه، افخمی و همکاران به بررسی طرحواره‌های پیش‌نیاز برای تعمیم الگوهای شکلی دومتغیره پرداختند و نشان دادند که درک فضای سه‌بعدی و توانایی کار هم‌زمان با دو متغیر، از چالش‌های اصلی دانش‌آموزان است. این یافته‌ها می‌تواند با چالش‌های مشابه در یادگیری هندسه در محیط اسکرچ مقایسه شود، جایی که دانش‌آموز باید مفاهیم فضایی و جابه‌جایی‌های دوبعدی و سه‌بعدی را در قالب کدنویسی بلوکی پیاده‌سازی کند [۴۷]. از سوی دیگر، ربی و همکاران در مطالعه‌ای بر بازنمایی‌های شکل‌های هندسی دریافتند که بسیاری از دانش‌آموزان برای حل مسائل هندسی به «درک دریافتی» از شکل‌ها متکی هستند؛ اما این رویکرد همواره به استدلال درست نمی‌شود. آن‌ها تأکید کردند که ترکیب بازنمایی‌های نوآورانه با روش‌های قراردادی می‌تواند به درک عمیق‌تر روابط هندسی منجر شود [۴۸]. این نتیجه، ارتباط مستقیمی با یافته‌های پژوهش حاضر دارد؛ زیرا پروژه‌های برنامه‌نویسی‌شده در اسکرچ نیز ترکیبی از بازنمایی بصری و الگوریتمیک مفاهیم هندسی را ارائه می‌دهند. به‌طورکل در ایران مطالعات کمی به‌تأثیر مستقیم اسکرچ و استفاده از آن در آموزش هندسه پرداخته شده است.

با وجود این شواهد، همچنان شکاف پژوهشی مهمی وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که اغلب پژوهش‌های داخلی به بررسی مستقیم تأثیر برنامه‌نویسی بلوکی بر حل مسئلهٔ هندسی و تفکر محاسباتی نپرداخته‌اند و تمرکز آن‌ها بیشتر بر مفاهیم جبری یا بازنمایی‌های هندسی بوده است. همچنین، مقایسهٔ هم‌زمان یافته‌های کمّی و کیفی و تحلیل تعامل میان آن‌ها در مطالعات پیشین کمتر مورد توجه قرار گرفته است. علاوه بر این، شواهد کافی دربارهٔ پیاده‌سازی عملی این رویکرد در بافت واقعی کلاس‌های ریاضی ایران، به‌ویژه در مقطع متوسطهٔ اول، همچنان محدود و اندک است.

حل مسئله همواره یکی از محورهای اصلی و ضروری در فرایند آموزش ریاضی محسوب شده است؛ به‌گونه‌ای که در دهه‌های اخیر، تحقیقات علمی و پژوهشی مبانی نظری و عملیاتی خود را بیشتر بر ارتقای این مهارت بنیاد نهاده‌اند [۳۷]. در این راستا، پژوهش‌های معاصر بر بهره‌گیری از فناوری‌های نوین برای تقویت و توسعهٔ مهارت‌حل مسئله تأکید کرده و تلاش دارند با بهره‌برداری مؤثر از امکانات فناوری، نقش مؤثری در ارتقای سطح دانش‌آموزان و افزایش کیفیت فرایند آموزش ریاضی ایفا کند. این رویکرد نوین، به‌عنوان گامی مؤثر در جهت هم‌سویی

با تحولات علمی و فناوری، نیازمند تحقیقات عمیق‌تر و روش‌های نوآورانه‌تری است که بتوانند نقش فناوری را در فرایند یادگیری حل مسئله به‌درستی تبیین و بهره‌مندی از آن را گسترده‌تر سازند [۳۸]. بر این اساس، پژوهش حاضر با هدف پرکردن خلأ موجود، به بررسی تأثیر برنامه‌نویسی بلوکی در محیط اسکرچ بر تفکر محاسباتی و مهارت‌حل مسئلهٔ هندسی دانش‌آموزان پایهٔ هفتم می‌پردازد. با وجود مطالعات متعدد در سطوح مختلف تحصیلی که تأثیر مثبت اسکرچ بر یادگیری ریاضیات را تأیید کرده‌اند [۱ و ۷ و ۱۱ و ۱۸ و ۲۴ و ۳۹]، پژوهش‌های محدودی به‌طور هم‌زمان به بررسی تأثیر آن بر تفکر محاسباتی و مهارت‌حل مسئلهٔ هندسی در دانش‌آموزان پایهٔ هفتم پرداخته‌اند [۱ و ۷ و ۱۱ و ۱۸ و ۲۴ و ۳۹]. فرضیهٔ اصلی پژوهش این است که آموزش برنامه‌نویسی بلوکی در محیط اسکرچ، در مقایسه با آموزش سنتی، موجب افزایش معنادار نمرات تفکر محاسباتی و بهبود مهارت‌حل مسئلهٔ هندسی دانش‌آموزان پایهٔ هفتم می‌شود. ازاین‌رو، این مطالعه با هدف پاسخ به دو سؤال اصلی تدوین شد:

- آیا استفاده از اسکرچ منجر به بهبود معنادار تفکر محاسباتی دانش‌آموزان پایه هفتم می‌شود؟
- آیا برنامه‌نویسی بلوکی در اسکرچ می‌تواند مهارت حل مسئله هندسی را در این دانش‌آموزان تقویت کند؟

روش تحقیق

نوع پژوهش و رویکرد کلی این پژوهش از نوع کاربردی است؛ زیرا هدف آن تولید دانش و راهکارهایی قابل استفاده برای بهبود فرایند آموزش ریاضی و تفکر محاسباتی در محیط‌های آموزشی واقعی است. از منظر استراتژی پژوهشی، این تحقیق با بهره‌گیری از رویکرد آمیخته (کمّی-کیفی) طراحی و اجرا شده است. رویکرد آمیخته، ترکیبی از روش‌های کمی و کیفی برای درک عمیق‌تر و چندبعدی از پدیدهٔ مطالعه فراهم می‌کند [۴۰]. دلایل انتخاب رویکرد آمیخته در این پژوهش عبارت‌اند از: نخست، مفهوم کامل‌سازی داده‌های کمی توانایی نشان‌دادن میزان تغییر در عملکرد دانش‌آموزان را دارند؛ در حالی که داده‌های کیفی به بررسی چرایی و چگونگی این تغییرات می‌پردازند [۴۱]؛ دوم، اعتباربخشی؛ استفاده از منابع داده‌ای متنوع، از جمله آزمون‌ها، مصاحبه‌ها و تحلیل پروژه‌ها، می‌تواند روایی و پایایی نتایج را به‌طرز چشمگیری افزایش دهد [۴۲]؛ سوم، توسعهٔ ابزارها؛ یافته‌های کیفی می‌توانند به اصلاح ابزارها و تفسیر دقیق‌تر داده‌های کمی کمک کنند [۴۳].

جامعهٔ آماری این پژوهش شامل دانش‌آموزان پایهٔ هفتم مدارس متوسطهٔ اول در شهر ماهان، استان کرمان بود. توجه به هدف پژوهش که بررسی تأثیر آموزش برنامه‌نویسی بلوکی در محیط اسکرچ بر تفکر محاسباتی و مهارت‌حل مسئلهٔ هندسی دانش‌آموزان پایهٔ هفتم بود، انتخاب نمونه براساس معیارهای مشخص انجام شد. نخست، همهٔ شرکت‌کنندگان باید در سال تحصیلی ۱۴۰۴–۱۴۰۳ در پایهٔ هفتم مشغول به تحصیل بوده و شرایط سنی و تحصیلی یکسانی داشته باشند. دوم، تنها دانش‌آموزانی وارد مطالعه شدند که حداکثر آشنایی مقدماتی و غیرنظام‌مند با محیط اسکرچ داشته باشند تا اثر تجربه‌های پیشین بر نتایج کنترل شود. سوم، شرکت‌کنندگان ملزم به ارائهٔ رضایت‌نامهٔ کتبی از اولیا، موافقت مدرسه و تعهد به حضور منظم در تمامی جلسات آموزشی بودند. این رویکرد انتخاب نمونه، هم‌ترازی شرایط اولیهٔ دانش‌آموزان را تضمین و از ایجاد سوگیری ناشی از پیشینهٔ متفاوت در یادگیری برنامه‌نویسی جلوگیری کرد. از میان این جامعه، ۶۰ دانش‌آموز به‌صورت تصادفی ساده انتخاب و به دو گروه آزمایش و کنترل (هرکدام ۳۰ نفر) تقسیم شدند. گروه آزمایش آموزش مفاهیم اولیهٔ برنامه‌نویسی بلوکی و هندسی را با استفاده از برنامه‌نویسی در اسکرچ دریافت کرد؛ در حالی که گروه کنترل آموزش سنتی را تجربه کرد. در بخش کمی پژوهش، از طراحی شبه‌آزمایشی با پیش‌آزمون و پس‌آزمون و گروه کنترل استفاده شد تا تأثیر آموزش مبتنی بر برنامه‌نویسی بلوکی (در محیط اسکرچ) بر تفکر محاسباتی بررسی شود. استفاده از این طرح به پژوهشگر امکان می‌دهد تا تغییرات پیش و پس از مداخلهٔ آموزشی را با دقت آماری بسنجد.

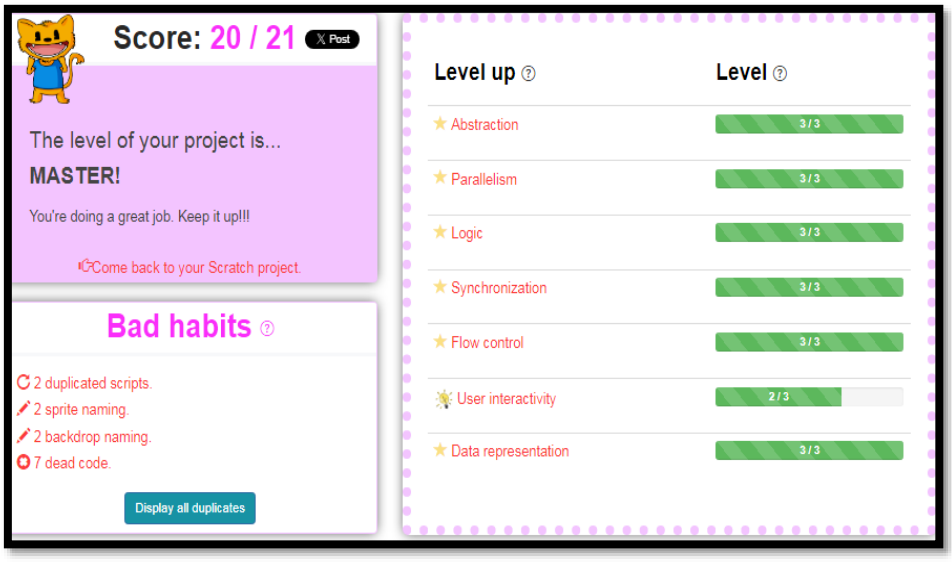
در بخش کیفی، با بهره‌گیری از تحلیل محتوای پروژه‌های برنامه‌نویسی‌شدهٔ دانش‌آموزان و مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، فرایند یادگیری و ادراک مفاهیم هندسی کتاب درسی ریاضی پایهٔ هفتم بررسی شد. برای سنجش تفکر محاسباتی، از آزمون استاندارد تفکر محاسباتی (CT test) استفاده شد که توسط رومانو گونزالس و همکاران [۴۴] طراحی شده و شامل ۲۸ سؤال چهارگزینه‌ای است. این آزمون مؤلفه‌هایی چون تجزیه، الگوسازی، انتزاع و الگوریتم‌سازی را ارزیابی می‌کند و پایایی آن با آلفای کرونباخ ۰/۷۹ گزارش شده است. همچنین داده‌های کمّی با نرم‌افزار SPSS تحلیل شد و برای بررسی تفاوت میانگین‌های پیش‌آزمون و پس‌آزمون در هر گروه، از آزمون t زوجی و برای مقایسه بین گروه‌ها از t مستقل استفاده شد. برای تکمیل داده‌های کیفی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با دانش‌آموزان گروه آزمایش انجام شد. تمرکز سؤالات بر درک مفاهیم هندسی، تجربهٔ برنامه‌نویسی در اسکرچ و تأثیر آن بر یادگیری و حل مسئله بود.

برای تحلیل این داده‌ها که پروژه‌های برنامه‌نویسی‌شدهٔ دانش‌آموزان در محیط اسکرچ بود، از ابزار دکتر اسکرچ (Dr. Scratch) شکل ۱ استفاده شد. این ابزار به‌صورت خودکار مؤلفه‌هایی چون تفکر منطقی، انتزاع، هم‌زمانی، تعامل با کاربر و ساختار کنترلی را تحلیل می‌کند و نمره‌ای برای میزان تفکر محاسباتی ارائه می‌دهد؛ بنابراین پژوهش به‌منظور تحلیل کیفی پروژه‌های کدنویسی دانش‌آموزان و ارزیابی سطح مهارت تفکر محاسباتی آنان، از این ابزار استفاده شد. این نرم‌افزار پلتفرم تحلیل خودکار مبتنی بر وب است که توسط تیم تحقیقاتی دانشگاه ری خوان کارلوس (Rey Juan Carlos) اسپانیا توسعه یافته است و قابلیت آن را دارد که پروژه‌های ایجادشده در محیط اسکرچ را از منظر مؤلفه‌های کلیدی تفکر محاسباتی ارزیابی و سطح‌بندی کند [۴۵]. این ابزار با استفاده از چارچوبی مفهومی مبتنی بر ابعاد هفت‌گانهٔ تفکر محاسباتی

که برنان و رسنیک [۷] معرفی کرده‌اند، عملکرد پروژه‌های دانش‌آموزی را در ابعاد مختلف، نظیر استفاده از بلوک‌های کنترلی، منطق شرطی، تکرار، هم‌زمانی، تفکیک وظایف، تعامل با کاربر و مدیریت داده‌ها، سنجش می‌کند. خروجی این سیستم به‌صورت یک نمرهٔ سطح‌بندی (از ۱ تا ۳) برای هر بُعد و نیز یک جمع امتیازی کلی ارائه می‌شود که می‌تواند مبنایی برای تحلیل سطح مهارت‌های تفکر محاسباتی در فراگیران باشد. دکتر اسکرچ نه‌تنها توانایی ارائهٔ ارزیابی توصیفی از پروژه‌های اسکرچ را دارد، بلکه با بازخوردی دقیق، نقاط قوت و ضعف هر پروژه را مشخص می‌کند. یکی از نقاط قوت کلیدی این ابزار، پایداری روش ارزیابی و عینیت در تحلیل کدهای تولیدشده است که آن را برای پژوهش‌های آموزشی در حوزه علوم رایانه و آموزش ریاضی بسیار ارزشمند می‌سازد. در این پژوهش، پس از اجرای مداخلهٔ آموزشی و تکمیل پروژه‌های کدنویسی توسط دانش‌آموزان، فایل‌های پروژهٔ آنان در محیط دکتر اسکرچ بارگذاری و تحلیل شدند. براساس این تحلیل، پروژه‌ها در چهار بُعد کلیدی شامل انتزاع (Abstraction)، تفکر الگوریتمی (Algorithmic Thinking)، بازنمایی چندوجهی (Multi-modal Representation) و تکرارپذیری (Reproducibility) بررسی شدند. داده‌های حاصل از این تحلیل کیفی، مبنای استخراج الگوهای عملکرد دانش‌آموزان در استفاده از مفاهیم تفکر محاسباتی در بستر هندسه و حل مسئله قرار گرفت. به‌طورکلی، ابزارهایی مانند دکتر اسکرچ با ارائهٔ تحلیل‌های دقیق و ساختاریافته، به معلمان و پژوهشگران امکان می‌دهند تا به‌طور مؤثرتری مهارت‌های تفکر محاسباتی دانش‌آموزان را ارزیابی و تقویت کنند [۴۴].

فرایند مداخله طی ۸ هفته و هر هفته یک جلسهٔ ۷۵دقیقه‌ای برگزار شد. در این پژوهش، پس از آموزش مفاهیم مرتبط با نرم‌افزار اسکرچ، هدف ما بررسی نحوهٔ یادگیری دانش‌آموزان در کتاب ریاضی پایهٔ هفتم، به‌ویژه در فصل چهارم با عنوان «هندسه و استدلال» بود. در این فصل، دانش‌آموزان با مفاهیمی همچون روابط بین پاره‌خط‌ها، روابط بین زاویه‌ها، تبدیلات هندسی و اشکال منتظم و هم‌بهشت آشنا می‌شوند. زمان اجرای آموزش مربوط به سال تحصیلی ۱۴۰۴- ۱۴۰۳ بود و این آموزش به‌صورت حضوری برگزار شد. در ابتدا، پیش‌آزمون تفکر محاسباتی از دانش‌آموزان گرفته شد و در جلسات بعدی، آموزش‌های لازم به آن‌ها ارائه شد. در این کلاس‌ها، دانش‌آموزان در گروه‌های پنج‌نفره که دسترسی به لب‌تاپ داشتند، به برنامه‌نویسی بلوکی پرداختند. نویسندهٔ اول نیز با استفاده از ویدئو پروژکتور، آموزش‌های لازم را به آنان ارائه داد تا آن‌ها بتوانند به‌راحتی مشاهده و یاد بگیرند. در طول این جلسات، فعالیت‌های دانش‌آموزان توسط دوربین ضبط می‌شد و دانش‌آموزان نیز مصنوعات ساخته‌شدهٔ خود را ذخیره می‌کردند تا بعداً تحلیل شود. پس از آموختن مبانی برنامه‌نویسی با نرم‌افزار اسکرچ، یکی از فصل‌های کتاب پایهٔ هفتم با عنوان «هندسه و استدلال» را با استفاده از این نرم‌افزار به آن‌ها آموزش دادم. دانش‌آموزان نیز پروژه‌های مرتبط با این فصل را در اسکرچ انجام دادند. در نهایت، پس از اتمام دوره، پس‌آزمون تفکر محاسباتی به‌صورت حضوری و به‌طور هم‌زمان برای هر دو گروه گواه و آزمایش برگزار شد. عنوان و محتوای آموزش‌های ارائه‌شده در جلسات، در جدول ۲ آورده شده است.

با استفاده از نرم‌افزار اسکرچ، دانش‌آموزان قادر بودند مسائل هندسی مرتبط با این فصل را کدنویسی کنند و به حل مسائل پیچیده‌تری بپردازند. این رویکرد به‌طور چشمگیری به تسهیل درک مطالب آموزشی و تقویت مهارت‌های حل مسئلهٔ هندسی کمک کرد. در مقابل، گروه کنترل آموزش را به‌صورت سنتی و بدون استفاده از برنامه‌نویسی دریافت کردند. مقایسهٔ نتایج بین دو گروه قادر بود دربارهٔ تأثیر یادگیری مبتنی بر برنامه‌نویسی بر درک مفاهیم هندسی دید بهتری ارائه دهد. این پژوهش همچنین می‌تواند به تبیین اهمیت ادغام فناوری در فرایندهای آموزشی و بهبود یادگیری ریاضی دانش‌آموزان کمک کند.



شکل ۱: تحلیل پروژه با برنامه دکتر اسکرچ

Fig. 1: Project Analysis Using Dr. Scratch Program

جدول ۲: محتوای آموزشی تدریس شده
Table 2: Educational content taught

جلسه (Session)	محتوای آموزشی (Educational content)
1	آموزش نصب اسکرچ بر روی گوشی یا رایانه همراه با معرفی کلی این نرم افزار و کابردهای آن Training on how to install Scratch on a phone or computer, along with an overview of the software and its applications.
2	آموزش بخش‌های مختلف اسکرچ همراه با چند پروژه مقدماتی Instruction on the various sections of Scratch, including several introductory projects
3	آموزش بخش «قلم» در اسکرچ برای رسم اشکال هندسی Teaching the "Pen" section in Scratch for drawing geometric shapes
4	حل پروژه ترسیم اشکال هندسی منتظم در اسکرچ برای دانش‌آموزان Solving a project on drawing regular geometric shapes in Scratch for students.
5	آموزش فصل چهارم ریاضی پایه هفتم در اسکرچ، بخش اول: مفاهیم خط، پاره‌خط، نیم خط و ... Teaching the fourth chapter of seventh-grade mathematics in Scratch, Part One: Concepts of line, line segment, ray, etc.
6	آموزش فصل چهارم ریاضی پایه هفتم در اسکرچ، بخش دوم: مفاهیم انتقال، دوران، تقارن، همنهشتی و ... Teaching the fourth chapter of seventh-grade mathematics in Scratch, Part Two: Concepts of translation, rotation, symmetry, congruence, etc.
7	ارائه پروژه و همفکری دانش‌آموزان برای برنامه‌نویسی آن در اسکرچ Presenting a project and collaboratively brainstorming with students for programming it in Scratch.
8	حل پروژه در کلاس درس و بازبینی پروژه‌ها و مرور Solving the project in class, reviewing projects, and conducting a recap.

نتایج و بحث

به‌منظور بررسی پیش‌فرض نرمال‌بودن توزیع داده‌ها و فراهم‌سازی امکان استفاده از آزمون‌های پارامتریک، آزمون کولموگروف–اسمیرنوف به‌صورت جداگانه روی نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون مهارت تفکر محاسباتی در هر دو گروه آزمایش و گواه اجرا شد. نتایج این آزمون همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌کنید، نشان داد که مقادیر آمارهٔ آزمون (D) به‌ترتیب برای پیش‌آزمون و پس‌آزمون برابر با ۰/۱۱۸ و ۰/۱۳۹ به‌دست آمد. سطح معناداری محاسبه‌شده برای هر دو آزمون بیشتر از ۰/۰۵ بود (Sig >۰/۰۵) که این یافته بیانگر عدم ردفرض نرمال‌بودن توزیع داده‌ها در سطح اطمینان ٪۹۵ است. بر این اساس، توزیع نمرات در هر دو مرحلهٔ آزمون، نرمال تلقی شده و استفاده از آزمون‌های آماری پارامتریک نظیر آزمون t زوجی و t مستقل در ادامهٔ تحلیل‌ها، از نظر آماری موجه و معتبر بود.

جدول۳: آزمون کولموگروف-اسمیرنوف
Table 3: Kolmogorov-Smirnov

متغیر Variables	آماره آزمون D-statistic	سطح معناداری Sig
نمره کل پیش‌آزمون (Pretest total score)	0.118	0.200
نمره کل پس‌آزمون (Posttest total score)	0.139	0.142

همچنین برای بررسی تأثیر آموزش برنامه‌نویسی بلوکی با استفاده از نرم‌افزار اسکرچ بر رشد مهارت‌های تفکر محاسباتی، ابتدا آزمون t زوجی برای مقایسهٔ نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون به‌صورت جداگانه در دو گروه آزمایش و گواه اجرا شد. در گروه آزمایش، میانگین نمرات از ۱۰/۷۳ با انحراف معیار (s) ۴/۷۲۷ در پیش‌آزمون به ۱۴/۵۷ با انحراف معیار ۴/۷۳۹ در پس‌آزمون افزایش یافت. نتایج آزمون t زوجی این تغییر را از نظر آماری معنادار نشان داد (p <۰/۰۰۱) که بر تأثیر قابل‌توجه مداخلهٔ آموزشی مبتنی بر اسکرچ بر بهبود مهارت‌های تفکر محاسباتی دلالت دارد. در مقابل، در گروه گواه، میانگین نمرات از ۱۰/۶۰ (انحراف معیار = ۴/۸۰) در پیش‌آزمون به ۱۰/۹۰ (انحراف معیار = ۴/۷۰) در پس‌آزمون تغییر یافت؛ اما آزمون t زوجی این تفاوت را معنادار تشخیص نداد (p =۰/۴۰۵). این عدم تغییر معنادار نشان می‌دهد که آموزش سنتی مورد استفاده در این گروه تأثیر چشمگیری بر ارتقای مهارت تفکر محاسباتی نداشته است. نرمال‌شده نیز برای دو گروه محاسبه شد: در گروه آزمایش مقدار (M =۰/۴۹) نشان‌دهنده تأثیر چشمگیر مداخله بود، در حالی‌که این مقدار در گروه گواه برابر با (M =۰/۱۹) محاسبه شد که نمایانگر بازدهی ضعیف و بی‌اثر در نتیجه روش تدریس سنتی است. به‌منظور ارائهٔ تصویری روشن از وضعیت یادگیری دانش‌آموزان در آزمون تفکر محاسباتی و میزان بازده نرمال‌شده در هر دو گروه آزمایش و گواه، آمار توصیفی نمرات پیش‌آزمون، پس‌آزمون و بازده نرمال‌شده در جدول ۴ گردآوری شده است.

از منظر اندازهٔ اثر (Cohen’s d)، مقدار محاسبه‌شده برای گروه آزمایش برابر با ۰/۸۱ بود که در دامنهٔ اثر بزرگ قرار می‌گیرد. این یافته نشان می‌دهد که مداخلهٔ آموزشی مورد استفاده نه‌تنها از نظر آماری معنادار، بلکه از نظر عملی نیز اثری قابل‌توجه داشته است. در تحلیل مکمل، بازده همچنین با وجود انحراف معیارهای نسبتاً زیاد در هر دو گروه که بیانگر تنوع فردی پاسخ‌دهی شرکت‌کنندگان است، میانگین نمرات و بازده در گروه آزمایش به‌طور واضحی بیشتر از گروه خواهد بود. این یافته‌ها با نتایج آزمون‌های پارامتریک نیز هم‌خوانی داشته و شواهد آماری معتبری برای اثربخشی برنامه‌نویسی بلوکی بر رشد مهارت‌های شناختی سطح بالا، از جمله تفکر محاسباتی فراهم می‌آورد. بنابراین می‌توان ادعا کرد که مداخلهٔ آموزشی مبتنی بر برنامه‌نویسی بلوکی با نرم‌افزار اسکرچ با بهبود معنادار و اندازهٔ اثر قوی در تفکر محاسباتی همراه بود؛ در حالی که گروه گواه تغییری نشان نداد.

جدول ۴: آمار توصیفی نمرات پیش- پس آزمون تفکر محاسباتی
Table 4: Descriptive statistics of pre- and post-test scores for computational thinking

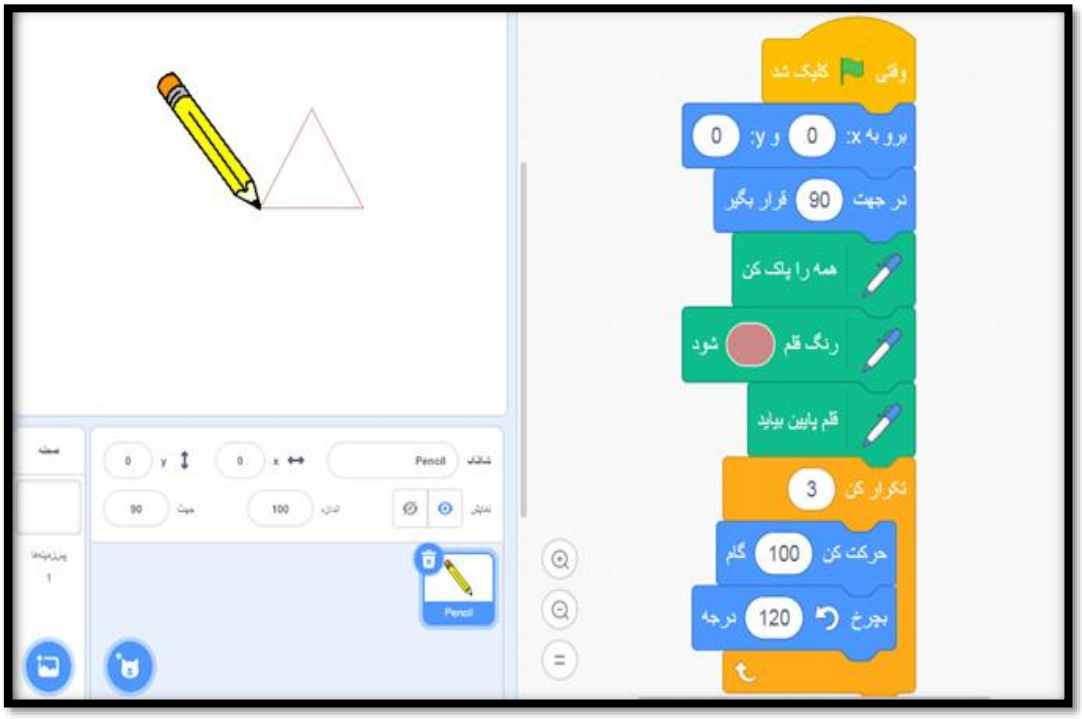
گروه Group	متغیر Variables	پیش‌آزمون (Pretest total score) M (±S)	پس‌آزمون (Posttest total score) M (±S)	بازده نرمال‌شده (Normalized) M (±S) (Gain
گواه	نمره تفکر محاسباتی CT Score	10.60 (± 4.80)	10.90 (± 4.70)	0.19 (± 0.50)
آزمایش	نمره تفکر محاسباتی CT Score	10.73 (± 4.73)	14.57 (± 4.74)	0.49 (± 0.28)

نتایج این بخش از پژوهش با نتایج پژوهش رفیع‌پور و رامهر [۳۹] و ان‌جی و همکاران [۱] مبنی بر تأثیر برنامه‌نویسی بلوکی و به‌طور خاص در محیط برنامهٔ اسکرچ بر تفکر محاسباتی دانش‌آموزان پایهٔ هفتم مطابقت دارد. همچنین برنامه‌نویسی بلوکی بر مهارت حل مسئلهٔ ریاضی این دانش‌آموزان نیز مؤثر است و در این پژوهش مشخص شد که تفکر محاسباتی پلی بین برنامه‌نویسی و ریاضیات است که باعث ارتباط هرچه بهتر این دو رشته است.

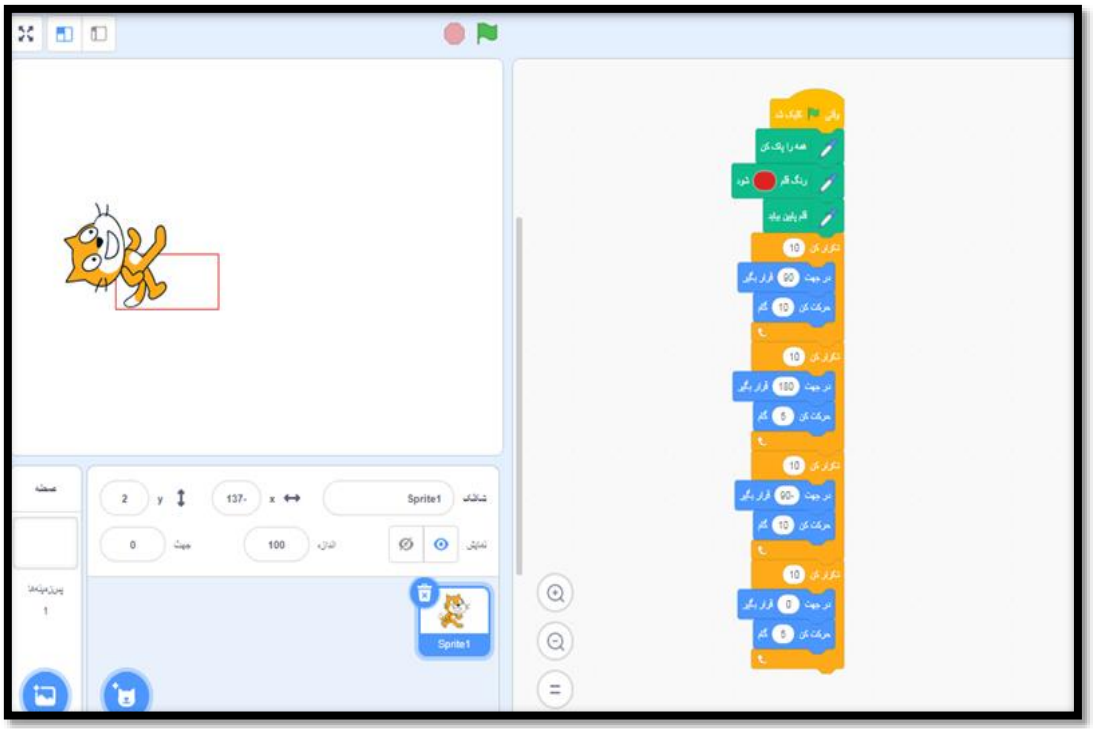
در بخش کیفی پژوهش، به‌منظور درک بهتر از چگونگی برنامه‌ریزی بلوکی بر مهارت‌حل این موضوع هندسی و تفکر محاسباتی دانش‌آموزان پایهٔ هفتم، از منابع مختلف جمع‌آوری و تحلیل داده شده است. این داده‌ها شامل پروژه‌های برنامه‌نویسی دانش‌آموزان در محیط اسکرچ، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته با شرکت‌کنندگان و تحلیل ویدئوها و تصاویر ثبت‌شده از فعالیت‌های کلاسی بود. برای تحلیل‌ها از روش تحلیل کیفی استفاده شد و این تنوع داده‌ها زمینه‌ساز فرایند سه‌سوسازی داده‌ها (مثلث‌سازی) شد که در افزایش روایی و پایایی تحلیل‌ها نقش بسزایی داشت. همچنین، داده‌ها از طریق تحلیل محتوای کیفی و براساس رویکرد نظریه داده بنیاد (Ground Theory) کدگذاری شدند. فرایند کدگذاری در سه مرحله صورت گرفت: در کدگذاری باز، واحدهای معنایی مرتبط با نحوهٔ درک و به‌کارگیری مفاهیم هندسی و مؤلفه‌های تفکر محاسباتی در پروژه‌های اسکرچ دانش‌آموزان استخراج شد. سپس، در کدگذاری‌محوری، این کدها در قالب مقوله‌های میانی سازمان‌دهی شد تا روابط مفهومی میان آن‌ها روشن‌تر شود. در مرحلهٔ کدگذاری انتخابی، مقوله‌های اصلی که ارتباط مستقیم با اهداف پژوهش داشتند، شناسایی و چارچوب مفهومی نهایی شکل گرفت .برای اطمینان از پایایی کدگذاری، ۲۵درصد از کل داده‌های کیفی توسط یک کدگذار دوم که در حوزهٔ آموزش ریاضی و روش تحقیق کیفی تخصص داشت، به‌طور مستقل کدگذاری شد. میزان توافق بین‌کدگذاران با استفاده از ضریب کاپای کوهن برابر با ۰/۸۲ به دست آمد که بیانگر پایایی زیاد و قابل‌قبول است. انتخاب شرکت‌کنند

گان برای مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته به‌روش نمونه‌گیری هدفمند انجام شد؛ به‌گونه‌ای که دانش‌آموزانی با سطوح عملکرد متفاوت در پروژه‌های اسکرچ (ضعیف، متوسط و قوی) گزینش شدند تا تنوع دیدگاه‌ها و تجارب پوشش داده شود. در مجموع، ۱۲ دانش‌آموز از گروه آزمایش در مصاحبه‌ها شرکت کردند. تعیین این تعداد به‌دلیل دستیابی به «اشباع مقوله‌ها» در فرایند تحلیل داده‌ها صورت گرفت؛ به این معنا که پس از مصاحبه با دوازدهمین دانش‌آموز، کدها و مقوله‌های جدیدی ایجاد نشد و داده‌های گردآوری‌شده کفایت لازم برای تبیین پدیدهٔ مورد مطالعه را داشتند. با وجود این، باید توجه کرد که حجم نمونه در بخش کمی (۳۰ نفر در هر گروه) و محدودبودن شرکت‌کنندگان بخش کیفی به دانش‌آموزان پسر یک مدرسه، دامنهٔ تعمیم‌پذیری یافته‌ها را محدود می‌کند. این محدودیت، به‌ویژه در ارتباط با تفاوت‌های احتمالی ناشی از جنسیت، زمینهٔ فرهنگی مدرسه و سبک تدریس معلمان، باید در تحلیل و تفسیر نتایج مدنظر قرار گیرد.

در طی اجرای پژوهش به‌منظور تحلیل برنامه‌نویسی دانش‌آموزان، گروه آزمایش با استفاده از محیط اسکرچ به تولید پروژه‌هایی پرداختند که به‌مفهوم فصل «هندسه و استدلال» در کتاب ریاضی پایهٔ هفتم مرتبط بود. این پروژه‌ها در ابتدا به‌صورت مقدماتی و پس از آشنایی دانش‌آموزان با قسمت‌های مختلف زبان برنامه‌نویسی اسکرچ، پروژه‌ای ابتدایی برای آن‌ها طراحی شد تا به تقویت مهارت‌های حل مسئلهٔ هندسی و همچنین مهارت‌های برنامه‌نویسی بلوکی‌شان بپردازند. به گروه‌های مختلف، مسائلی مربوط به رسم چندضلعی‌ها، نظیر مثلث، مربع و مستطیل که در شکل‌های ۲ و ۳ مشاهده می‌کنید، ارائه شد. این فعالیت به دانش‌آموزان این امکان را داد تا با مفاهیم اساسی مرتبط با زاویه‌ها، اضلاع و اشکال منظم آشنا شوند. این پروژه نه‌تنها به تقویت درک مفاهیم هندسی کمک کرد، بلکه به دانش‌آموزان امکان داد تا تجربه‌ای عملی از برنامه‌نویسی و حل مسائل در زمینهٔ ریاضی را به دست آورند. از آنجایی که کار با اسکرچ به‌صورت بصری و تعاملی بود، دانش‌آموزان توانستند با انگیزهٔ بیشتر و به‌شیوه‌ای خلاقانه به یادگیری بپردازند. این تجربه به آن‌ها کمک کرد علاوه بر درک عمیق‌تری از ساختارهای هندسی، مهارت‌های بنیادین تفکر محاسباتی، از جمله انتزاع، بازنمایی، الگوریتم‌سازی و تکرارپذیری را نیز تمرین کنند. افزون بر این، تحلیل پروژه‌های تولیدی با استفاده از ابزار دکتر اسکرچ نیز نشان داد که سطوح بالایی از بلوغ مفاهیم محاسباتی در تولیدات دانش‌آموزان قابل شناسایی است. نتایج حاصل از این تحلیل، به‌همراه بازخوردهای دانش‌آموزان و مشاهدات کلاسی، به شکل‌گیری تصویری چندلایه از اثربخشی آموزش برنامه‌نویسی بلوکی در ارتقای توانمندی‌های شناختی و مهارتی آنان کمک کرد.



شکل۲: ترسیم مثلث در برنامه نویسی اسکرچ
Fig. 2: Drawing a triangle in Scratch programming



شکل۳: ترسیم مستطیل در برنامه نویسی اسکرچ
Fig. 3: Drawing a rectangle in Scratch programming

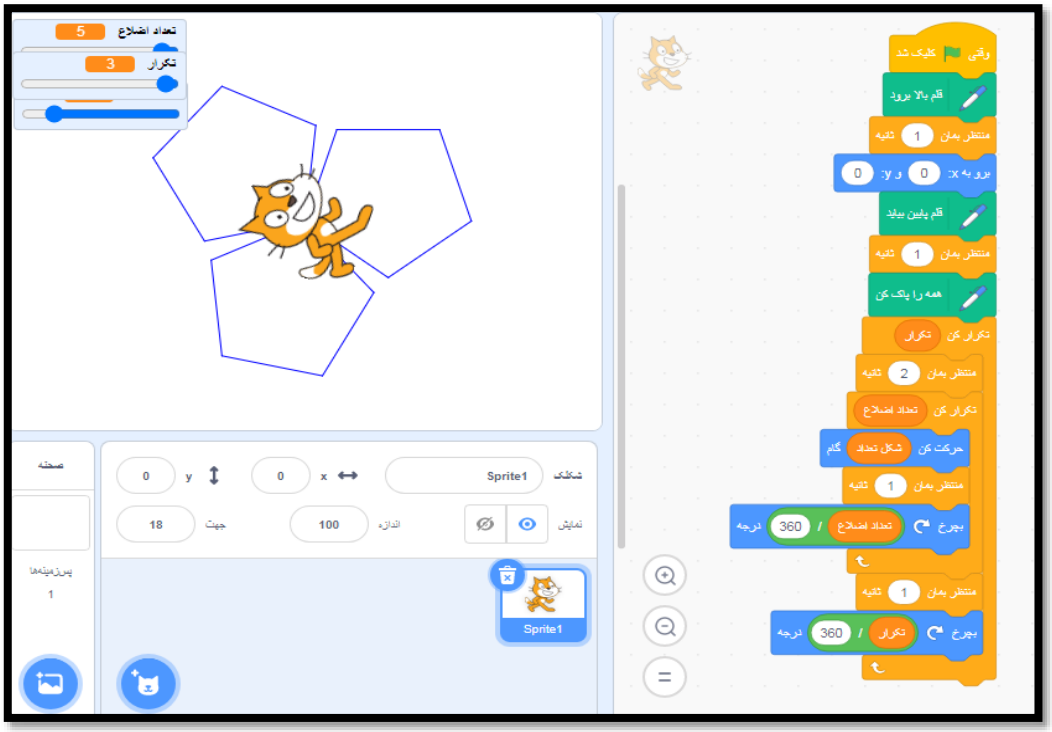
پس از فراگیری دورهٔ مقدماتی برنامه‌نویسی بلوکی، پروژه‌های جدی‌تر شامل طراحی اشکال متقارن، شبیه‌سازی دوران حول نقطه و نمایش الگوهای هندسی (شکل ۴) با استفاده از دستورات کدنویسی بودند. تحلیل پروژه‌های تولیدشده توسط دانش‌آموزان در پایان دورهٔ آموزش برنامه‌نویسی بلوکی، با بهره‌گیری از ابزار تحلیلی دکتر اسکرچ، نشان از رشد معنادار و چشمگیر این پروژه‌ها در ابعاد مختلف تفکر محاسباتی داشت. از مهم‌ترین مؤلفه‌های مشاهده‌شده می‌توان به افزایش کاربرد بلوک‌های منطقی و ساختارهای کنترلی، از قبیل شرط و تکرار و همچنین ارتقای توانایی در بهره‌گیری از مفاهیم هندسی در طراحی برنامه‌ها اشاره کرد. علاوه بر این، تلفیق تعامل کاربر با منطق برنامه‌نویسی نشان داد که دانش‌آموزان درک بهتری در ساختارهای برنامه‌نویسی یافته‌اند و توانسته‌اند مفهوم‌های پیچیده‌تر را به‌شیوه‌ای خلاقانه و دیداری تجسم دهند. در تحلیل محتوای کدهای اسکرچ، نشان داده شد که بلوک‌های کنترلی و منطقی به‌شکلی فزاینده در حل مسائل باز و مسائل هندسی به کار گرفته شده‌اند؛ چنان‌که دانش‌آموزان مفاهیم پیچیده‌ای مانند تقارن، انتقال و دوران را به‌صورت چندوجهی و چندرسانه‌ای بازنمایی کرده‌اند. الگوریتم‌های طراحی‌شده غالباً ساختاری تکرارشونده و تعمیم‌پذیر به سایر موقعیت‌های مسئله‌محور داشتند و مفاهیم انتزاعی ریاضی مانند اشکال هندسی، زوایا و دوران، به‌صورت ملموس و دیداری در قالب اشیای گرافیکی و انیمیشن‌های ساده در محیط اسکرچ بازتولید شده بودند. این پروژه‌ها نشان از ارتقای سطح تفکر محاسباتی در ابعاد کلیدی مانند انتزاع که با ساده‌سازی مفاهیم هندسی پیچیده در قالب دستورها و منطق‌های برنامه‌نویسی امکان‌پذیر بود و تفکر الگوریتمی، با تدوین راهکارهای گام‌به‌گام برای حل مسائل داشت. همچنین، مفهوم بازنمایی چندوجهی با هم‌زمانی بهره‌گیری هم‌زمان از گرافیک، صدا و انیمیشن و قابلیت تکرارپذیری پروژه‌ها برای اصلاح و بهبود مداوم، از دیگر شاخصه‌های رشد محسوب می‌شدند.

به‌منظور تکمیل داده‌های کیفی در بخش تحلیل مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته، سه مضمون اصلی در تجربه‌های زیستهٔ دانش‌آموزان از یادگیری در محیط برنامه‌نویسی اسکرچ آشکار شد. بسیاری از آن‌ها اظهار کردند که مفاهیم هندسی در این محیط دیگر آن حالت خشک و انتزاعی سابق را ندارند؛ بلکه به‌صورت کاربردی و دیداری درآمدند؛ همچنین، اعتمادبه‌نفس آنان در حل مسائل باز افزایش یافته و فرصت‌هایی برای طراحی و اجرای راه‌حل‌های خلاقانه یافته‌اند. در پایان، درک ارتباط میان ریاضیات، فناوری و زندگی واقعی، به‌عنوان یکی دیگر از پیامدهای مشارکت در این پروژه‌ها، بروز یافته است. این نتایج نه‌تنها انعکاس‌دهندهٔ تأثیر مثبت یادگیری مبتنی بر پروژه در فهم مفهوم‌های انتزاعی است، بلکه نقش مهم و سازندهٔ محیط‌های کدنویسی بصری را در رشد شناختی، ذهنی و نگرشی دانش‌آموزان به‌خوبی نشان می‌دهد.

تحلیل هم‌فیلم‌ها و تصاویر ثبت‌شده از جلسات آموزش با اسکرچ نشان داد که رفتارهای یادگیرانه‌ای مانند گروهی، استدلال شفاهی دربارهٔ مفاهیم ریاضی، آزمون‌ها و عوامل فعال با محیط برنامه‌نویسی به نمایش در مشاهده می‌شود. همچنین علاقه‌مندی دانش‌آموزان به ادامهٔ فعالیت‌ها در خانه و تلاش برای بهبود پروژه‌های خود، نشان‌دهندهٔ انگیزش درونی از این نوع بود.

یک کار هندسه مبتنی بر برنامه‌نویسی در کتاب ریاضی پایه هفتم فصل «هندسه و استدلال»

در این بخش، به دانش‌آموزان فرصتی داده شد تا مهارت‌های مربوط به عملکرد «قلم» در زبان برنامه‌نویسی اسکرچ را فرابگیرند و فرایند ترسیم اشکال هندسی روی صفحه را تسهیل شود. در ابتدا، از دانش‌آموزان خواسته شد با پرسش‌هایی دربارهٔ خط، پاره‌خط، تقارن، انتقال، دوران این مفاهیم را در ذهن خود پرورش دهند تا ارتباط با دانش قبلی خود را برقرار کنند و به این فکر کنند که آیا شکلی خاص دارای تقارن است یا خیر. پس از آماده‌سازی این زمینه‌ها، پروژه‌ای در اسکرچ به دانش‌آموزان نشان داده شد که روند ترسیم یک شکل متقارن چرخشی را به تصویر می‌کشید و از آن‌ها خواسته شد برنامه‌ای طراحی کنند که به همان نتیجه منجر شود. این پروژه مبتنی بر هندسهٔ کتاب درسی ریاضی پایهٔ هفتم، کمک کرد دانش‌آموزان مفهوم تقارن و دوران اشکال منظم را در فرایند ترسیم به درک بهتری برسانند. با چرخاندن شکل ترسیم‌شده به‌صورت پیوسته و در زوایای مختلف تا ۳۶۰ درجه، به آن‌ها این امکان داده شد که بر ویژگی‌های مربوط به شکل‌های متقارن چرخشی تمرکز کنند. هنگام ترسیم، آشنایی با نحوهٔ حرکت قلم و نحوهٔ دادن دستور به آن (از جنبه‌های کلیدی تفکر محاسباتی) مورد توجه قرار گرفت. برای تجزیه‌وتحلیل کار دانش‌آموزان، یکی از نمونه‌های کار ارائه‌شده (شکل ۳) شامل کدهای مربوط به رویدادها، توابع قلم، حرکات و کنترل متغیرها بود. دانش‌آموز از بلوک رویداد «هنگامی که پرچم کلیک می‌شود» برای اجرای دستورات حین کلیک‌کردن روی پرچم در اسکرچ استفاده کرد. سپس، از مجموعه‌ای از توابع ترسیم استاندارد شامل «قلم بالا»، «پاک‌کردن همه» و «قلم پایین» به‌همراه بلوک حرکتی «برو به x:۰ و y:۰» برای مقداردهی اولیهٔ قلم استفاده کرد. این کار به دانش‌آموز این امکان را داد که قلم را در موقعیت آماده قرار دهد و فضای کاری را از آثار نقاشی پاک کند . برای ترسیم شکل مطلوب، دانش‌آموز فرایند را با استفاده از سه متغیر تجسم کرد که آن‌ها را «تکرار» (تعداد تکرارها)، «طول هر ضلع» و «شمارهٔ سمت» (تعداد اضلاع) نام‌گذاری کرد (شکل ۴). این رویکرد به دانش‌آموز این امکان را می‌دهد که متغیرها را تغییر دهد و اشکالی با تعداد اضلاع و اندازه‌های متفاوت ایجاد کند و همچنین شکل را به تعداد دل‌خواه بچرخاند.



شکل۴: یک شکل چرخشی متقارن در اسکرچ
Fig. 4: A Scratch produced rotational symmetric

در تحلیل یافته‌ها، رویکردی به‌کار گرفته شد تا تعامل میان نتایج داده‌های کمّی و کیفی آشکار شود. داده‌های کمی نشان داد که آموزش برنامه‌نویسی بلوکی در محیط اسکرچ موجب بهبود معنادار نمرات تفکر محاسباتی و مهارت‌حل مسئلهٔ هندسی در گروه آزمایش شد. تحلیل کیفی پروژه‌های برنامه‌نویسی، مصاحبه‌های نیمه‌ساختاریافته و مشاهدات کلاسی نیز نشان داد که این بهبود، به‌ویژه در توانایی بازنمایی بصری مفاهیم هندسی، مانند تقارن و دوران، توسعهٔ الگوریتم‌های تعمیم‌ناپذیر و انتقال راه‌حل‌ها بین موقعیت‌های مختلف مشاهده است. این یافته‌ها به‌طور مستقیم مؤید نتایج کمّی بوده و تبیینی عمیق‌تر برای چگونگی تحقق این بهبود فراهم ساخت. به‌بیان دیگر، داده‌های کیفی آشکار ساختند که رشد مشاهده‌شده در آزمون‌های کمّی، ناشی از ارتقای مهارت‌های تجزیه‌وتحلیل، ایجاد بازنمایی چندوجهی و استفادهٔ انعطاف‌پذیر از مفاهیم هندسی در محیط برنامه‌نویسی بوده است.

بنابراین تفکر محاسباتی یکی از ابزارهای کلیدی برای درک بهتر مفاهیم ریاضی و حل مسائل پیچیده است. این رویکرد شامل تحلیل مسائل، تشخیص الگوها، طراحی الگوریتم‌ها و ارزیابی نتایج می‌شود که همگی مهارت‌هایی حیاتی برای موفقیت در ریاضیات هستند. در آموزش ریاضی، تفکر محاسباتی امکان درک عمیق‌تری از ساختارهای عددی و الگوهای منطقی را فراهم می‌کند و دانش‌آموزان را به‌سوی روش‌های سیستماتیک در حل مسائل هدایت می‌کند. از جمله مهم‌ترین تأثیرات این رویکرد، می‌توان به تقویت توانایی دانش‌آموزان در حل مسائل چندمرحله‌ای اشاره کرد. هنگامی که دانش‌آموزان می‌آموزند چگونه مسئله‌ای پیچیده را به بخش‌های کوچک‌تر تجزیه کنند، توانایی تحلیل دقیق‌تر و ارائهٔ راه‌حل‌های مؤثرتر را به دست می‌آورند. این مهارت نه‌تنها در یادگیری ریاضیات، بلکه در مواجهه با چالش‌های واقعی زندگی نیز به کار می‌آید. علاوه بر این، ارتباط میان ریاضیات و علوم کامپیوتر از طریق تفکر محاسباتی تقویت می‌شود. دانش‌آموزان یاد می‌گیرند که چگونه از مفاهیم ریاضی در فرایندهای محاسباتی و الگوریتمی بهره ببرند و درک خود را از نحوهٔ تعامل این دو حوزهٔ علمی گسترش دهند. این امر به‌ویژه در دنیای امروز که فناوری و علوم دیجیتال نقشی اساسی در آموزش و یادگیری دارند، از اهمیت بسیاری برخوردار است. مطالعات متعدد نشان داده‌اند که فعالیت‌های مبتنی بر تفکر محاسباتی، از جمله رمزگذاری و ارسال داده‌ها، به یادگیری مهارت‌های ریاضی، همچون تشخیص الگوهای هندسی و اجرای عملیات ریاضی در محیطی عملی و تعاملی کمک می‌کنند [۳۶]. بنابراین، آموزش تفکر محاسباتی نه‌تنها رویکردی نوین در یادگیری ریاضی ارائه می‌دهد، بلکه به دانش‌آموزان کمک می‌کند به‌شیوه‌ای منطقی و سازمان‌یافته به تحلیل و حل مسائل بپردازند. بنابراین تفکر محاسباتی نه‌تنها در علوم کامپیوتر، بلکه در آموزش ریاضیات نیز نقشی اساسی دارد.

نتیجه‌گیری

شرکت در پروژه‌های برنامه‌نویسی نه‌تنها موجب افزایش تسلط بر علوم کامپیوتر می‌شود، بلکه مهارت‌های حل مسئله را در سایر رشته‌های علمی تقویت می‌کند. همچنین، ادغام علوم کامپیوتر با ریاضیات فرصتی را فراهم می‌آورد که در صورت مطالعهٔ مستقل هریک از این حوزه‌ها، دستیابی به آن ممکن نخواهد بود. با وجود این، برخی تحقیقات نشان

می‌دهند که این ادغام می‌تواند چالش‌هایی را نیز به همراه داشته باشد [۲۴]. در برخی موارد، پیچیدگی‌های ذاتی تفکر محاسباتی و ریاضی ممکن است هماهنگی کامل این دو حوزه را دشوار سازد. به همین دلیل، طراحی چارچوب‌های آموزشی یکپارچه برای ترکیب این مفاهیم و بهینه‌سازی روش‌های تدریس، از جمله راهکارهایی است که برای تسهیل یادگیری در این زمینه پیشنهاد شده است. برخی از مفاهیم کلیدی که در آموزش ریاضی با بهره‌گیری از تفکر محاسباتی به‌کار می‌روند، در این پژوهش نمایان شد. برای مثال متغیرها در برنامه‌نویسی و ریاضیات ایفای نقش حیاتی دارند و به نمایش مقادیر عددی، عبارات جبری و موقعیت‌های هندسی کمک کردند که استفاده از متغیر در برنامه‌نویسی، درک دانش‌آموزان از مفاهیم هندسی و جبری را به‌طور مؤثر تقویت کرد. حلقه‌ها و تکرار نیز به دانش‌آموزان کمک کرد تا الگوهای ریاضی را از طریق برنامه‌نویسی کشف کنند و روابط عددی را بهتر تجزیه‌وتحلیل کنند. شرط‌هایی که به‌عنوان شرط‌های منطقی در برنامه‌نویسی شناخته می‌شوند، دانش‌آموزان را با مفاهیم تصمیم‌گیری آشنا کرده و این مفهوم می‌تواند در تحلیل مسائل ریاضی نیز استفاده کرد. در نهایت، تفکر الگوریتمی به طراحی مراحل مشخص برای حل مسائل می‌پردازد. برای مثال، مراحل حل مسئلهٔ هندسی می‌توانند در قالب الگوریتم برنامه‌نویسی بیان شوند.

همچنین براساس این پژوهش می‌توان به‌خوبی در چارچوب نظریه‌های ساخت‌و سازگرایی پیاژه و ساختن‌گرایی پاپرت تبیین کرد. براساس دیدگاه پیاژه، یادگیری زمانی معنادار و پایدار است که دانش‌آموزان بتوانند از طریق تعامل فعال با محیط، ساخت‌های شناختی خود را بازسازی کنند. نتایج کیفی این پژوهش نشان داد که برنامه‌نویسی بلوکی در محیط اسکرچ، فرصت‌های متعددی برای تجربهٔ عملی، آزمون فرضیه‌ها و بازسازمان‌دهی مفاهیم هندسی در ذهن دانش‌آموزان ایجاد کرده است؛ فرایندی که دقیقاً با سازوکار «درون‌سازی» (Assimilation) و «برون‌سازی» (Accommodation) پیاژه هم‌راستا است. از منظر پاپرت، محیط‌های یادگیری باید فضایی برای «یادگیری با ساختن» (Learning by Making) فراهم کنند. تحلیل پروژه‌های اسکرچ نشان داد که دانش‌آموزان با ساخت مصنوعات دیجیتال هندسی، نه‌تنها مفاهیم تقارن و دوران را عمیق‌تر درک کردند، بلکه این مفاهیم را در بافت‌های تازه به‌کار گرفتند. این همان دیدگاه مورد نظر پاپرت است که در آن دانش‌آموزان با دست‌کاری و بازآفرینی اشیا، به فهم عمیق‌تری از مفاهیم می‌رسند.[۲]

این پژوهش نشان می‌دهد که برنامه‌نویسی بلوکی در آموزش مفاهیم هندسی می‌تواند نقش مهمی در ارتقای تفکر محاسباتی و بهبود مهارت‌های حل مسئلهٔ دانش‌آموزان ایفا کند. دانش‌آموزان پایهٔ هفتم که در محیط اسکرچ آموزش دیده‌اند، به‌طور معنی‌داری در تحلیل الگوریتمی، استدلال منطقی و درک دوران و تقارن هندسی پیشرفت کرده‌اند. این یافته‌ها، فرضیهٔ بنیادی را تأیید می‌کند که محیط‌های برنامه‌نویسی تصویری می‌توانند به‌عنوان واسطه‌های شناختی، مفاهیم ریاضی را برای دانش‌آموزان درک کنند. همچنین مشاهده کردیم تفاوت معنادار بین میانگین نمرات پیش‌آزمون و پس‌آزمون گروه آزمایش نسبت به گروه گواه، نشان‌دهندهٔ تأثیر مثبت استفاده از اسکرچ بر توسعهٔ تفکر محاسباتی است. این نتایج با پژوهش‌های بین‌المللی مانند مطالعهٔ انجی و همکاران[۱] هم‌سو است که نشان داد برنامه‌نویسی در کنار آموزش ریاضی موجب ارتقای مفهومی و مهارت حل مسئلهٔ دانش‌آموزان می‌شود. همچنین، یافته‌های پژوهش حاضر با مطالعاتی مانند [۱ و ۷ و ۱۱ و ۱۸] که بر تأثیر محیط‌های محاسباتی در بهبود مهارت‌های شناختی دانش‌آموزان تأکید دارند، هم‌خوانی دارند. از سوی دیگر، تحلیل پروژه‌های برنامه‌نویسی، مصاحبه‌ها و مستندات ویدئویی نشان داد که براساس اسکرچ، مفاهیم ریاضی نه‌تنها برای دانش‌آموزان ملموس‌تر و قابل درک‌تر می‌شود، بلکه حل مسائل را به تجربه‌ای جذاب، مشارکتی و هدفمند تبدیل می‌کند. مضمون‌های استخراج‌شده از مصاحبه‌های ساختارمند نیز نشان‌دهندهٔ این است که دانش‌آموزان در درک بهتر مفاهیم هندسی احساس شایستگی و اعتمادبه‌نفس بیشتری در مواجهه با مسائل باز و ناآشنا دارند و برنامه‌نویسی را به‌عنوان زبان محلی برای تفکر دربارهٔ ریاضیات می‌شناسند. زبانی که امکان آزمون و اصلاح و ساختن را در فرایند ارائه فراهم می‌کند.

از این منظر، این پژوهش با تلفیق دو قلمرو «تفکر محاسباتی» و «آموزش هندسه»، بستر نوآورانه‌ای برای طراحی تجربیات آموزشی ارائه می‌دهد و به‌خلأ پژوهشی موجود در ادبیات فارسی و بین‌المللی پاسخ می‌دهد. این الگو می‌تواند به‌عنوان الگویی از آموزش ریاضی مبتنی بر فناوری در برنامه‌ریزی درسی و آموزشی دورهٔ متوسطهٔ اول به کار رود. این پژوهش تأکید می‌کند که برنامه‌نویسی بلوکی باید نه‌صرفاً به‌عنوان یک ابزار فناوری، بلکه به‌عنوان «واسطه شناخت» در آموزش ریاضی در نظر گرفته شود. این رویکرد می‌تواند زمینه‌ساز تحول در شیوه‌های یاددهی و یادگیری مفاهیم پیچیدهٔ هندسی باشد. با فعال‌سازی ذهنی دانش‌آموزان، ایجاد بسترهای مناسب و تلفیق تجربه و استدلال، این پژوهش مسیرهای جدیدی برای پرورش مهارت‌های قرن ۲۱، از جمله حل مسئله، تفکر الگوریتمی و خودراهبری فراهم می‌آورد.

همچنین استفاده از اسکرچ می‌تواند ابزاری مؤثر برای تفهیم مفاهیم ریاضی و افزایش تفکر منطقی دانش‌آموزان باشد. این روش باعث افزایش علاقهٔ دانش‌آموزان به ریاضی شده و تعاملات کلاسی را بهبود بخشیده است. همچنین، تم‌های استخراج‌شده از تحلیل داده‌ها حاکی از آن است که اسکرچ نه‌تنها ابزاری آموزشی، بلکه پلتفرمی برای تقویت مهارت‌های اجتماعی و شناختی دانش‌آموزان است. یافته‌های این پژوهش و تحقیق‌های دیگر نیز تأیید می‌کنند که استفاده از ابزارهای تعاملی به‌طور پایدار انگیزه و توانایی حل مسئله در دانش‌آموزان را افزایش دهد. برنامه‌نویسی اسکرچ فراتر از یک روش ساده برای یادگیری کدنویسی است. این ابزار چندمنظوره می‌تواند آموزه‌های ریاضی را به تجربه‌ای سرگرم‌کننده و مؤثر تبدیل کند. والدین با راهنمایی فرزندان خود برای استفادهٔ خلاقانه از فناوری در راستای اهداف آموزشی، می‌توانند پایه‌ای

محکم برای یادگیری‌های آیندهٔ آن‌ها بنا کنند. براساس یافته‌های این پژوهش، چند راهکار عملی برای معلمان پیشنهاد می‌شود: آن‌ها می‌توانند با طراحی فعالیت‌های هندسی در محیط اسکرچ، مفاهیم انتزاعی مانند تقارن و دوران را به‌شکل تعاملی و بصری برای دانش‌آموزان ملموس سازند. استفاده از پروژه‌های کوچک و تدریجی که در آن دانش‌آموزان به‌تدریج بلوک‌های کد را ترکیب کنند و اشکال پیچیده‌تر بسازند، به تقویت هم‌زمان تفکر محاسباتی و مهارت‌حل مسئله کمک می‌کند. همچنین، برگزاری جلسات بازاندیشی در پایان هر پروژه که دانش‌آموزان فرایند حل مسئله و تصمیم‌های برنامه‌نویسی خود را توضیح دهند، می‌تواند به تعمیق درک مفاهیم ریاضی و مهارت بیان استدلال‌ها بینجامد. معلمان با بهره‌گیری از ارزیابی تکوینی و مشاهدهٔ مداوم عملکرد دانش‌آموزان در حین کدنویسی، می‌توانند نقاط ضعف هر دانش‌آموز را شناسایی و بازخورد هدفمند ارائه کنند. فناوری‌های جدید و نوظهور به‌طور مداوم نه‌تنها چگونگی دسترسی دانش‌آموزان به ریاضیات را تغییر می‌دهند، بلکه روش‌های تدریس این ماده را نیز بازتعریف می‌کنند. در این شرایط، بر عهده‌ی آموزش‌دهندگان ریاضی است که به این پیشرفت‌های فناوری پاسخ دهند و به‌گونه‌ای عمل کنند که دانش‌آموزان در توسعهٔ درک ریاضی و مهارت‌های استدلالی خود توانمند شوند. با توجه به چالش‌ها و فرصت‌های بی‌پایانی که فناوری‌های نوین فراهم می‌آورند؛ با توجه به اهمیت فراهم‌کردن آمادگی قوی ریاضی برای دانش‌آموزانی که به‌زودی وارد جامعه و محیط‌های کاری با فناوری پیشرفته خواهند شد، این بحث و پژوهش باید اولویت بالایی برای همهٔ افرادی داشته باشد که در حوزهٔ آموزش ریاضی مسئولیت دارند.

با وجود این نتایج مثبت، پژوهش حاضر محدودیت‌هایی دارد که باید در تفسیریافته‌ها مدنظر قرار گیرد. نخست، نمونهٔ پژوهش تنها شامل دانش‌آموزان پسر یک منطقهٔ خاص بوده و این امر تعمیم‌پذیری نتایج به کل جمعیت دانش‌آموزان کشور را محدود می‌سازد. دوم، دورهٔ آموزشی محدود به ده هفته بود که ممکن است برای مشاهدهٔ اثرات بلندمدت کافی نباشد. سوم، تأثیر احتمالی سبک تدریس و مهارت‌های پژوهشگر–آموزگار بر نتایج نیز قابل چشم‌پوشی نیست. این عوامل می‌توانند به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم بر کیفیت یادگیری و میزان پیشرفت دانش‌آموزان تأثیر گذاشته باشند.

در راستای این مسائل، پیشنهاد می‌شود که پژوهش‌های آینده بر جنبه‌های مختلفی تمرکز کنند. براساس یافته‌های این پژوهش، پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی چند مسیر مشخص دنبال شود. نخست، بررسی اثر برنامه‌نویسی بلوکی در محیط اسکرچ بر سایر مباحث ریاضی مانند جبر، آمار و احتمال و نسبت‌ها می‌تواند به درک گسترده‌تری از کارایی این رویکرد کمک کند. دوم، پژوهش‌های طولی با دوره‌های زمانی طولانی‌تر برای ارزیابی پایداری اثرات بر تفکر محاسباتی و مهارت حل مسئله ضروری است. سوم، انجام مطالعات مشابه با مشارکت دانش‌آموزان دختر یا گروه‌های مختلط، امکان مقایسهٔ جنسیتی و بررسی تفاوت‌های احتمالی را فراهم می‌سازد. چهارم، ترکیب روش برنامه‌نویسی بلوکی با سایر رویکردهای آموزشی نوین مانند یادگیری مبتنی بر پروژه یا بازی‌محور، می‌تواند مسیرهای نوآورانه‌ای برای ارتقای یادگیری مفاهیم ریاضی ارائه دهد. همچنین، تحلیل هم‌بستگی دقیق‌تر بین شاخص‌های کمّی تفکر محاسباتی و کدهای استخراج‌شده از داده‌های کیفی، در پژوهش‌های آینده می‌تواند به روشن‌ترشدن تعامل میان این دو حوزه کمک کند.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در مراحل طرح، اجرا، تحلیل و نگارش مشارکت داشته‌اند.

تشکر و قدردانی

این تحقیق با استفاده از اعتبارات پژوهشگاه افضلی پور دانشگاه شهید باهنر کرمان انجام شده است.

تعارض منافع

«هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان بیان نشده است»

منابع و مآخذ

[1] Ng OL, Leung A, Ye H. Exploring computational thinking as a boundary object between mathematics and computer programming for STEM teaching and learning. ZDM Math Educ. 2023;55(7):1315–1329. doi:10.1007/s11858-023-01509-z

[2] Papert S. Children, computers, and powerful ideas. Eugene (OR): Harvester; 1980.

[3] Papert S. What's the big idea? Toward a pedagogy of idea power. IBM Syst J. 2000;39(3-4):720–729. doi:10.1147/sj.393.0720

[4] Solomon C, Harvey B, Kahn K, Lieberman H, Miller ML, Minsky M, Papert A, Silverman B. History of Logo. Proc ACM Program Lang. 2020;4(HOPL):79. doi:10.1145/3386329

[5] Wu TT, Asmara A, Huang YM, Permata Hapsari I. Identification of problem-solving techniques in computational thinking studies: systematic literature review. SAGE Open. 2024;14(2). doi:10.1177/21582440241249897

[6] Schiza K, Kynigos C. Programming to animate letter models: a context for mathematical competence? In: Proceedings of the Thirteenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education (CERME13). Alfréd Rényi Institute of Mathematics; ERME; 2023.

[7] Brennan K, Resnick M. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In: Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association; 2012 Apr 13–17; Vancouver.

[22] Ng O, Liu M, Cui Z. Students' in-moment challenges and developing maker perspectives during problem-based digital making. J Res Technol Educ. 2021. doi:10.1080/15391523.2021.1967817

[23] Aho AV. Computation and computational thinking. Comput J. 2012;55(7):832–835. doi:10.1093/comjnl/bxs074

[24] Ye H, Liang B, Ng O, Chai CS. Integration of computational thinking in K-12 mathematics education: a systematic review on CT-based mathematics instruction and student learning. Int J STEM Educ. 2023;10(1):1–26.doi:10.1186/s40594-023-00396-w

[25] Kadijevich DM, Stephens M, Rafiepour A. Emergence of computational/algorithmic thinking and its impact on the mathematics curriculum. In: Shimizu Y, Vithal R, editors. Mathematics curriculum reforms around the world. Cham: Springer; 2023. doi:10.1007/978-3-031-13548-4_23

[26] Price TW, Barnes T. Comparing textual and block interfaces in a novice programming environment. In: Proceedings of the 11th Annual International Conference on International Computing Education Research; 2015 Aug; p. 91–99. doi:10.1145/2787622.2787712

[27] Yu Q, Yu K, Li B. Effects of block-based visual programming on K-12 students' learning outcomes. J Educ Comput Res. 2025;63(1):64–98. doi:10.1177/07356331241293163

[28] Jensen M, Julien A, Schemeding A, Rafiepour A. An analytical framework for programming tasks in mathematics textbooks. In: Proceedings of CERME 13; Budapest, Hungary; 2023.

[29] Chantal B, Mgombelo J, Muller E, Rafiepour A, Sacristán A. Features of 'authentic' programming-based mathematical tasks. In: Proceedings of the 5th ERME Topic Conference MEDA 2018; Copenhagen, Denmark; 2018 Sep 5–7. p. 301–302.

[30] Rodríguez-Martínez JA, González-Calero JA, Sáez-López JM. Computational thinking and mathematics using Scratch: an experiment with sixth-grade students. Interact Learn Environ. 2020;28(3):316–327. doi:10.1080/10494820.2019.1612448

[31] OECD Staff. OECD economic outlook. Paris: OECD Publishing; 2001.

[32] Bocconi S, Chioccariello A, Dettori G, Ferrari A, Engelhardt K, Kampylis P, et al. Developing computational thinking in compulsory education. Luxembourg: European Commission, JRC Science for Policy Report; 2016. https://data.europa.eu/doi/10.2791/792158

[33] Grover S, Pea R. Computational thinking in K–12: a review of the state of the field. Educ Res. 2013;42(1):38–43. doi:10.3102/0013189X12463051

[34] Jiang B, Li Z. Effect of Scratch on computational thinking skills of Chinese primary school students. J Comput Educ. 2021;8:505–525. doi:10.1007/s40692-021-00190-z

[8] Wing JM. Computational thinking. Commun ACM. 2006;49(3):33–35. doi:10.1145/1118178.1118215

[9] Wing J. Research notebook: computational thinking—what and why. Link Mag. 2011;6:20–23.

[10] Weintrop D, Beheshti E, Horn M, et al. Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. J Sci Educ Technol. 2016;25:127–147. doi:10.1007/s10956-015-9581-5

[11] Lye SY, Koh JHL. Review on teaching and learning of computational thinking through programming: what is next for K-12? Comput Hum Behav. 2014;41:51–61. doi:10.1016/j.chb.2014.09.012

[12] Sanalan V, Taşlıbeyaz E. Discovering Turkish Generation-Z in the context of educational technology. J Educ Issues. 2020;6(2). doi:10.5296/jei.v6i2.17552

[13] Kalelioglu F, Gülbahar Y, Kukul V. A framework for computational thinking based on a systematic research review. Balt J Mod Comput. 2016;4(3):583.

[14] Kafai YB, Resnick M, editors. Constructionism in practice: designing, thinking, and learning in a digital world. New York: Routledge; 2012. doi:10.4324/9780203053492

[15] Duckworth D, Fraillon J. Computational thinking framework. In: Fraillon J, Rožman M, editors. IEA international computer and information literacy study 2023. Cham: Springer; 2025. doi:10.1007/978-3-031-61194-0_3

[16] Noss R, Hoyles C. Constructionism and microworlds. In: Duval E, Sharples M, Sutherland R, editors. Technology enhanced learning. Cham: Springer; 2017. doi:10.1007/978-3-319-02600-8_3

[17] Hoyles C, Noss R. A computational lens on design research. ZDM Math Educ. 2015;47:1039–1045. doi:10.1007/s11858-015-0731-2

[18] Resnick M, Maloney J, Monroy-Hernández A, Rusk N, Eastmond E, Brennan K, et al. Scratch: programming for all. Commun ACM. 2009;52(11):60–67. doi:10.1145/1592761.1592779

[19] Rafiepour A. Using big-data and modeling real-world phenomena in statistics education. Andishe. 2021;26(1):25–35. [In Persian].

[20] Rafiepour A, Farsani D. Cultural historical review of Iranian school mathematics curriculum: the role of computational thinking. J Math Educ. 2021;12(3):411–426.

[21] Leung A. Realizing STEM heuristic in a mathematics problem solving activity. In: Anderson D, Milner-Bolotin M, Santos R, Petrina S, editors. Proceedings of the 6th International STEM in Education Conference (STEM 2021); 2021. p. 242–248. doi:10.14288/1.0402129

[35] Montiel H, Gomez-Zermeño MG. Educational challenges for computational thinking in K–12 education: a systematic literature review of “Scratch” as an innovative programming tool. Computers. 2021;10(6):69. doi:10.3390/computers10060069

[36] Sáez-López JM, Sevillano-García ML, Vazquez-Cano E. The effect of programming on primary school students’ mathematical and scientific understanding: educational use of mBot. Educ Technol Res Dev. 2019; 67(6): 1405–1425. doi:10.1007/s11423-019-09648-5

[37] Moslemi Nejad Arani S, Zarei A, Sarani A. The effect of online and in-person problem-based learning on learners' willingness to communicate, self-efficacy, and classroom anxiety. Educ Technol. 2023;18(1):19–36. [In Persian]. doi:10.22061/tej.2023.9904.2915.

[38] Sheybani Khanehkar M, Yafatian N. Examining the effect of gamification-based teaching on self-regulation in tenth-grade vocational and technical students' mathematics learning. Educ Technol. 2024; 18(4): 829–842. [In Persian]. doi:10.22061/tej.2024.10728.3045.

[39] Rafiepour A, Radmehr M. The impact of Blocky programming on probabilistic thinking of seventh-grade students. In: Proceedings of CERME 13; Budapest, Hungary; 2023.

[40] Creswell JW, Clark VLP. Designing and conducting mixed methods research. Thousand Oaks (CA): Sage Publications; 2017.https://doi.org/10.1016/j.lisr.2007.02.003Get rights and content

[41] Greene JC, Caracelli VJ, Graham WF. Toward a conceptual framework for mixed-method evaluation designs. Educ Eval Policy Anal. 1989;11(3):255–274. doi:10.3102/01623737011003255

[42] Denzin NK. The research act: a theoretical introduction to sociological methods. New York: Routledge; 2017. doi:10.4324/9781315134543

[43] Tashakkori A, Teddlie C. Putting the human back in “human research methodology”: the researcher in mixed methods research. J Mix Methods Res. 2010; 4(4): 271–277. doi:10.1177/1558689810382532

[44] Román-González M, Pérez-González JC, Jiménez-Fernández C. Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. Comput Hum Behav. 2017;72:678–691. doi:10.1016/j.chb.2016.08.047

[45] Moreno-León J, Robles G. Dr. Scratch: a web tool to automatically evaluate Scratch projects. In: Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '15); New York (NY): Association for Computing Machinery; 2015. p. 132–133. doi:10.1145/2818314.2818338

[46] Afkhami R, Asghari N, Medghalchi A, Pashaei F. Promoting seventh-grade students' mental constructions in generalizing shape patterns: applying APOS theory and awareness of structure. Educ Technol. 1403;18(2):387–398. [In Persian] doi:10.22061/tej.2023.9986.2924.

[47] Afkhami R, Asghari N, Medghalchi A. Promoting functional thinking: identifying prerequisite schemas of seventh-grade students in generalizing bivariate figural patterns. Educ Technol. 2020;14(3):707–722. [In Persian] doi:10.22061/jte.2019.4844.2127.

[48] Rabi S, Asghari N, Haghighi A, Fariborzi Araqi MA. Investigating the representations of geometric shapes of high school students: the role of cognitive perceptions in solving geometric tasks involving shapes. Tadris Pajouhi. 1403;12(3):174–208. [In Persian]

معرفی نویسندگان

AUTHOR(S) BIOSKETCHES

پویا کریمی کارشناس ارشد آموزش ریاضی فارغ‌التحصیل از بخش آموزش ریاضی، دانشکده ریاضی و کامپیوتر در دانشگاه شهید باهنر کرمان می‌باشد. ایشان پایان نامه خود با عنوان "تاثیر برنامه نویسی بلوکی بر تقویت تفکر محاسباتی دانش‌آموزان پایه هفتم و نقش تفکر محاسباتی در پیوند ریاضیات و برنامه نویسی در آموزش معروف" را انجام داده اند و مقاله حاضر مستخرج از این پایان نامه می‌باشد. ایشان در حال حاضر دبیر ریاضی و سرگروه ریاضی شهر ماهان در استان کرمان می‌باشند.

Karami, P., MS. Department of Mathematics Education, Faculty of Mathematics and Computer- Shahid Bahonar University of Kerman, Iran & & Mahani Math Center, Afzalipour Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.

pouya.karimi1380@gmail.com

ابوالفضل رفیع‌پور متولد سال ۱۳۵۸ در شهر تهران است. وی پس از فارغ التحصیل در دوره دکتری ریاضی با تمرکز بر آموزش ریاضی از دانشگاه شهید بهشتی؛ در سال ۱۳۸۹ وارد بخش ریاضی دانشگاه شهید باهنر کرمان شد و هم اکنون دانشیار بخش آموزش ریاضی در این دانشگاه است. یک دوره ریاست خانه ریاضیات کرمان، دو دوره نایب رییس شورای خانه های ریاضیات ایران، دو دوره همکاری در هیئت تحریریه مجله فرهنگ و اندیشه ریاضی، دو دوره عضویت در هیئت تحریریه مجله پژوهش در آموزش ریاضی و از مهر ۱۴۰۲

Computer, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran & Mahani Math Center, Afzalipour Research Institute, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran.
rafiepour@uk.ac.ir

سـردبیری مجله پژوهش در آموزش ریاضـی از جمله سـوابق علمی - اجرایی ایشـان اسـت. او هم اکنون نماینده ایران در کمیسـیون بین المللی تدریس ریاضی (ICMI) است.

Rafiepour, A. Associate Professor, Department of Mathematics Education, Faculty of Mathematics and

Citation (Vancouver): Rafiepour A, Karimi P [Investigating the effectiveness of scratch block-based programming on computational thinking and geometric problem-solving skills of seventh-grade students]. *Tech. Edu. J. 2025; 19(4): 923-940*

https://doi.org/10.22061/tej.2026.12019.3221

.