



Trigonometry as a Foundation for Computational and Algorithmic Thinking: The Iranian Mathematical Heritage for Digital Technology Development

Mohammad Hesam Ghasemi*, Zahra Gooya**, Soheila Gholam Azad***

* PHD Student in Department of Mathematical Sciences,,Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. Email : ghasemi.sbu@yahoo.com

** Professor, Department of Mathematical Sciences,,Shahid Beheshti University, Tehran, Iran. (Corresponding Author). Email: z-gooya@sbu.ac.ir

*** Institute for Educational Studies. Tehran. Iran. .Email: soheila_azad@yahoo.com

Article Info

Abstract

Article type:

Research Article

Key words:

Gardner's
Dimensions of
Mind,
Educational Lived
Experience,
Humanities, Basic
Sciences

Article history:

Received : 08 Nov
2025

Accepted : 03 Jan 2025

The rapid advancement of digital technologies and artificial intelligence has underscored the critical importance of computational and algorithmic thinking. Interestingly, both concepts have roots in the intellectual heritage of Iranian scholars, with algebra and trigonometry serving as prominent historical examples. Consequently, this study investigates the relationship between trigonometry and computational/algorithmic thinking within the context of general education in Iran. To achieve this objective, a qualitative content analysis of Iranian textbooks was conducted. The framework for identifying computational thinking skills was drawn from the European Commission's 2022 report. The analysis involved 25 volunteer teachers who participated in five focus group sessions during the academic year 2023–2024 (1402–2025). Furthermore, given the integrative nature of trigonometry as a suitable vehicle for teaching computational and algorithmic thinking, the trigonometry sections of the secondary education curriculum were thoroughly examined. This process aimed to extract both existing and potential capacities of trigonometry to foster these skills in students. Based on the findings, the study concludes that trigonometry, due to its deep connections with Iran's civilizational heritage, is highly engaging for students. This engagement creates a unique opportunity to enhance computational thinking skills through the subject. Finally, the study highlights the significant overlap between computational and algorithmic thinking, suggesting that they can often be used interchangeably in educational contexts.

Cite this Article:

Hassani,H. & Deghani,B. S. (2026). Qualitative Content Analysis of the Book "Entrepreneurship and Production Workshop" from the Perspective of Employability Competencies. (e238075). *Theory and Practice in the Curriculum*,15-38. 13 (26), e238075 doi: 10.22034/cstp.2025.556217.1117



© 2016 by Iranian Curriculum Association Press Publisher:
Iranian Curriculum Association Press

Extended Abstract

The rapid advancement of digital technologies and artificial intelligence has brought computational thinking (CT) and algorithmic thinking (AT) to the forefront of educational discourse. These modes of thought, while now globally recognized as essential 21st-century skills, have deep historical roots in the mathematical innovations of ancient Iranian scholars. This study investigates the potential of trigonometry—a subject in which Iranian mathematicians made seminal contributions—as a platform for fostering CT and AT skills within Iran’s formal general education system. The research addresses a critical gap: while international curricula increasingly integrate CT and AT, many educational systems, including Iran’s, lack explicit, systematic approaches for doing so, often relying on expensive digital infrastructure. This study explores how existing, culturally resonant mathematical content can be leveraged as a low-cost, sustainable alternative.

A qualitative research design was employed, utilizing conventional content analysis of national textbooks and focus group discussions with experienced teachers. The theoretical framework was operationalized using two complementary models: the European Commission’s (2022) comprehensive taxonomy of CT skills, which organizes competencies into two main categories—problem-solving (e.g., abstraction, data analysis, pattern recognition, decomposition, modeling) and planning and computation (e.g., algorithmic thinking, automation, debugging, modularization, parallelization)—and the four-dimensional model proposed by Weintrop et al. (2016), which defines CT for mathematics and science classrooms through the lenses of data-driven analysis, computational modeling, algorithmic problem-solving, and systems thinking. These frameworks provided the analytical lenses for identifying both explicit and implicit instances of CT/AT instruction within the Iranian curriculum.

Twenty-five volunteer teachers participated in five online focus group sessions during the 2023-2024 academic year. The participant sample included elementary school teachers (n=5) and secondary school teachers (n=19), the latter comprising mathematics (n=10), computer science (n=5), and technology/workshop (n=4) instructors. Teachers were recruited using snowball sampling, ensuring diverse school types and geographical representation. Data collection involved audio recording of all focus group discussions, which were transcribed verbatim. To ensure trustworthiness, the research team employed member checking—returning transcripts and preliminary categorizations to participants for confirmation—and peer debriefing among the three co-authors (a mathematics education researcher, an experienced mathematics teacher, and a computer science teacher). All textbooks from grades 1 through 12 were systematically analyzed, though the analysis revealed no relevant CT/AT content in grades 1-5. Consequently, the focus narrowed to grades 6-12.

The content analysis produced several key findings. First, explicit instruction in CT/AT skills emerges only in the sixth grade and is discontinuously distributed across three subjects: "Thinking and Research" (grade 6), "Work and Technology" (grades 6, 8, and 9), and "Mathematics" (grade 7). In grade 6’s Thinking and Research textbook, students are introduced to basic inquiry skills

such as questioning, data collection, and data interpretation—aligning broadly with CT’s data analysis component. In the same grade’s Work and Technology textbook, a dedicated module introduces algorithms and Scratch coding, emphasizing problem understanding, strategy development, decomposition (breaking problems into smaller sub-problems), and sequential step-by-step solution. However, focus group participants critiqued this module for insufficient attention to decomposition as a teachable skill, noting that while the term is mentioned, no systematic activities develop it. The grade 7 mathematics textbook devotes its first chapter to problem-solving heuristics, including decomposition, pattern discovery, algebraic generalization, and symbolic representation. Teachers in the focus groups, however, characterized this chapter as merely "an entry point for learning algebraic symbols and abstractions," arguing that it does not explicitly name or deliberately cultivate CT/AT competencies. In grade 8, the Work and Technology textbook introduces Python programming, but teachers expressed concern that students lack prerequisite computational thinking skills for this jump, and that no explicit connection is made between coding activities and mathematical concepts learned simultaneously in mathematics classes. Grade 9’s Work and Technology textbook was viewed more positively, with participants praising its modules on flowcharts, algorithms, and Python as well-structured and appropriately sequenced.

A striking finding was the complete absence of CT/AT content in all secondary school textbooks for grades 10-12, despite these grades containing the most advanced mathematical content, including trigonometry, calculus, and analytic geometry. This curricular gap suggests a missed opportunity: advanced topics that naturally lend themselves to algorithmic and computational reasoning are taught without any reference to the thinking skills that underpin digital technology.

The study’s core analysis focused on the potential for integrating CT/AT with trigonometry, a topic with deep cultural resonance in Iran. Three problems from the grade 11 Calculus (1) textbook (mathematics-physics track) were analyzed collaboratively by the focus group teachers, revealing multiple points of synergy with the European Commission’s CT skill taxonomy. Problem 1 required solving a trigonometric equation and then computing a triangle’s area. Teachers identified that this process inherently involves sequential decomposition (solving the equation, then applying geometric formulas), conditional logic (evaluating whether the solved angle satisfies domain constraints), and modularization (treating trigonometric solution and area computation as distinct subroutines). Problem 2 asked students to determine the position of a given angle on the unit circle. Teachers noted that this seemingly simple task requires evaluating multiple conditions: the sign of the angle (positive/negative), comparison with multiples of $\pi/2$ and π (determining quadrant), and precise location between reference angles. This process, they argued, perfectly models the CT skill of using conditionals (if-then-else logic) and loops (repeatedly applying the same comparative process for different reference angles). Problem 3 required geometric solution of a trigonometric equation. Teachers analyzed how students naturally decompose the equation into two functions (left and right sides) and graph them to find intersections—a direct instantiation of decomposition and computational modeling. They then proposed an innovative pedagogical simulation: organizing students into small cooperative groups, each functioning as an independent "module" responsible for a specific sub-task (e.g., manipulating one trigonometric identity, checking domain

restrictions, computing algebraic solutions). The teacher acts as a "module manager," coordinating module interaction, identifying errors, and initiating debugging processes either within modules (intra-module debugging) or across modules (global debugging). This simulation, teachers suggested, would simultaneously develop students' trigonometric understanding and their CT skills in decomposition, modularization, debugging, systems thinking, and process optimization.

The study's findings carry several theoretical and practical implications. Theoretically, the research challenges the dominant discourse that CT/AT instruction requires digital tools and computer science infrastructure. By demonstrating that trigonometry—a culturally significant, historically rich mathematical domain—can be taught through CT/AT-infused pedagogy without necessarily using computers, the study contributes to emerging literature on "unplugged" computational thinking. It also empirically validates the European Commission's (2022) assertion that the boundaries between CT and AT are fluid; the analysis of trigonometric problem-solving showed that students and teachers naturally oscillate between algorithmic planning (sequencing steps, applying conditionals), computational execution (modularizing tasks, debugging errors), and systemic optimization (improving process efficiency) without clear separation between "computational" and "algorithmic" modes.

Practically, the research offers concrete, curriculum-embedded examples of how CT/AT skills can be developed using existing textbook content. For instance, teachers in the study suggested modifying a Python coding activity from grade 8's *Work and Technology* textbook—currently focused on generating shapes through code—into an integrated mathematics-CT activity where students must not only write code but also calculate geometric properties (perimeter, area, angle sums) of those shapes, explicitly linking programming structures (loops, conditionals, functions) to mathematical concepts (ratios, periodicity, coordinate geometry). Similarly, trigonometric problems involving periodic functions offer natural opportunities to introduce the CT concept of iteration: solving $\sin(x) = 0.5$ for all solutions requires students to generate a repeating pattern of angles, which mirrors the logic of iterative loops in programming.

The study acknowledges several limitations. First, the absence of a consensual definition of CT/AT in the literature means that the findings are contingent upon the specific frameworks adopted (European Commission 2022; Weintrop et al. 2016); other frameworks might yield different emphases. Second, the volunteer nature of participant recruitment may have introduced selection bias, attracting teachers already interested in CT/AT. Third, the online format of focus groups precluded analysis of non-verbal data, potentially losing subtle cues about teacher enthusiasm or frustration. Finally, the study did not include classroom observation or student assessment, so claims about the effectiveness of CT/AT integration remain theoretical rather than empirical.

Despite these limitations, the research concludes that trigonometry—due to its inherent integration of algebraic, geometric, and graphical reasoning, its historical significance in Iranian scientific heritage, and its conceptual alignment with CT/AT skills such as decomposition, pattern recognition, conditionals, loops, and debugging—represents a uniquely valuable platform for

introducing computational and algorithmic thinking into general education. The study recommends that curriculum developers and teacher training programs in Iran capitalize on this existing cultural and curricular resource, embedding CT/AT skill development within trigonometry instruction before investing exclusively in digital infrastructure. The recently implemented Digital Literacy Plan by Iran's Ministry of Education (2022-2023), which trained approximately 20,000 elementary teachers in CT skills (modeling, data analysis, decomposition, algorithms, programming), provides a policy window for extending similar training to secondary mathematics teachers, with trigonometry as a focal content area. Future research should design, implement, and evaluate CT/AT-infused trigonometry lesson plans in actual classroom settings, measuring both trigonometric learning outcomes and CT/AT skill development. Such studies would determine whether the theoretical potential identified in this analysis translates into measurable student gains, ultimately contributing to a sustainable, culturally responsive model for teaching computational thinking—a model that honors the legacy of Iranian mathematics while preparing students for the digital age.

Keywords: Computational thinking; algorithmic thinking; trigonometry; Iranian/Islamic mathematical heritage; school mathematics; qualitative content analysis; curriculum integration; unplugged computing; historical epistemology.

مثلثات، بستری برای آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی: میراث ریاضیات ایرانی برای توسعه تکنولوژی دیجیتال در جهان

محمد حسام قاسمی*، زهرا گويا**، سهیلا غلام آزاد***

*دانشجوی دکتری دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. رایانامه: ghasemi.sbu@yahoo.com

**استاد گروه دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران. (نویسنده مسئول). رایانامه:

z-gooya@sbu.ac.ir

*** پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش. تهران. ایران. رایانامه: soheila_azad@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

توسعه تکنولوژی‌های دیجیتال و هوش مصنوعی، اهمیت تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی را برجسته کرد که هر دو، از ابداعات ایرانیان بوده که جبر و مثلثات، از نمونه‌های مشهود آن است. بدین سبب پژوهشی با هدف ارتباط بین مثلثات و تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی در آموزش عمومی ایران بررسی شود. برای تحقق این هدف، محتوای کتاب‌های درسی ایران تحلیل کیفی شدند. در این بررسی، از مهارت‌های تفکر محاسباتی ارائه شده در گزارش ۲۰۲۲ کمیسیون اروپا استفاده شد. تحلیل محتوا با مشارکت ۲۵ معلم داوطلب طی پنج جلسه کانونی، در سال تحصیلی ۱۴۰۲ انجام شد. همچنین به دلیل ماهیت تلفیقی مثلثات به عنوان موضوعی مناسب برای آموزش تفکر محاسباتی / تفکر الگوریتمی، بخش‌های مثلثات دوره دوم متوسطه در آموزش مدرسه‌ای، تحلیل شد و در نهایت، ظرفیت‌های موجود و بالقوه مثلثات برای ایجاد و توسعه مهارت‌های تفکر محاسباتی در دانش‌آموزان، استخراج شدند. مبتنی بر این یافته‌ها، نتیجه‌گیری این پژوهش این است که مثلثات به دلیل پیوندهای عمیقی که با میراث تمدنی ایران دارد، برای دانش‌آموزان جذاب است و بدین سبب، این امکان را ایجاد می‌کند که از طریق آن، بتوان مهارت‌های تفکر محاسباتی را در دانش‌آموزان، ارتقا داد. نکته پایانی این است که تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی، اشتراک زیادی باهم دارند و می‌توانند به‌جای هم به‌کاربرده شوند.

نوع مقاله:

علمی-پژوهشی

واژگان کلیدی:

تفکر محاسباتی؛ تفکر الگوریتمی؛ مثلثات؛ میراث ریاضی ایرانی/اسلامی، ریاضی مدرسه‌ای؛ تحلیل محتوای کیفی..

تاریخچه مقاله:

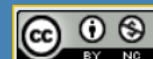
تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۸/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۰/۱۳

استناد به این مقاله:

حسینی، حسین و دهقانی، بیتاالسادات. (۱۴۰۴). تحلیل محتوای کیفی کتاب «کارگاه کارآفرینی و تولید» از منظر شایستگی‌های اشتغال‌پذیری. (e238075). نظریه و عمل در برنامه درسی، ۳۸-۱۵، ۱۳ (۲۶)،

e238075 doi: 10.22034/cstp.2025.556217.1117



مقدمه

به گفته شهریاری (۱۳۷۸ الف، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷)، تاریخ ریاضی برای چندصدی شدن جوان‌ها، نقش ویژه‌ای دارد و آنان لازم است بدانند که ابداع حساب، جبر و مثلثات، از افتخارات ایرانیان است که بدون آن‌ها، پیشرفت‌های فعلی ریاضی قابل تصور نیست. از طرف دیگر، هوخندایک^۱ و باقری (۱۳۷۵) با ترجمه‌های فارسی و انگلیسی رساله سجزی (نشان دادند که وجه عمومی یا مردمی بودن ریاضی در ایران، باعث شکوفایی حیرت‌انگیز ریاضی در ایران شد که هم‌زمان با قرون وسطی در اروپا بود. در نتیجه، لازم است که عموم مردم از آن چه که عمومی بود و برآمده از نیازهای واقعی‌شان بود، آشنا شوند. به ویژه آن که «ایرانیان، بدون توجه به مرزهای جغرافیایی، مقام انسان را رفیع می‌دیدند و او را شایسته عروج به بلندترین مرتبه می‌دانستند. بدین سبب ساختند و تولید کردند و دستاورد های خود را با سخاوت در اختیار همگان قرار دادند و علوم بسیاری را در جهان پایه‌ریزی نمودند که بنیان محکمی برای رنسانس بی‌نظیر غرب فراهم آورد (اسلام: امپراطوری ایمان، ۲۰۰۰).

با عنایت به ضرورت آموزش تفکر الگوریتمی و سختی این کار برای دانش‌آموزان خردسال، سیمون پاپرت^۲ در سال ۱۹۸۰، برنامه لوگو را طراحی کرد که تمرکز بر آموزش الگوریتم از طریق یادگیری هندسه بود. در این برنامه، کودکان با حرکت دادن یک قورباغه، می‌توانستند شکل‌های هندسی را رسم کنند و با خواص آن‌ها آشنا شوند. پاپرت با نتایجی که از مشاهده کودکان هنگام استفاده از این برنامه به دست آورد، بر نقش تفکر الگوریتمی در یادگیری ریاضی از طریق برنامه‌نویسی تأکید نمود (۱۹۹۳). از این گذشته با توسعه تکنولوژی‌های دیجیتال، آموزش تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی در مدرسه و دانشگاه، به یک ضرورت تبدیل شد تا جایی که بعضی پژوهشگران نظیر وینگ^۳ (۲۰۱۴)، تفکر محاسباتی را جزو یکی از پایه‌های سواد در کنار خواندن و نوشتن و حساب کردن دانستند. با وجود این، وقوع همه‌گیری کووید-۱۹، تقریباً تمام مناسبات جهانی را از جمله بازار کار و آموزش، دچار تحول اساسی نمود و در رقابت‌های شغلی و ناپایداری مشاغل، اهمیت مهارت‌های تفکر محاسباتی و الگوریتمی مشهودتر شد (گویا، ۱۴۰۱). در نتیجه آموزش عمومی به‌مثابه بستری مناسب برای ایجاد این مهارت‌ها، مورد توجه سیاست‌گذاران آموزشی قرار گرفت. بدین سبب اغلب نظام‌های

¹ Al Sijzi, A. A. (979-981). *Treatise on Geometrical Problem Solving*. Translated by M. Bagheri into Farsi (1996) and into English by J. Hogendijk. (1996).

² Simon Papert

³ Wing

آموزشی در جهان، ارتقای مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی را در دستور کار خود قرار دادند. با این توصیف، یکی از تمایزات عمده مثلثات از سایر موضوعات ریاضی، دانش چندبعدی مورد نیاز برای درک آن است که یادگیری آن را دشوار می‌کند. با توجه به اهمیت مثلثات و ارتباط آن با تفکر محاسباتی، سؤال پژوهشی این مطالعه به صورت زیر تدوین شد:

سؤال پژوهش: چگونه می‌توان از ظرفیت مثلثات، برای آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی استفاده کرد؟

پیشینه پژوهش

در این بخش، ابتدا به ریشه‌های ایرانی تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی اشاره می‌شود تا معلوم گردد که چگونه این دو ابداع ریاضی ایرانیان پس از چندین قرن، بستر مناسبی برای توسعه تکنولوژی‌های دیجیتال و هوش مصنوعی فراهم کرد. سپس پژوهش‌های مرتبط با چرایی و چگونگی حضور این تکنولوژی‌ها در آموزش عمومی مرور می‌گردد. در آخر، به دلایل تمرکز این پژوهش بر مثلثات به عنوان موضوعی برای آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی تمرکز می‌شود.

ریشه‌های ایرانی تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی

«در دوره پیشرفت اسلام و التقاط تمدن‌ها، توسعه و شکوفایی علمی از نیمه قرن دوم هجری (قرن هشتم میلادی) آغاز شد و تا پایان قرن پنجم (پازدهم میلادی) ادامه یافت و به درجه کمال رسید. ایرانیان که به علوم ریاضی و فنون فلکی و نجومی آشنایی داشتند، نخستین قومی بودند که معارف کهن خود را در پیکر تمدن اسلامی به جهانیان عرضه کردند و بسیاری از این معارف، ریشه در گندی‌شاپور و آموزشگاه‌های همانند آن داشته است» (تکمیل همایون، ۱۳۸۴، ص. ۹۵). بدین ترتیب، قدم گذاشتن بر بنیان محکمی که از نهضت ترجمه و میراث گذشته حاصل شده بود و آموزه‌های اسلام را چراغ راه خود می‌دانست، باعث شد تا عصر علمی خیره‌کننده و مولد رنسانس، در تاریخ بشر آغاز شود (گویا، ۱۳۹۱). استفاده از آثار ترجمه شده، به ریاضی‌دان‌های ایرانی فرصت داد تا از میراث بشری بهره‌مند شوند و در آن‌ها را سنگ‌بنای ابداع‌های خود قرار دهند. برای نمونه، ابوالوفا بوزجانی که از معروف‌ترین پیشگامان ریاضی تلفیقی و محاسباتی بوده و به این خاطر، لقب «حاسب» به او داده شده بود، در مقدمه شرحی که بر المجسطی بطلمیوس نوشته (قربانی، صص. ۱۶۵ و ۱۶۶، نقل شده در رجبعلی‌پور و فدایی، ۱۳۷۶)، این موضوع را به وضوح بیان می‌کند:

هر چند این موضوع را عده‌ای از دانشمندان متقدم مانند ابرخس و ابولونیوس و بطلمیوس و غیره پیش از این مورد

توجه قرار داده‌اند، در این کتاب ما روشی اتخاذ کرده‌ایم که هیچ‌یک از آنان، نکرده‌اند. ما راه وصول به این معلومات را

ساده‌تر و کوتاه‌تر کردیم و از روش‌های متداولی که برای متعلمان دشوار بود، مانند شکل قطاع و نسبت مؤلفه، اجتناب ورزیدیم و چنان کردیم که از نزدیک‌ترین و ساده‌ترین راه، بتوان این معانی را که پیش از این وصول به آن‌ها بسیار دشوار بود، به دست آورد. علاوه بر این، به روش‌هایی که قدما برای رسیدن به هر یک از این معلومات ایراد کرده بودند، اکتفا نکردیم، بلکه راه‌هایی تازه و برهان‌هایی جدید آوردیم و همچنین، معانی دیگری که در علم هیأت، مورد احتیاج شدید است و قدما آن‌ها را ذکر نکرده بودند، به آن‌ها افزودیم. و نیز استدلال‌های هندسی را از اعمال حسابی جدا ساختیم تا اگر مهندسان و محاسبانی باشند که هر یک به فن دیگری آشنایی نداشته باشند، بتوانند به‌تنهایی کتاب را مورد استفاده قرار دهند و کسی که در هر دو فن دست دارد، از هر دو بهره‌مند گردد. و برای هر یک از موضوع‌ها مثالی آوردیم تا مبتدی از آن کمک بگیرد و کسی که در اعمال حساب کار آزموده نیست، آن را نقطه اتکایی قرار دهد و همچنین جداول را با دقت کامل فراهم آوردیم و آنچه را اهل این فن قبلاً تهیه کرده بودند، تصحیح کردیم. پس اگر کسی که به این کتاب نظر می‌افکند در جواب‌های مسایل، اختلافی دربارهٔ ثانیه‌ها و ثلثه‌ها با آنچه مورد قبول است مشاهده کرد، نباید در صحت این کتاب شک کند. علت این اختلافات، تقریبات زیادی است که در محاسبهٔ جیب‌ها (سینوس‌ها) و وترها و ظل‌ها (تانژانت‌ها) که اصول اعمال حساب هستند، به کار برده‌ایم (ص. ۱۱).

در چند دههٔ اخیر، به‌مناسبت اهمیتی که ریاضی محاسباتی و الگوریتمی پیدا کرده، توجه پژوهشگران تاریخ ریاضی و آموزش ریاضی، به نوع ریاضیات تلفیقی ایرانی جلب شده است. لونگ^۴ (۲۰۰۸)، به‌نقل از عبدالجاوود، (۲۰۰۶) در پژوهش خود به این جمع‌بندی رسید که در فرهنگ اسلامی، هم ریاضیات نظری که هدفش درک جهان هستی است و هم ریاضیات کاربردی که مسؤلیت حل مسایل دنیای واقعی را دارد، تدریس می‌شد و مورد احترام بود. تحت‌تأثیر این نگاه، برگرن^۵ (۱۹۹۰) در پژوهش خود نشان داد که در قرون وسطی که مصادف با دوره‌طلایی ریاضیات اسلامی بود، رویکرد به آموزش ریاضی، به‌جای قضیه‌ها و اثبات‌ها، با تأکید بر روش‌ها و تکنیک‌ها انجام می‌شد. از نظر عدالت (۱۳۸۳)، ریاضیات دوران طلایی ریاضیات ایرانی/اسلامی، به‌دلیل محدود نشدن ریاضی به شاخه‌های باریک و تحقیق و تولید علمی در حوزه‌های بین‌رشته‌ای، همچنین گسترش ریاضیات محاسبه‌ای که ریشه در دنیای واقعی

⁴ Lueng

⁵ Berggren

داشت و مبتنی بر نیازهای اجتماعی زمان خود بود، جامعه جهانی را مخاطب قرار داد و از آن طریق، توانست تأثیر شگرفی بر رنسانس جاودانه اروپاییان بگذارد.

ازمنظر آموزشی نیز، به‌دلیل انواع تقریب‌هایی که ریاضی‌دانان ایرانی استفاده می‌کردند - مانند تقریب عدد پی و یافتن نسبت‌های مثلثاتی- این باور درمشتاقان ریاضی ایجاد شد که در فرایند ساختن و انجام دادن ریاضی، اشتباه کردن و آموختن از اشتباهات، یک راهبرد قوی است که به آن‌ها فرصت می‌دهد تا به تدریج، روش‌های خود را دقیق‌تر کنند و ابزارهای قابل‌اتکاتری خلق نمایند (گویا، ۱۳۹۱).

مرور پیشینه پژوهش آشکار می‌کند که از شروع هزاره سوم و توسعه هوش مصنوعی و انواع تکنولوژی‌های دیجیتال، اهمیت و ضرورت آموزش تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی چنان عیان شد که به‌عنوان بخشی از سواد رسانه‌ای در آموزش مدرسه‌ای، در مرکز توجه قرار گرفت. در این راستا، پژوهش‌های متعددی در سطوح پیش‌دبستانی تا پایه‌های آخر متوسطه، انجام شد تا چارچوبی برای شمول آموزش تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی در آموزش عمومی تدوین کنند که از آن میان، می‌توان به لی و همکاران^۶ (۲۰۱۱) و برنان و رزنیک^۷ (۲۰۱۲) اشاره نمود. در این راستا، اسکانتامبورلو^۸ (۲۰۱۴) در رساله دکتری خود، به این نتیجه رسید که تشخیص الگوها، نیازمند توانایی‌های انتزاع و تعمیم است و در نتیجه، در زمره تفکر محاسباتی قرار می‌گیرند. علاوه بر این، ووگت و همکاران^۹ (۲۰۱۵)، تلاش کردند تا با پژوهش درباره تفکر محاسباتی، برنامه‌ای برای ایجاد مهارت‌های مرتبط با آن در آموزش عمومی عرضه کنند. پس از آن، وینتروپ و همکاران^{۱۰} (۲۰۱۶) مدلی برای تفکر محاسباتی با چهار محور «تحلیل داده‌محور، مدل‌سازی محاسباتی، حل مسئله الگوریتمی و تفکر سیستمی» و به‌منظور پیوند دادن مفاهیم انتزاعی با مصادیق عملی ارائه دادند. افزون بر این‌ها، رومن-گونزالس، مورینو-لئون و رابلز^{۱۱} (۲۰۱۷) با مروری نظام‌وار بر پژوهش‌های این حوزه، سه راهبرد اصلی را برای توسعه مهارت‌های تفکر محاسباتی در آموزش مدرسه‌ای شناسایی کردند که شامل «استفاده از مضمون‌هایی در سراسر برنامه درسی»، «اضافه نمودن موضوع‌های مستقل درسی مانند انفورماتیک» و «تلفیق تفکر محاسباتی در درس‌هایی نظیر ریاضی و کار و فناوری» بود.

⁶ Lee, Martin, Denner, Coulter, Allan, Erickson, Malyn-Smith & Werner

⁷ Brennan & Resnick

⁸ Scantamburlo

⁹ Voogt, Fisser, Good, Mishra & Yadav

¹⁰ Weintrop, Beheshti, Horn, Orton, Jona, Trouille & Wilensky

¹¹ Román-González, Moreno-León & Robles

دسته دیگری از پژوهش‌ها، با تمرکز بر ارتباط بین تفکر محاسباتی و مباحث مربوط به علوم کامپیوتر از جمله ابزارهای دیجیتال، تکنولوژی اطلاعات و ارتباطات و کدگذاری انجام شد. برای مثال، تابش (۲۰۱۷) با اشاره به مهارت‌های تفکر محاسباتی در قرن ۲۱م مداخلات غیردیجیتال را در کنار ابزارهایی مانند برنامه‌نویسی، رباتیک و شبیه‌سازی‌ها توصیه کرد که همسو با یافته‌های و شوت، سان و آسبل-کلارک^{۱۲} (۲۰۱۷) بود. تابش و همکاران (۲۰۱۹) وی برای پیگیری آن توصیه، با کمک همکارانش برنامه‌ای با نام «پولی‌آپ»^{۱۳} تولید کردند که یک زمین بازی ریاضی دیجیتال است و هدف آن، فراتر از علوم کامپیوتر بوده و باعث ارتقای توانایی‌های حل مسئله و تفکر الگوریتمی می‌شود. لاکوود و دی‌چنه^{۱۴} (۲۰۲۰) نیز دامنه گسترده تفکر محاسباتی را فراتر از علوم کامپیوتر دانسته و به این جمع‌بندی رسیدند که معلمان، گزینه‌هایی مانند برنامه‌نویسی و آموزش اصول کامپیوتر نظیر نوشتن فلوجارت و الگوریتم را در اختیار دارند که از آن‌ها، می‌توانند به عنوان مقدمه‌ای برای آموزش تفکر محاسباتی استفاده کنند تا انعطاف و ظرفیت‌های بیشتری برای این آموزش، ایجاد شود.

گادانیدیس و همکاران^{۱۵} (۲۰۲۲)، نقل شده در آرفه، واردانگا و رانگنی^{۱۶}، ۲۰۲۰ و لدی^{۱۷}، (۲۰۲۰) بیان می‌کنند که آموزش تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی، نیاز محدودی به علوم کامپیوتر دارد. این در حالی است که به گفته کادی‌پویج، استفان و رفیع‌پور^{۱۸} (۲۰۲۳)، اتفاقاً محدودیت مشترک این مطالعات، وابستگی بیش از حدشان به تکنولوژی/علوم کامپیوتر، برای آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی در کلاس درس است و زمینه‌های بالقوه استقلال آموزش تفکر محاسباتی از علوم کامپیوتر، نادیده گرفته شده است. به این دلیل، بعضی پژوهشگران به یافتن روش‌هایی قابل دسترس و کم‌هزینه برای آموزش تفکر محاسباتی به معلمان و دانش‌آموزان بدون وابستگی به دانش و ابزارهای پیشرفته تکنولوژی پرداختند تا مشکل محدودیت منابع و زیرساخت‌های پیش‌نیاز را برای آموزش‌های مبتنی بر تکنولوژی که دی‌سیسا^{۱۹} (۲۰۱۸) مطرح کرده بود، برطرف شود. لاکوود و مونی^{۲۰} (۲۰۱۸) نیز در پژوهش خود، به بررسی جایگاه مناسب آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی در برنامه درسی متوسطه پرداختند و به نتایج مشابهی رسیدند.

¹² Shute, Sun & Asbell-Clarke

¹³ Polyup

¹⁴ Lockwood & De Chenne

¹⁵ Gadanidis, Silva, Hughes, Floyd & Namukas

¹⁶ Arfé, Vardanega & Ronconi

¹⁷ Lodi

¹⁸ Kadijevich, Stephens & Rafiepour

¹⁹ Disessa

²⁰ Lockwood & Mooney

از طرف دیگر به‌گفته رفیع‌پور و فارسانی (۲۰۲۱)، باوجودی که از زمان تأسیس نظام آموزش رسمی در ایران تا سال ۱۴۰۰، نظام آموزشی ایران شش اصلاح عمده را پشت‌سر گذاشته بود، در هیچکدام اشاره صریحی به تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی دیده نمی‌شد. با این حال برای اولین بار، در آخرین نسخه سند برنامه درسی ملی ایران (۱۴۰۰، ص. ۳۴)، بدون ارجاع صریح به مفهوم «تفکر محاسباتی» یا «تفکر الگوریتمی»، مهارت‌ها و مفاهیم مرتبط با این دو نوع تفکر، به‌شرح زیر، آمده است:

- تشخیص الگو و تولید الگو: «ریاضیات می‌تواند به عنوان علم مطالعه الگوها و روابط تعریف شود» (سند برنامه درسی ملی، ص ۳۳) و «در زمینه ریاضیات، دانش آموزان باید با ... و استفاده از الگوها آشنا شوند.»
- انتزاع: «ریاضی، افرادی را پرورش می‌دهد که توانایی انتزاع دارند.»
- برنامه‌نویسی و کدنویسی: «فناوری در ریاضیات و کاربردهای آن (ماشین حساب‌ها، کامپیوترها و برنامه‌نویسی) مورد تأکید هستند.»
- تحلیل داده: «پایه رشد و توسعه در ریاضیات مشاهده، توصیف و تحلیل محیط پیرامون است.»

از این گذشته، کمیسیون اروپا^{۲۱} (۲۰۲۲)، با هدف رسیدن به تعریفی نسبتاً جامع برای تفکر محاسباتی و مهارت‌های آن در آموزش عمومی، مروری نظام‌وار از پژوهش‌های انجام شده در این حوزه انجام داد. ولی باعنایت به تنوع گسترده‌ای که در آن پژوهش‌ها وجود داشت، به‌جای رسیدن به یک تعریف عملیاتی و مورد اجماع، این گزارش بر مهارت‌های تفکر محاسباتی متمرکز شد و آن‌ها را در دو مقوله «حل مسئله» و «برنامه‌نویسی» قرارداد (جدول ۱). این دومقوله نشان می‌دهد که تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی درهم تنیده هستند و مرز روشنی بین آن‌ها نیست که این بی‌مرزی، فرصت مناسبی برای تلفیق این مهارت‌ها با برنامه‌های درسی موجود فراهم می‌کند.

²¹ European Commission

جدول ۱. دسته‌بندی مهارت‌های تفکر محاسباتی در دومقوله اصلی حل مسئله و برنامه‌ریزی و محاسبه (کمیسیون اروپا^{۲۲}، ۲۰۲۲)

برنامه‌ریزی و محاسبه	حل مسئله
تفکر الگوریتمی، طراحی الگوریتم، خودکارسازی ^{۲۶} ، منطق بولی ^{۲۷} ، محاسبه، مدل‌سازی محاسباتی، شرطی‌ها ^{۲۸} ، انواع داده، رخدادها، توابع، تکرار شونده‌ها ^{۲۹} ، دورها (تکرار)، ماژول‌سازی ^{۳۰} ، سِری‌سازی ^{۳۱} ، موازی‌سازی ^{۳۲} ، امتحان کردن و رفع عیب ^{۳۳} ، رشته‌ها (اجراهای موازی ^{۳۴})	تجرید، جمع‌آوری و تحلیل داده، منطق بولی محاسباتی ^{۲۳} ، مدل‌سازی محاسباتی، بازنمایی، تجزیه ^{۲۴} ، کارآمدی، ارزشیابی، تعمیم، منطق و تفکر منطقی، مدل‌سازی، الگوها و شناخت الگوها، الگوهای تکرار شونده، شبیه‌سازی، تفکر سیستمی، تصویرسازی ^{۲۵}

جمع‌بندی

به‌گفته‌ی وان بورکولو و همکاران^{۳۵} (۲۰۲۱)، تلاش فزاینده‌ای باهدف آگاهی‌بخشی سیاستگذاران آموزشی و معلمان، برای تلفیق آموزش تفکر محاسباتی با برنامه‌های درسی موجود، انجام شده است. با وجود این، روشن شدن چگونگی این تلفیق نیازمند انجام پژوهش‌های همه‌جانبه‌ای است (هیکموت، پریروتو-رودری گوئز و هولمز^{۳۶}، ۲۰۱۸). برای نمونه، استفنز و بوتو^{۳۷} (۲۰۲۳) بر اهمیت توجه متعادل به تفکر محاسباتی در برنامه درسی ریاضی و تأکید بر آموزش همه‌جانبه‌ای آن و ارزیابی تفکر محاسباتی در کلاس‌های

²² European Commission. Joint Research Centre

²³ Boolean Logic Computation

²⁴ Decomposition

²⁵ Visualisation

²⁶ Automation

²⁷ Boolean Logic

²⁸ Conditionals

²⁹ Iteration

³⁰ Modularisation

³¹ Sequencing

³² Parallelisation

³³ Debugging

³⁴ Threads (Parallel Execution)

³⁵ van Borkulo et al

³⁶ Hickmott, Prieto-Rodriguez & Holmes

³⁷ Stephens & Buteau

ریاضی و کار بر روی مدل‌هایی برای آموزش تفکر محاسباتی در ریاضی، تأکید کردند. ولی آنچه که از بررسی پیشینه در این مطالعه و دسته‌بندی مهارت‌های تفکر محاسباتی که در گزارش ۲۰۲۲ کمیسیون اروپا که حاصل مرور نظام‌مند پژوهش‌های انجام شده در ارتباط با تفکر محاسباتی مشاهده می‌شود این است که ارتباط نزدیکی بین این نوع تفکر و ریاضی دیده می‌شود. در واقع، از دسته‌بندی مهارت‌های تفکر محاسباتی در این گزارش، چنین استنباط می‌شود که درس‌های ریاضی، بالقوه بستر مناسبی برای آموزش تفکر محاسباتی هستند و از بین مفاهیم ریاضی، مثلثات به دلیل ویژگی‌های تلفیقی الگوریتمی و محاسباتی و انتزاعی که دارد، موضوعی مناسب برای حل مسئله و آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی است.

ایران، بستر تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی

تاریخ ریاضی در ایران، بیانگر این است که ریاضی‌دان‌های ایرانی، علاوه بر جنبه‌های انتزاعی ریاضی، به ریاضیات برآمده از نیازهای ملموس و عینی شهره بودند. به گفته برگرن (۱۹۸۶)، ریاضی‌دان‌های دوران طلایی ایرانی/اسلامی، ترکیب‌های نوآورانه‌ای از جبر و هندسه خلق کردند که آن‌ها را به ایجاد تفسیرهای هندسی جالبی از جبر، راهنمون شد. از طرف دیگر، محمدبن موسی خوارزمی به روش «جبر و مقابله»، معادله درجه دوم را از طریق مربع کامل حل کرد که توجیه هندسی برای حل معادله بود (خوارزمی، بی‌تاریخ). راه حل روش‌مند خوارزمی برای معادله درجه دوم چنان بدیع بود که شاخه مهم جبر^{۳۸} در ریاضی، به آن نامیده شد. علاوه بر این، واژه «الگوریتم»، معادل انگلیسی «الخوارزمی» است که بعد از رنسانس، جایگاه مهمی در توسعه ریاضی یافت و در قرن بیستم و توسعه تکنولوژی، تفکر الگوریتمی مورد توجه بیشتری واقع شد. از طرف دیگر، حکیم عمر خیام، معادله درجه سوم را به روش هندسی حل کرد و در حقیقت در ایران، جبر از دل هندسه زاییده شد.

ویژگی اصلی ریاضی در دوران طلایی ایرانی/اسلامی، تلفیق و ایجاد هماهنگی بین بخش‌های مختلف ریاضی بود که از درخشان‌ترین آن‌ها، کارهای ابوالوفا بوزجانی (۱۳۶۸) و غیاث‌الدین جمشیدکاشانی بود که توانست قطرزمین را محاسبه کند و این کار نشان می‌دهد که ریاضی‌دان‌های ایرانی می‌دانستند که زمین صاف نیست و گروی است. وی با تقریب عدد π تا ۱۶ رقم اعشار نیز،

جبر از ریشه جبران است که خوارزمی در کتاب معروف خود با عنوان «جبر و مقابله»، به تشریح آن پرداخته است. Algebra³⁸

مثلثات، بستری برای آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی...؛ قاسمی و همکاران / ۷۳

نشان داد که عدد π گنگ است (شهریاری، ۱۳۷۸ ب؛ لونگ³⁹، ۲۰۰۸، به نقل از ظاهر^{۴۰}، ۱۹۹۷)، براین باور است که ریاضی و علوم در دنیای مدرن، از ریاضی دوران طلایی اسلامی منفعت برده است.

مثلثات بخش مهمی در برنامه درسی ریاضی متوسطه در ایران است و به دلیل نقش برجسته آن، بررسی توسعه تاریخی آن می‌تواند نشان‌دهنده و شاخصی برای چگونگی توسعه برنامه درسی ریاضی در ایران باشد (رضایی، ۱۳۹۳). منابع اصلی مثلثات عمدتاً یونانی و هندی بودند، که وجود مستقلی از هندسه نداشتند. با این حال، ریاضی‌دانان ایرانی در طول تاریخ به آن هویت مستقل بخشیدند و آن را به شیوه‌ای نو معرفی کردند (فرشاد، ۱۳۶۶). همچنین مثلثات یکی از سنت‌های قوی در ریاضیات مدرسه‌ای ایران است که ریشه در فرهنگ علمی ایران دارد (گویا، ۱۴۰۱). مثلثات دارای پیچیدگی‌های ذاتی مختلفی است که چالش‌هایی را برای دانش‌آموزان در یادگیری مفاهیم آن ایجاد می‌کند. این پیچیدگی‌ها منجر به این شده است که بسیاری از دانش‌آموزان ایرانی حتی پس از تکمیل چرخه یادگیری، درک محدودی از مثلثات داشته باشند (علامه و گویا، ۱۳۹۳). از این گذشته، مثلثات در پیوند استدلال هندسی، جبری و گرافیکی که به عنوان پیش‌نیاز مهمی برای درک پیش‌حسابان و حسابان عمل می‌کنند، دارای پیچیدگی‌هایی است (وهر، ۲۰۰۵).

روش‌شناسی پژوهش

هدف این پژوهش، بررسی چگونگی آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی در دوره آموزش عمومی در ایران بود. در این پژوهش، از رویکرد کیفی استفاده شد و روش انجام تحقیق، استفاده از تحلیل محتوای کیفی و گروه‌های کانونی بود.

چارچوب نظری و تحلیل داده‌ها: برای انجام این پژوهش و تحلیل داده‌های آن، از گزارش کمیسیون اروپا (۲۰۲۲) به عنوان شاخصی برای محک‌زدن مصداق‌های مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی استفاده شد. همچنین، مدل وینتروپ و همکاران (۲۰۱۶) برای تفکر محاسباتی با چهار محور «تحلیل داده‌محور، مدل‌سازی محاسباتی، حل مسئله الگوریتمی و تفکر سیستمی» در تحلیل داده‌ها مورد توجه واقع شد.

³⁹ Lueng

⁴⁰ Zaher

شرکت‌کنندگان: نویسنده اول که پژوهشگر و معلم ریاضی است، با دوهمکار خود که یکی معلم ریاضی باتجربه و دیگری معلم کامپیوتر بود، راجع به پژوهش و هدف از انجام آن و توضیح‌های شفاهی و ارسال نسخه‌ای از پروپوزال طرح پژوهش، از آن‌ها دعوت نمود تا در صورت تمایل، در این مطالعه شرکت کنند. سپس با روشی که به گلوله‌برفی موسوم است، شرکت‌کنندگان بعدی از طریق آنان شناسایی و داوطلب شرکت در مطالعه شدند. در نهایت ۲۵ معلم شامل پنج معلم ابتدایی و ۱۹ معلم متوسطه با تنوع مدرسه‌ای و پراکندگی جغرافیایی، در گروه‌های کانونی شرکت کردند. از بین معلمان دوره متوسطه، ۱۰ نفر به تدریس ریاضی، پنج نفر علوم کامپیوتر و چهار نفر مدرس کار و فناوری بودند.

تحلیل محتوای کیفی: تمام کتاب‌های درسی پایه‌های اول تا ۱۲م، با استفاده از مهارت‌های ارائه شده در گزارش کمیسیون اروپا (۲۰۲۲) به‌عنوان شاخص تحلیل شدند. تحلیل کیفی به این معنا بود که مواردی که به‌نظر جزو این مهارت‌ها محسوب می‌شد، پس از بحث و گفت‌وگو و تفسیر و به‌چالش کشیدن، تا رسیدن به توافق و اجماع، ادامه می‌یافت.

گروه کانونی: تحلیل کتاب‌های درسی در پنج‌جلسه آنلاین برنامه‌ریزی شد که در دو جلسه اول، معلمان ابتدایی حضور داشتند و با مشارکت آنان، تمام کتاب‌های درسی دوره ابتدایی برای پیدا کردن مواردی که ممکن بود با مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی مرتبط باشند، تحلیل شدند. در سه جلسه نیز با حضور معلمان متوسطه، کتاب‌های دوره اول و دوره دوم متوسطه تحلیل شدند.

جمع‌آوری داده‌ها و ابزار: داده‌ها از طریق ضبط شنیداری صحبت‌های انجام شده در پنج جلسه گروه‌های کانونی جمع‌آوری شد. برای این کار، به شرکت‌کنندگان توضیح داده شد که گفت‌وگوها پیاده و برای تحلیل به متن تبدیل می‌شوند و از همه، رضایت شفاهی گرفته شد. همچنین، برای حفظ محرمانه‌بودن افراد، ارجاع به نقل قول‌ها بدون نام صورت گرفت.

اعتباربخشی: تنوع معلمان شرکت‌کننده در پژوهش، گفت‌وگوهای رفت و برگشتی با آنان برای اطمینان از صحت برداشت پژوهشگران از نظرات آنان، ارسال متن گفت‌وگوها و دسته‌بندی انجام شده از آن‌ها، پژوهشگران را از اعتبار داده‌ها و یافته‌ها مطمئن کرد.

محدودیت پژوهش: این پژوهش به جنبه‌هایی از تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی پرداخت که مورد توافق کمیسیون اروپا (۲۰۲۲) و مدل وینتروپ و همکاران (۲۰۱۶) بود. طبیعی است که با تغییر زاویه دید، نتایج دیگری که البته نزدیک به هم هستند،

حاصل شود، به‌ویژه آن‌که تعریف مورد اجماعی برای این دو نوع تفکر وجود ندارد و بستگی به تعبیر و تفسیر پژوهشگران دارد. علاوه بر این، انتخاب شرکت‌کنندگان برای جلسه‌های گروه کانونی، محدود به علاقه و تمایل آنان به مشارکت بود. دست‌آخر، جلسه‌ها به‌صورت آنلاین برگزار می‌شد و تنها داده‌ای که امکان جمع‌آوری داشت، کلمات بودند و کمک گرفتن از سایر داده‌ها مانند زبان بدن، وجود نداشت.

یافته‌ها

برای شناسایی موارد صریح یا ضمنی در ارتباط با آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی، کتاب‌های درسی ۱۲ پایه به همکاری معلمان در جلسه‌های کانونی بررسی شد. روند این بررسی بدین ترتیب بود که ابتدا، اعضای گروه کانونی موارد مختلفی را که فکر می‌کردند می‌توانند به‌عنوان مصداق‌هایی برای تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی به حساب آیند، مشخص کردند. سپس از مهارت‌های بیان شده در گزارش کمیسیون اروپا (۲۰۲۲) به‌عنوان شاخصی برای محک زدن آن مصداق‌ها استفاده شد. افزون بر این، مدل وینتروپ و همکاران^{۴۱} (۲۰۱۶) برای تفکر محاسباتی با چهار محور «تحلیل داده‌محور، مدل‌سازی محاسباتی، حل مسئله الگوریتمی و تفکر سیستمی» نیز در نظر گرفته شد. در مورد هر نمونه، بحث و تبادل نظر بین اعضا تا جایی ادامه یافت تا اجماع حاصل شود. در این بررسی، معلوم شد که در کتاب‌های درسی پایه‌های اول تا پنجم، به این مهارت‌ها پرداخته نشده است. در حالی که در کتاب‌های درسی «تفکر و پژوهش»، «کار و فناوری» و «ریاضی» پایه‌های ششم تا نهم، ردپای تفکر محاسباتی به‌صورت صریح یا ضمنی وجود دارد که شناسایی شدند (جدول ۱).

جدول ۱. مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی در کتاب‌های درسی پایه‌های ششم تا نهم

پایه	عنوان کتاب	مورد مرتبط با تفکر محاسباتی/تفکر الگوریتمی	مهارت‌ها
ششم	تفکر و پژوهش	آموزش اصول اولیه پژوهش نظیر پرسش‌گری، جمع‌آوری و تفسیر اطلاعات	تحلیل داده‌ها، جمع‌آوری داده‌ها، نمایش داده‌ها

⁴¹ Weintrop, Beheshti, Horn, Orton, Jona, Trouille & Wilensky

پایه	عنوان کتاب	مورد مرتبط با تفکر محاسباتی / تفکر الگوریتمی	مهارت‌ها
ششم	کار و فناوری	اختصاص یک پودمان‌های بر آموزش الگوریتم‌ها و کدنویسی اسکرچ، آشنا کردن دانش‌آموزان با فهم مسئله، راهبردهای حل مسئله، شکستن مسئله به مسئله‌های کوچک‌تر، مرحله‌بندی و حل آن‌ها	الگوریتم‌ها، تجزیه، کدنویسی
هفتم	ریاضی	ارائه چند راهبرد حل مسئله شامل شکستن مسئله به زیرمسئله‌های کوچک‌تر و ساده‌تر، کشف الگوها، ارائه راه‌حل‌های نمادین و کلی جبری برای دسته‌ای از مسائل مشابه در فصل اول	انتزاع، مدل‌سازی، الگوها، تشخیص الگوها، تکرار الگوها، تجزیه
هشتم	کار و فناوری	اختصاص یک پودمان به آموزش مقدماتی برنامه‌نویسی پایتون	برنامه‌نویسی
نهم	کار و فناوری	اختصاص یک پودمان به آموزش فلوچارت‌ها و الگوریتم‌ها اختصاص یک پودمان به آموزش برنامه‌نویسی پایتون ^{۴۲}	تفکر الگوریتمی، برنامه‌نویسی

تحلیل محتوای کتاب‌های درسی دوره دوم متوسطه، نشان داد که پرداختن به مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی متوقف شده است. همچنین، توضیح‌های تکمیلی و نقد شرکت‌کنندگان در مورد مصداق‌های آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی، جای تأمل دارد. برای نمونه، معلمان اظهار کردند که در پایه ششم، با وجود این‌که «از عنوان کتاب تفکر و پژوهش انتظار می‌رود که دانش‌آموزان با انواع مختلف تفکر آشنا شوند، ولی ردّ پای بسیار ضعیف و تقریباً ناموجودی از تفکر محاسباتی در این کتاب دیده می‌شود». همچنین در کتاب کار و فناوری همین پایه، «تلاش شده است تا مبانی تفکر الگوریتمی به زبانی ساده آموزش داده شود. با این حال، در مورد مهارت تجزیه به عنوان یکی از اهداف این پودمان، فعالیت یا آموزش قابل توجهی مشاهده نشد». در رابطه با کتاب

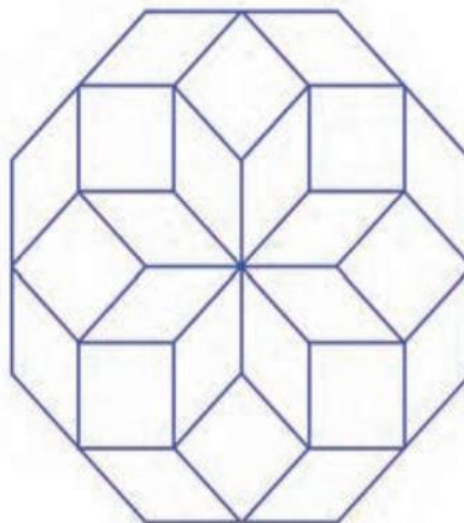
^{۴۲} به گفته شرکت‌کنندگان، بعضی مدارس از سکوهایی مانند کادکام، محیط‌های آنلاین پایتون و روبومایند^{۴۳} استفاده می‌کنند که اغلب در برنامه‌های فوق‌برنامه، گنجانده می‌شود.

ریاضی پایه هفتم که فصل اول آن به آموزش راهبردهای حل مسئله اختصاص دارد، اکثر معلمان آن را تنها «نقطه شروعی در برنامه درسی برای یادگیری نحوه استفاده از نمادها و انتزاعات جبری» می‌دیدند.

تعداد دیگری از شرکت‌کنندگان در رابطه با یکی از پودمان‌های کتاب کار و فناوری پایه هشتم، بیان کردند که «مستقیماً بر پایه برنامه‌نویسی اسکرچ در پایه هفتم بنا شده است و برنامه‌نویسی پایتون را معرفی می‌کند. در حالی که هنوز مشخص نیست دانش‌آموزان چقدر با دانش پیش‌نیاز تفکر محاسباتی مورد نیاز برای این سطح از برنامه‌نویسی آشنا هستند». این در حالی بود که به نظر آنان، کتاب کار و فناوری پایه نهم، «شامل فعالیت‌های خوبی با هدف آموزش الگوریتم‌ها است».

در مجموع، تحلیل محتوا بیانگر این بود که اگرچه بخش‌هایی از کتاب‌های درسی کار و فناوری در پایه‌های هشتم و نهم، به‌اختصار آموزش اسکرچ و پایتون را پوشش داده‌اند، ولی راجع به ارتباطشان با سایر موضوع‌های درسی، اشاره‌ای نشده است. در صورتی که مشاهدات معلمان کامپیوتر و ریاضی شرکت‌کننده در گروه کانونی، حاکی از این بود که گنجاندن فعالیت‌هایی شامل کدنویسی یا نوشتن برنامه‌های مناسب، می‌تواند به یادگیری مفهومی ریاضی کمک کند و منجر به ارتقای مهارت‌های تفکر محاسباتی هم بشود. به نظر آنان، این در حالی است که زمینه برای ایجاد پیوند مستقیم در بسیاری از مثال‌ها و فعالیت‌های کدگذاری در کتاب کار و فناوری پایه هشتم و به‌ویژه جایی که اشکال هندسی تولید می‌شوند، فراهم شده است. برای مثال، شکل ۱ مربوط به فعالیتی است که برای

```
polygon.py - C:\Users\006289138\Desktop\polygon.py (3.8.2)
File Edit Format Run Options Window Help
import turtle
t=turtle.Turtle()
t.shape("turtle")
t.color("blue")
t.speed("fast")
screen = turtle.Screen()
t.width(3)
for i in range(8):
    for j in range(8):
        t.forward(100)
        t.right(45)
        t.right(45)
t.hideturtle()
```



تحلیل رابطه بین سطور دستورات و کدها و شکل خروجی طراحی شده است، ولی معلمان می‌توانند از آن، به‌مثابه فرصت مناسبی برای آموزش مفاهیم ریاضی، استفاده کنند.

شکل ۱: ادغام کد با شکل‌های هندسی در آموزش پایتون؛ کتاب درسی کار و فناوری، پایه هشتم

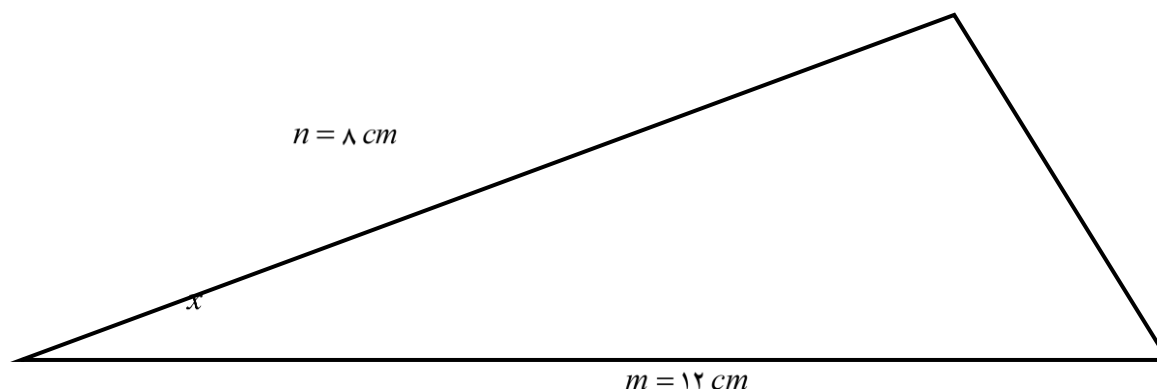
به‌گفته آنان، معلمان می‌توانند به‌جای این شکل، یکی از اشکال هندسی آموزش داده‌شده در کتاب درسی ریاضی همین پایه را جایگزین کنند و به جای این‌که دانش‌آموزان تنها کدهای دستوری را برای تولید شکل مربوطه بنویسند، درباره ویژگی‌ها و خصوصیات شکل‌ها از طریق رسم، رنگ‌آمیزی، شمارش ضلع‌ها و محاسبه محیط و مساحت آن‌ها از طریق کدنویسی، مهارت‌های ریاضی و برنامه‌نویسی خود را ارتقا دهند. افزون بر این‌ها، اعضای گروه کانونی تأکید داشتند که علاوه بر هندسه، آمار و مثلثات هم امکان بالقوه‌ای برای پیوند تفکر ریاضی با تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی دارند. مثلاً وقتی که دانش‌آموزان داده‌ها را تفسیر و تحلیل می‌کنند، آن‌ها را در نمودارها و جدول‌ها سازماندهی می‌کنند و معیارهای گرایش به‌مرکز و پراکندگی را از طریق برنامه‌هایی که می‌نویسند، استخراج می‌کنند که این کار، تمثیلی از این پیوند است. درمورد مثلثات که تمرکز پژوهش بر آن بود، به‌کمک سه مسئله، امکان بالقوه این تلفیق با تفصیل بیشتری بحث شد که با جزئیات بیشتری معرفی می‌شوند.

تلفیق مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی با مثلثات

پس از بررسی محتوای مثلثات در کتاب درسی حسابان (۱) رشته فیزیک-ریاضی دوره دوم دبیرستان، معلمان در جلسه‌های گروه کانونی، دریافتند که معلمان ریاضی و دانش‌آموزان، اغلب از راهکارهایی استفاده می‌کنند که از جنس و مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی است. برای مثال، هنگام حل یک معادله مثلثاتی، ابتدا فرضیات مسئله را ارزیابی می‌کنند تا تعیین کنند آیا شرایط به‌کارگیری یک روش حل خاص برقرار است یا خیر که تفسیر آن، «مهارت استفاده از شرط‌ها» بیان شد. یا این‌که به‌گفته آنان، دانش‌آموزان هنگام استفاده از رویکرد حل انتخاب‌شده، تکنیک‌های محاسباتی مناسب و بسته‌های دانش مورد نیاز را برای بخش مشخصی از حل، فراخوانی و فعال می‌کنند که درواقع، همان «مهارت به‌کارگیری ماژول‌ها» است. اگر این اقدامات آن‌ها را به‌پاسخ درست یا مورد نظر نرساند، بازنگری می‌کنند و به‌عقب برگشته و مراحل انجام‌شده را ارزیابی می‌کنند تا اشتباه‌های رخ‌داده را شناسایی و اصلاح کنند که متناظر با مهارت «تحلیل خطا و اشکال‌زدایی» است. درنهایت، معلمان بر این باور بودند که اکثر دانش‌آموزان، سعی

می‌کنند با رویکردی کل‌نگر و ایجاد تغییراتی مانند کاهش مراحل و جایگزینی زیر عملیات‌های طولانی با عملیات کوتاه‌تر، فرایند حل را بهینه کنند که این کار، به منزله «بهبود فرایند» است. در ادامه برای درک بهتر چگونگی تلفیق مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی با مثلثات، معلمان سه مسئله را از کتاب درسی حسابان (۱) رشته فیزیک-ریاضی انتخاب کردند و به تحلیل آن‌ها پرداختند.

مسئله ۱. با توجه به عبارت $\cos(2x) - \frac{\sqrt{3}}{4} \sin x = 0$ ، مساحت مثلث زیر را پیدا کنید:



تحلیل معلمان: برای حل مسئله ۱، لازم است که دانش‌آموزان در گام اول، ابتدا معادله مثلثاتی را حل کنند. سپس در گام دوم، پس از تعیین مقدار مجهول x ، به محاسبه مساحت مثلث پردازند. که نیازمند مهارت‌های جبری و هندسی است.

مسئله ۲. موقعیت زاویه $\frac{13\pi}{4}$ را روی دایره مثلثاتی تعیین کنید.

تحلیل معلمان: برای حل مسئله ۲، لازم است چندین شرط بررسی شود که همان مهارت «بررسی شرط‌ها» محسوب می‌شود که بدون در نظر گرفتن آن‌ها، تعیین موقعیت یک زاویه روی دایره مثلثاتی ممکن نیست. این بررسی‌ها، تمرینی غیرمستقیم برای ارتقای مهارت تعیین و به کارگیری شرط‌ها است که در تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی، به آن‌ها اشاره شده است. برای این مسئله، فهرست شرط‌ها بدین‌قرار است.

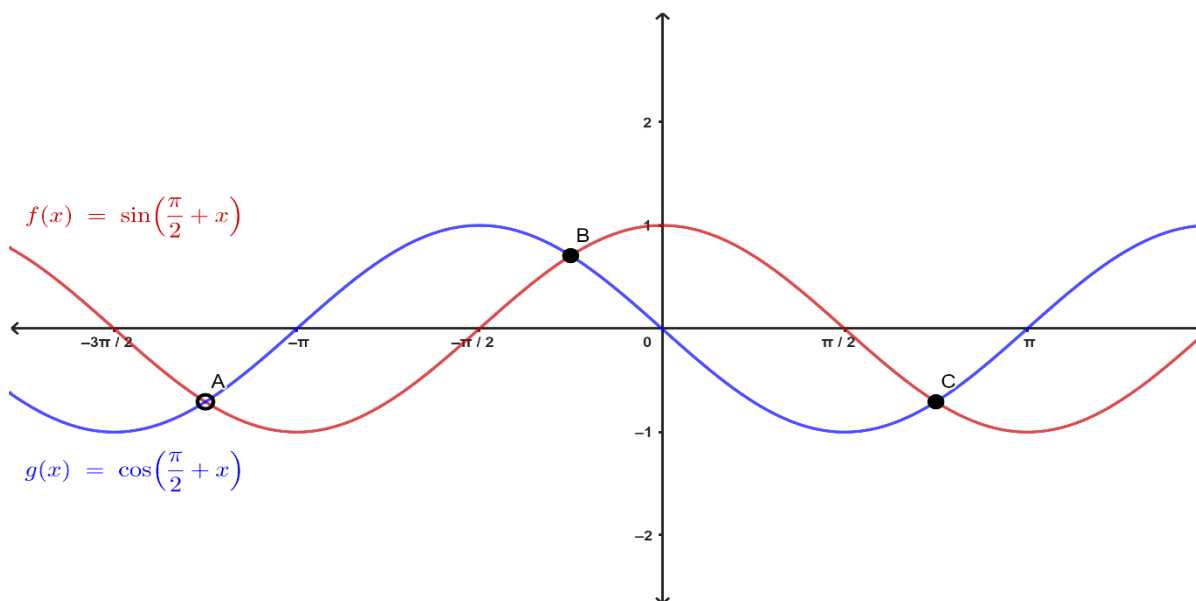
- آیا این کمان مثبت است یا منفی؟ (جهت چرخش روی دایره مثلثاتی، مهم است.)
- این کمان، از کدام یک از مضارب 2π عبور می‌کند یا با آن برابر است؟ (انتهای کمان، در کدام ناحیه قرار دارد؟)

- این کمان، از کدام‌یک از مضارب $\frac{\pi}{۲}$ عبور می‌کند یا با آن برابر است؟ (انتهای کمان در کدام ربع مثلثاتی است؟)
- این کمان، بین کدام زاویه‌های معروف/آشنا قرار می‌گیرد یا مساوی با آنهاست؟ (تعیین موقعیت دقیق انتهای کمان روی دایره).

علاوه بر این، در این مسئله به‌جای استفاده از یک زاویه و یک واحد اندازه‌گیری، دانش‌آموزان می‌توانند از چندین زاویه با واحدهای مختلف استفاده کنند و این حلقه یعنی یافتن موقعیت زاویه بر روی دایره واحد مثلثاتی، می‌تواند چندین‌دفعه تکرار شود که برای آموزش «مهارت استفاده از حلقه» در تفکر محاسباتی، فرصت آموزشی مناسبی است.

مسئله ۳. معادله مثلثاتی $\sin\left(\frac{\pi}{۲} + x\right) - \cos\left(\frac{\pi}{۲} + x\right) = ۰$ را به صورت هندسی در بازه $[-\pi, \pi]$ حل کنید.

تحلیل معلمان: تجربه آموزش مثلثات به‌معلمان نشان داده بود که برای حل مسئله ۳، دانش‌آموزان نیاز دارند ابتدا آن را به دو عبارت مثلثاتی برابر در دوسوی تساوی تجزیه کنند که هرکدام، می‌تواند به‌عنوان یک تابع رسم شود و این عمل، در زمره «مهارت تجزیه» قرار می‌گیرد. برای مثال، شکل ۲ یک تجزیه درست را برای این معادله نشان می‌دهد.



شکل ۲: انتخاب تجزیه مناسب در حل یک معادله مثلثاتی با روش هندسی (تجزیه) (مسئله ۳)

این مسئله به دلیل آنچه که بیان شد، مهارت تجزیه در تفکر محاسباتی را تقویت می‌کند. اشتباه و خطا در این مرحله، ممکن است دانش‌آموز را در جهت اشتباه تا انتهای محاسبه پیش ببرد. به نظر معلمان، دانش‌آموزان می‌توانند در گروه‌های کوچک مشارکتی، به‌عنوان ماژول‌های مستقل اما هماهنگ با دیگر ماژول‌ها، عمل کنند. بدین صورت، هر ماژول نقش خاص خود را انجام می‌دهد و موقعی که زمان فراخوانی و فعال کردن ماژول مربوطه فرا می‌رسد و گروه وارد فرآیند حل مسئله می‌شود، هر گروه/ماژول، تکلیف خود را کامل می‌کند، خارج می‌شود و کار را به ماژول بعدی می‌سپارد و این روند، به آن‌ها کمک می‌کند تا مهارت «ماژول‌سازی» خود را ارتقا دهند. در این بین، معلم می‌تواند نقش «مدیر ماژول» را که هماهنگ‌کننده و تسهیل‌کننده ارتباط بین ماژول‌ها است، ایفا کند. مدیر با کنترلی که می‌کند، متوجه خطایی در فرآیند حل مسئله می‌شود و به هر ماژول اعلام می‌کند تا عملیات انجام‌شده در گروه خود را بررسی کنند و خطای احتمالی را اشکال‌زدایی کنند. بدین ترتیب، دانش‌آموزان برای کسب مهارت «تحلیل خطا و اشکال‌زدایی درون هر ماژول»، تمرین می‌کنند. معلمان می‌توانند فرآیند اشکال‌زدایی را از بیرون هم مدیریت کنند که همان «تحلیل خطا و اشکال‌زدایی از بیرون و به صورت سراسری» است. افزون بر این، باتوجه به این که سطح توانایی‌ها و مهارت‌های دانش‌آموزان در گروه‌های مختلف یکسان نیست، معلمان می‌توانند پویایی سیستم را افزایش دهند، عملکرد را بهبود بخشند، سرعت عملیات را با راهنمایی‌های خود افزایش دهند و خطاها را با بازآرایی دانش‌آموزان و بازچینش آن‌ها در گروه‌هایی که در عملیات خاص تخصص بیشتری دارند، کاهش دهند تا بدین شکل، مهارت‌های «بهبود فرایند و روان‌سازی، بهینه‌سازی و تفکر سیستمی» را که در تفکر محاسباتی مهم است، ارتقا دهند. علاوه بر این، وقتی یک عملیات خاص می‌تواند با روش‌های مختلف انجام شود، معلمان به یک ماژول (یک گروه با مسئولیت مشخص) پیشنهاد می‌دهند که از روش‌های کوتاه‌تر با عملیات کمتر استفاده کنند یا آن‌ها را با یک معادله هم‌ارز جایگزین کنند. در نتیجه با تکرار مراحل حل مسئله، ماژول‌های مرتبط با توصیه معلمان وارد می‌شوند و روش قبلی را جایگزین می‌کنند و فرآیند حل مسئله را کارآمدتر می‌کنند تا مهارت «بهبود فرایند» خود را ارتقا دهند. برای نمونه در مسئله ۳، معلمان می‌توانند پیشنهاد استفاده از یک اتحاد مثلثاتی متفاوت را به جای اتحاد مثلثاتی قبلی بدهند، یا هنگام حل یک معادله درجه دوم، ابتدا بررسی کنند که آیا این معادله می‌تواند از روش‌های کوتاه‌تر و سریع‌تر مانند روش تجزیه و فاکتورگیری به جای روش دلتا حل شود یا خیر؟

بحث و نتیجه‌گیری

از یافته‌های این مطالعه، نتیجه‌گیری می‌شود که در حال حاضر، می‌توان از راه‌حل‌های کوچک‌تر و حداقلی کمک گرفت و به تدریج، ظرفیت‌های بیشتری را برای تلفیق آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی با درس‌های ریاضی و سایر درس‌های بالقوه

مستعد برای این پیوند، ایجاد کرد. این روند به معنای این است که با امکانات زیرساختی محدود هم، آموزش مهارت‌های این دو نوع تفکر با وجود کمبود منابع دیجیتال، سخت ولی امکان‌پذیر است.

هدف این پژوهش، بررسی امکان آموزش مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی از طریق آموزش عمومی و برنامه درسی موجود در ایران بود. از بین درس‌های مدرسه‌ای، ریاضی ظرفیت مناسبی است و موضوع‌های ریاضی مانند مثلثات که ماهیت تلفیقی دارند و از نظر فرهنگی و تاریخی نیز علاقه‌مندی به آن در ایران زیاد است، برای این آموزش مستعدتر هستند.

لازم به یادآوری است که وزارت آموزش و پرورش برای ارتقای آموزش تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی، پس از بررسی برنامه‌های ضمن خدمت و توسعه حرفه‌ای معلمان، طرح سواد دیجیتال را توسط معاونت ابتدایی وزارت آموزش و پرورش با هدف آموزش برنامه‌نویسی و سواد دیجیتال برای معلمان و دانش‌آموزان دوره ابتدایی و جبران کمبودهای برنامه درسی در پنج حوزه اصلی تفکر محاسباتی، سواد دیجیتال، شبکه‌های ارتباطی و طراحی سیستم و امنیت سایبری در سال تحصیلی ۱۴۰۱-۱۴۰۲ طراحی و با حدود ۲۰,۰۰۰ معلم ابتدایی، آن را اجرا نمود. در حوزه‌های تفکر محاسباتی، تمرکز این برنامه بر آموزش: مدل‌سازی و شبیه‌سازی، تحلیل داده، تجسم، تجزیه، الگوریتم‌ها و برنامه‌نویسی بود و وب‌سایت این طرح همچنان فعال است. در حالی که هنوز ارزیابی ملی از اجرای این برنامه و تعیین موفقیت آن در دستیابی به اهدافش، اجرا نشده است و تنها یک ارزیابی محدود در سطح پایان‌نامه کارشناسی ارشد و برای منطقه‌ای خاص، انجام شده است (معتمدی و مرادی، ۱۴۰۴) که تأثیر این طرح را بر بهبود مهارت‌های تفکر محاسباتی دانش‌آموزان ابتدایی، مثبت ارزیابی کرده است. نقد معلمان بر برنامه این بود که با وجود نقاط مثبتی که دیده شده، به نظر می‌رسد که طرح سواد دیجیتال، برای تلفیق مهارت‌های تفکر محاسباتی و تفکر الگوریتمی در آموزش عمومی ایران، کافی نیست. بدین جهت می‌توان از نتایج این مطالعه، برای بهبود و توسعه آموزش‌های معلمان در آموزش عمومی، بهره برد.

References

- Al Khwarizmi, Mohammad ibn Musa. (?). *Kitab al Jabr wa-l-Muqabala: Foundational Text on Algebra and Solving Equations*. Translated by H. Khadivjam. Etelaat ublisher. [In Persian]
- Al Sijzi, A. A. (979-981). *Treatise on Geometrical Problem Solving*. Translated by M. Bagheri into Farsi (1996) and into English by J. Hogendijk. (1996). [In Persian]
- Allameh, M. & Gooya, Z. (2014). Students' Misconceptions of Trigonometric Concepts. *Roshd; Mathematics Education Journal*. Teaching Aids Publication Office. Organization of Research & Educational Planning. Ministry of Education. [In Persian]
- Amiri, H. R. et al. (2024, 8th edition). *Calculus (1)*. 11214. Grade 11, Mathematics & Physics Major. Organization for Research & Educational Planning. Ministry of Education. [In Persian]
- Berggren, J. L. (1986). *Episodes in the Mathematics of Medieval Islam*. 1st edition. Springer Verlag.
- Berggren, J. L. (1990). Proof, pedagogy, and the practice of mathematics in Medieval Islam. *Interchange*. 21(1), 36–48.
- Būzhjānī, A. W. M. b. M. (n.d.). *Iranian geometry: Application of geometry in practice* (S. A. Jazbi, Trans. & Suppl.; 1st ed., 1990). Soroush Publications. (1st Edition.) [In Persian]
- Bocconi, S., Augusto, C., Giuliana, D., Anusca, F. & Katja, E. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education—Implications for policy and practice*. European Commission, Joint Research Centre.
- Brennan, K. & Resnick, M. (2012). *New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking*.
- Disessa, A. (2018). Computational literacy and “the big picture” concerning computers in mathematics education. *Mathematical Thinking and Learning*, 20(1), 3–31.
<https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1403544>.
- Edalat, A. (2001). Tradition of Islamic Mathematics Research in Iran. A Glimpse of Edalat's Speech at the Opening of the 34th Iranian Mathematics Conference. *Roshd; Mathematics Education Journal*. Teaching Aids Publication Office. Organization of Research & Educational Planning. Ministry of Education. [In Persian]
- Document of the National Curriculum. (Last Edition, 2021). Ministry of Education. The Author.

European Commission Joint Research Centre. (2022). Reviewing computational thinking in compulsory education: State of play and practices from computing education. Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2760/126955>.

Farshad, M. (1987). History of Science in Iran. Amirkabir Publication. [In Persian]

Gadanidis, G., Silva, R., Hughes, J., Floyd, S. & Namukas, I. (2022). Computational literacy & mathematics education. *Revista Internacional de Pesquisa Em Educação Matemática*, 12(1), 1–23. <https://doi.org/10.37001/ripem.v12i4.3144>.

Gooya, Z. (2011, November 12). A historical/cultural perspective on mathematics education in Iran [Conference presentation]. Iran's Association for the Promotion of Science, Malek National Library and Museum, Tehran, Iran. [In Persian]

Gooya, Z. (2022). Living experiences of a mathematics curriculum expert in integrating theory and practice in the aftermath of COVID-19 pandemic and post-Corona era. *Journal of Curriculum Studies*, 17 (64), 57–94. [In Persian]

Hickmott, D., Prieto-Rodriguez, E. & Holmes, K. (2018). A scoping review of studies on computational thinking in K–12 mathematics classrooms. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 4(1), 1–22.

Humble, N. (2021). The development of computational thinking concepts in course participants' programming solutions.

Kadijevich, D. M., Stephens, M., & Rafiepour, A. (2023). Emergence of computational/algorithmic thinking and its impact on the mathematics curriculum. In Y. Shimizu & R. Vithal (Eds.), *Mathematics curriculum reforms around the world: The 24th ICMI study* (pp. 375–388). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-13548-4_23.

Khawarazmi, Mohammad ibn Mousa. *Algabr val Moghabeleh*. Translated by Hosein Khadiv Jam. (1984). Etelaat Publisher. [In Persian]

Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, J., Malyn-Smith, J., & Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32–37.

Lockwood, E. & De Chenne, A. (2020). Enriching students' combinatorial reasoning through the use of loops and conditional statements in Python. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 6(1), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s40753-019-00108-2>

Lockwood, J., & Mooney, A. (2018). Computational thinking in secondary education: Where does it fit? A systematic literary review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 2(1), 41–60. <https://doi.org/10.21585/ijcses.v2i1.26>

Lueng, F. (2008). Chinese Culture, Islamic Culture, and Mathematics Education. In P. Clarkson and N. Presmeg (Eds.). *Critical Issues in Mathematics Education*. 135- 147. @ _Springer Science + Business Media, LLC 2008.

Motamedi Lash Nashi, Z. and Moradi, R. (2025). Investigating the Impact of the Ministry of Education's Digital Competency Plan for Teachers on the Attitude and Learning of Digital Literacy Skills of Sixth Grade Elementary School Students. *Teacher Professional Development*, 10(3), 71-92. Doi:10.48310/tpd.2025.17530.1774. [In Persian]

Papert, S.A. (1993). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (2nd ed.). Basic Books.

PBS Home Video. (2000). *Islam: Empire of Faith*. The Author.

Radjabalipour, M. & Fadaiee, M. R. (1997). *A Book Review & Critique According to the Tradition of Islamic Mathematicians*. Culture & Ideas of Mathematics. 16 (2), pp 9-22. Iranian Mathematical Society. [In Persian]

Rafiepour, A., & Farsani, D. (2021). Cultural historical analysis of Iranian school mathematics curriculum: The role of computational thinking. *Journal on Mathematics Education*, 12(3), Article 3.

Rezaie, M. (2014). An historical study of high school mathematics textbooks since the establishment of the formal education system in Iran. *Biquarterly Journal of Theory & Practice in Curriculum*. 2(3), 71–92. Khwarizmi University & Curriculum Studies Association. [In Persian]

Román-González M., Moreno-León, J. & Robles G. (2017). Complementary tools for computational thinking assessment.

Scantamburlo T. (2014). *Philosophical aspects in pattern recognition research* [Doctoral thesis]. Università Ca' Foscari Venezia.

Shahriari, P. (1998 a). *The Destini of Mathematics* Mohajer Publisher. 1st Edition. [In Persian]

Shahriari, P. (1998 b). *Ghias Eddin Jamshid Kashani: An Iranian Mathematician*. Iran Fanni Publisher. [In Persian]

Shahriari, P. (2006). *A Glimpse at the History of Mathematics in Iran*. Scientific & Cultural Publishing Company. 1st Edition. [In Persian]

Shahriari, P. (2008). Unpublished Interview of Zahra Gooya with Parviz Shahriari, about the Tradition of Mathematics Education in the Golden Era of Mathematics in Iran. [In Persian]

Shute V.J., Sun C., & Asbell-Clarke J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22(142–158).

Stephens M., & Buteau C. (2023). Introduction to the special issue on “Computational thinking and mathematics teaching and learning”. *Journal of Pedagogical Research*, 7(2), 1–4. <https://doi.org/10.33902/JPR.202313362>

Tabesh Y. (2017). Computational thinking: A 21st-century skill. *Olympiads in Informatics*, 11(2), 65–70.

Tabesh Y., Zarkesh S., Zarkesh A., & Fazilova, I. (2019). Computational thinking in K-12: Azerbaijan’s experience. *Olympiads in Informatics*, 13(217–224). <https://doi.org/10.15388/oi.2019.15>.

Takmil Homayoun, N. (2005) *University of Gondishapour. What Do we Know about Iran Series*. 60. Cultural Research Office. Tehran [In Persian]

van Borkulo S., Chytas C., Drijvers P., Barendsen E., Tolboom J., Berges M., Muhling A., & Armoni M. (2021). Computational thinking in the mathematics classroom: Fostering algorithmic thinking and generalization skills using dynamic mathematics software. The 16th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '21), October 18–20.

Voogt J., Fisser P., Good J., Mishra P., & Yadav A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715–728.

Weber K. (2005). Students’ understanding of trigonometric functions. *Mathematics Education Research Journal*, 17(91–112).

Weintrop D., Beheshti E., Horn M., Orton K., Jona K., Trouille L. & Wilensky, U. (2016). Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(127–147).

Wing J. M. (2014). Computational thinking benefits society. 40th Anniversary Blog of Social Issues in Computing.