

Examination of the middle school mathematics curriculum in the context of computational thinking skills¹

Nilhan Sümeýra Güler², Zehra Akinç³, Hayal Yavuz Mumcu⁴

^{2,3} Ordu University, Department of Mathematics Education, Ordu, Türkiye, ⁴Ordu University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education, Ordu, Türkiye.

ABSTRACT

The aim of this study is to examine the learning outcomes included in the middle school mathematics curriculum within the context of computational thinking skills. For this purpose, a literature review was first conducted to identify the indicators of computational thinking skills. Subsequently, the curriculum outcomes were analyzed in relation to these indicators. The study employed document analysis as the research method, and content analysis was utilized during the data analysis process. According to the findings, approximately 44% of the learning outcomes in the curriculum were found to be associated with the dimension of 'algorithm', 28% with 'pattern-model extraction', and 21% with 'abstraction'. Additionally, the outcomes in the 'numbers and operations' learning domain were predominantly related to 'algorithm', while those in the domains of algebra, geometry, and measurement were mostly aligned with 'pattern-model extraction'. The outcomes in the 'data processing' domain showed strong associations with the 'evaluation and debugging' dimension, whereas those in the 'probability' domain were primarily linked to 'abstraction' and 'pattern-model extraction'. When examined across different grade levels, it was found that the outcomes at the 5th and 8th grade levels were predominantly related to 'algorithm', 'pattern-model extraction', and 'abstraction', respectively. Meanwhile, the outcomes at the 6th and 7th grade levels were mostly associated with 'algorithmic thinking', 'pattern-model extraction', and 'decomposition'.

KEYWORDS

Computational thinking, middle school mathematics curriculum, document analysis.

Introduction

Computational thinking is one of the fundamental applications of computer science. Denning (2009) states that the concept, referred to as 'algorithmic thinking' in the 1950s and 1960s, was defined during that period as a mental orientation towards formulating problems and specific inputs through transforming them into outputs and seeking algorithms to perform such transformations. Although Papert first introduced the term 'computational thinking' in 1996, Wing (2006) defined it as a skill encompassing problem-solving, system design, and the interpretation of human behavior through core principles of computer science. Over time, this notion has evolved and developed with the increasing number of studies on computational thinking. In this context, Denning (2009) emphasizes that the definition of computational thinking today has been expanded to include thinking processes that involve multiple levels of abstraction, the use of mathematics in developing algorithms, and the evaluation of how well a solution scales across various types of problems.

The International Society for Technology in Education [ISTE], a global organization that promotes and supports the use of technology in education, defines computational thinking not

¹ This study was presented as an oral presentation at the 6th International Turkish Computer and Mathematics Education Symposium held in Ankara on October 28–30, 2023.

merely as acquiring and using knowledge in the context of computer science, but also as the ability to transfer such thought structures to different disciplines and contexts (ISTE, 2016). In line with this approach, computational thinking (CT) is now widely recognized as a competence for computer scientists and a necessary and foundational skill for all individuals. Consequently, educational research and practice have increasingly prioritized the cultivation of this skill. Indeed, global organizations shaping curriculum development have underscored the significance of fostering computational thinking in their reports and policy documents (Computer Science Teachers Association [CSTA], 2020; ISTE, 2016; Organisation for Economic Co-operation and Development [OECD], 2022). Accordingly, in many countries, computational thinking is integrated into the content of various subjects or included as a separate course within the curriculum (Niemelä et al., 2022). In Türkiye, this skill is addressed within the 'Information Technologies and Software' course in conjunction with problem-solving competencies (Ministry of National Education [MoNE], 2018a; 2018b).

Computational thinking is a multi-faceted construct encompassing various sub-skills. According to the definition provided by ISTE and CSTA (2011), computational thinking is conceptualized as a structured problem-solving process. Within this framework, computational thinking includes the following features: "(i) formulating problems in a way that enables their resolution using computers or other tools, (ii) organizing and analyzing data logically, (iii) representing data through models and simulations, (iv) automating solutions using algorithmic thinking, (v) identifying, analyzing, and implementing the most effective solutions by efficiently using resources, and (vi) transferring and generalizing the developed solutions to other problems" (as cited in Gülbahar et al., 2019, p. 2). In this context, Mannila et al. (2014) defined computational thinking as "the use of computer science concepts and processes to formulate and solve problems across different domains" (p. 1), positioning the concept within the problem-solving process. Similarly, Patan (2016) described computational thinking as a process that includes identifying problems that can be solved through technology integration, proposing algorithmic solutions to those problems, implementing the most effective solution, and evaluating the results. Moreover, the successful transfer of this process to similar situations is highlighted as a crucial dimension of computational thinking. Various studies in the literature (Aho, 2012; Costa et al., 2017; Curzon, 2015; Wing, 2006, 2008) also regard computational thinking as a form of problem-solving competence. In line with this view, Yadav et al. (2016) suggest that computational thinking can support the development of students' problem-solving skills.

Üzümcü and Bay (2018), based on their review of the literature, identify the most commonly encountered dimensions of computational thinking as: (i) decomposition, (ii) pattern recognition, (iii) abstraction, (iv) algorithm, and (v) testing/debugging. In their study, decomposition refers to breaking down a complex or multi-faceted component into its parts, while pattern recognition involves identifying recurring structures or regularities in data. Abstraction focuses on essential characteristics needed to solve a problem while ignoring irrelevant details. The algorithm dimension refers to outlining step-by-step procedures for solving a problem or implementing a plan. The testing/debugging dimension is defined as evaluating and verifying the developed program or algorithm. In this research, the structure proposed by Üzümcü and Bay (2018) was preferred for analyzing and incorporating computational thinking skills into data analysis.

Wing (2008) defined computational thinking primarily as a form of analytical reasoning and emphasized the core elements of computer science, describing it as a method encompassing understanding, solving, and designing problems and adapting them to human behavior. In her study, computational thinking is approached through fundamental concepts related to computing and computer science, including problem representation, abstraction, decomposition, simulation, validation, and prediction. These practices lie at the heart of learning processes such as modeling, reasoning, and problem-solving, which are central to many mathematical disciplines. Therefore, it can be asserted that computational thinking processes

are deeply intertwined with mathematical competencies. Within these processes, students engage in mathematical thinking skills such as analyzing data, making logical inferences, developing algorithmic strategies, and interpreting results.

While mathematical thinking encompasses abstraction, modeling, problem-solving, and logical reasoning, computational thinking approaches these processes using technological tools. In this context, numerous studies have demonstrated that using computational thinking tools and competencies in mathematics learning processes contributes to more meaningful learning (Eisenberg, 2002; Guzdial, 1994; National Research Council [NRC], 2011a, 2011b; Repenning et al., 2010; Sengupta et al., 2013; Wilensky et al., 2014; Wilensky & Reisman, 2006). Furthermore, it has been argued that mathematical knowledge and competencies also enhance the development of computational thinking. In other words, utilizing mathematical skills in technology-enhanced learning environments contributes to making mathematics instruction more pedagogically effective and meaningful. Similarly, Weintrop et al. (2016) emphasized that computational and mathematical domains support each other and should be integrated into teaching practices. Therefore, it is believed that computational thinking skills should be imparted not only within the context of information technologies and software courses but also through mathematics lessons. In this context, Oluk (2017) states that when computational thinking is integrated with curricula, it can contribute to students' mathematical thinking skills. Other researchers (Kong, 2016; Wilson & Guzdial, 2010) also emphasize the importance of integrating computational thinking into curricula. Based on this point, examining the mathematics curriculum in the context of computational thinking skills becomes significant.

A review of the literature reveals that in a study by Üzümcü (2022), the learning outcomes in the mathematics curriculum for grades 1 through 4 were analyzed regarding their inclusion of computational thinking dimensions. Given the spiral nature of the mathematics curriculum, the potential relationships between learning outcomes at different grade levels and various dimensions of computational thinking emerge as a topic worth exploring. Therefore, the present study aims to examine the learning outcomes in the middle school mathematics curriculum in terms of their alignment with computational thinking skills across different grade levels and learning domains. Based on the considerations outlined thus far, it is believed that this research is significant (English, 2018; Hickmott et al., 2018; Ndlovu et al., 2011) and that its findings will contribute to the field.

Method

This study adopted a qualitative research approach, and document analysis was used as the data collection method. Document analysis involves the examination of written materials—such as official publications, program records, or reports—that contain information about the phenomenon or phenomena under investigation (Patton, 2014; Yıldırım & Şimşek, 2021). Since this study analyzed the middle school mathematics curriculum (grades 5–8) in terms of the sub-dimensions of computational thinking skills, this method was deemed appropriate.

Research design process

The research consisted of two main phases: the preparation and the implementation stage. During the preparation phase, studies examining the dimensions of computational thinking skills were reviewed. Based on the literature analysis, theoretical and applied studies addressing various dimensions of computational thinking were examined to gain a comprehensive understanding of the concept. Accordingly, the sub-dimensions of computational thinking were identified as follows: (i) decomposition, (ii) abstraction, (iii) pattern recognition/modeling, (iv) algorithms, and (v) evaluation and debugging (Üzümcü & Bay, 2018, p. 9). Before conducting the document analysis, expert opinions were sought from two faculty members specializing in mathematics education, computer education and instructional technologies, to ensure that these skills could be effectively applied within the context of document analysis. Based on their

feedback, the implementation process was initiated. At this stage, it was decided—under expert guidance—to develop specific indicators for each sub-dimension of computational thinking.

Documents

In this study, the data source consisted of the Mathematics Curriculum for Grades 1–8, issued by the Board of Education of the Ministry of National Education (MoNE, 2018c), which has been implemented across all grade levels since 2018. Specifically, the learning outcomes for grades 5 through 8 were analyzed. The relevant outcomes are presented in Table 1.

Table 1 Number of learning outcomes in each learning domain by grade level

Grade Level	Learning Domain	Number of Outcomes	Percentage (%)
5	Numbers and Operations	33	58
	Algebra	0	0
	Geometry and Measurement	20	35
	Data Processing	3	5
	Probability	0	0
	Total	56	100
6	Numbers and Operations	32	54
	Algebra	3	5
	Geometry and Measurement	19	32
	Data Processing	5	8
	Probability	0	0
	Total	59	100
7	Numbers and Operations	25	52
	Algebra	7	14
	Geometry and Measurement	12	25
	Data Processing	4	8
	Probability	0	0
	Total	48	100
8	Numbers and Operations	16	30
	Algebra	13	25
	Geometry and Measurement	16	30
	Data Processing	2	3
	Probability	5	9
	Total	52	100
Overall Total		215	

As shown in Table 1, it was observed that there were 56 outcomes in grade 5, 59 in grade 6, 48 in grade 7, and 52 in grade 8. Regarding the learning domains, Numbers and Operations included the highest number of outcomes at each grade level, followed by Geometry and Measurement. The learning domains of Numbers and Operations, Geometry and Measurement, and Data Processing appear at all grade levels; Algebra begins in grade 6, and Probability was included only in grade 8.

Data collection and analysis

To associate computational thinking skills and their sub-dimensions with the learning outcomes in the curriculum, the present study utilized the work of Üzümcü and Bay (2018) along with relevant literature (Aktaş, 2022; Gülbahar et al., 2019; Üzümcü & Bay, 2021; Weiser, 1982). Based on these sources, indicators corresponding to the sub-dimensions of computational thinking were developed by the researchers. During this process, expert opinions were obtained from two faculty members specializing in computer education and instructional technologies and one lecturer. The finalized indicators are presented in Table 2.

Table 2 Indicators for the sub-dimensions of computational thinking skills

Dimension	Indicator
Decomposition (D)	D1. Listing different pieces of information about a topic or concept
	D2. Classifying information about a topic, concept, or situation under different headings
	D3. Creating sub-problems during the problem-solving process

Abstraction (A)	A1. Disregarding unnecessary information in an event, situation, or problem A2. Identifying the relevant information needed to solve a problem A3. Determining appropriate models or representations to be used in problem-solving A4. Distinguishing characteristics of a specific topic or concept from those of others A5. Identifying general principles that form patterns based on a given situation A6. Identifying shared features from examples to define patterns and develop generalizations A7. Reaching generalizations based on specific examples
Pattern Recognition/Modeling (PR/M)	PR/M1. Creating models or patterns based on a given situation PR/M2. Developing rules or formulas by recognizing relationships among given concepts PR/M3. Arriving at a general solution that can be applied effectively to different problems
Algorithm (AL)	AL1. The appropriate use of procedures for solving a problem AL2. Applying logical testing and loops to solve a problem or achieve a desired outcome AL3. Designing and implementing step-by-step methods to solve a problem
Evaluation and Debugging (E/D)	E/D1. Verifying the correctness of each step in the problem-solving process E/D2. Conducting one of the following processes as a result of evaluating the actions taken to solve a problem, event, or situation <ul style="list-style-type: none"> • Organizing the solution process to identify and correct errors • Accepting the solution as it is E/D3. Expressing an opinion about a rule, principle, operation, or concept

In this study, it was examined whether the learning outcomes belonging to different learning domains within the curriculum included indicators related to the sub-dimensions of computational thinking skills. For this purpose, the findings obtained through content analysis were presented in tables with frequency values and interpreted based on percentage values. Rounding was applied when presenting the percentage values. Some learning outcomes were associated with more than one indicator during the data analysis process. Therefore, the total number of learning outcomes from different learning domains differs from those linked to the sub-dimensions of computational thinking skills. This data analysis process is exemplified below, considering different grade levels.

Example Case for the Numbers and Operations Learning Domain: The process of examining the learning outcomes in the Numbers and Operations learning domain in terms of indicators of computational thinking skills is exemplified through the learning outcome presented in Figure 1.

M.5.1.2.6. Predicts the results of multiplication and division operations with natural numbers

Emphasizing the importance of estimation, comparisons are made between the predicted and actual results to develop estimation skills.

Figure 1 Learning outcome related to the 5th-grade numbers and operations learning domain (MoNE, 2018c)

When the learning outcome in Figure 1 is examined, it is seen to include the processes of ‘applying logical testing to achieve a desired outcome,’ ‘evaluating the actions taken to solve a problem,’ and ‘expressing an opinion about an operation.’ Therefore, this learning outcome is considered to contain the AL2 indicator related to the ‘algorithm’ sub-dimension of computational thinking skills, as well as the E/D2 and E/D3 indicators related to the ‘evaluation and debugging’ sub-dimension.

Example Case for the Algebra Learning Domain: The process of examining the learning outcomes in the Algebra learning domain in terms of indicators of computational thinking skills is exemplified through the learning outcome presented in Figure 2.

M.6.2.1.1. Writes an algebraic expression corresponding to a verbally described situation and composes a verbal situation appropriate to a given algebraic expression.

- a) It is stated that the letters used in algebraic expressions represent numbers and are called "variables."*
- b) It is emphasized that expressions containing at least one variable and an operation are "algebraic expressions."*
- c) The concepts of term, constant term, like terms, and coefficient are addressed.*

Figure 2 Learning outcome related to the 6th-grade algebra learning domain (MoNE, 2018c)

In the analysis process of the learning outcome presented in Figure 2, the student's understanding of the relationships and distinctions between concepts, such as term, constant term, and coefficient in algebraic expressions—and mentally classifying these concepts—was associated with the indicator of 'classifying information under different headings.' Within the same learning outcome, constructing the meaning of algebraic expressions by integrating the concepts of variable and operation (i.e., formulating) was linked to the indicator of 'developing rules or formulas by recognizing relationships among given concepts.' Therefore, this learning outcome was considered to include the D2 indicator pertaining to the 'Decomposition' dimension and the PR/M2 indicator related to the 'Pattern Recognition/Modeling' dimension.

Example Case for the Geometry and Measurement Learning Domain: The process of examining the learning outcomes in the Geometry and Measurement learning domain in terms of indicators of computational thinking skills is exemplified through the learning outcome presented in Figure 3.

M.7.3.1.2. Identifies the corresponding, opposite, alternate interior and alternate exterior angles formed by two parallel lines and their transversal and examines their properties; determines whether the angles formed are congruent or supplementary; and solves related problems.

- a) The relative positions of three lines in the same plane are discussed.*
- b) Studies are also included to determine whether two lines are parallel, utilizing the condition of angle congruence formed by a transversal intersecting the lines.*

Figure 3 Learning outcome in the 7th-grade geometry and measurement learning domain (MoNE, 2018c)

When the learning outcome presented in Figure 3 is examined, it is observed that the student is expected to understand the concepts of alternate interior, alternate exterior, and corresponding angles in relation to one another. Therefore, this outcome is associated with the indicator of 'classifying information about a topic under different headings.' Additionally, to identify congruent and supplementary angles, the student must know the properties of these angle types and be able to identify them in given situations. The ability to distinguish congruent and supplementary angles from other types of angles is also essential. For this reason, the outcome is linked to the indicators of 'identifying the relevant information needed to solve a problem' and 'distinguishing characteristics of a specific concept from those of others.' Finally, to determine whether two lines are parallel, the student is expected to formulate the conditions for parallelism. This process is associated with the indicator of 'developing rules or formulas by recognizing relationships among given concepts.' Accordingly, this learning outcome is considered to include the D2 indicator related to the 'Decomposition' dimension, the A2 and A4 indicators related to the 'Abstraction' dimension, and the PR/M2 indicator related to the 'Pattern Recognition/Modeling' dimension.

Example Case for the Data Processing Learning Domain: The process of examining the learning outcomes in the Data Processing learning domain in terms of indicators of computational thinking skills is exemplified through the learning outcome presented in Figure 4.

M.7.4.1.2. Finds and interprets the mean, median, and mode of a data set.

Activities are included to help determine which of these measures is more useful for a given data set. Accordingly, information and communication technologies are utilized when necessary.

Figure 4 Learning outcome in the 7th-grade data processing learning domain (MoNE, 2018c)

When the learning outcome presented in Figure 4 is examined, it is observed that students are expected to understand the concepts of mean, median, and mode, and to be able to calculate these values. Additionally, students are aimed to interpret which of these measures is more useful in different situations. Therefore, this learning outcome is considered to include the indicators of 'the appropriate use of procedures for solving a problem (AL1) and 'expressing an opinion about a rule, principle, operation, or concept' (E/D3).

Example Case for the Probability Learning Domain: The process of examining the learning outcomes in the Probability learning domain in terms of indicators of computational thinking skills is exemplified through the learning outcome presented in Figure 5.

M.8.5.1.3. Explains that in equally likely events, the probability of each outcome is equal and is represented as $1/n$.

- a) In the learning outcome statement, n represents the number of possible outcomes.*
- b) Activities are included to distinguish between equally likely and non-equally likely events.*
- c) It is emphasized that probability is a measure of the chance (likelihood) of an event occurring.*

Figure 5 Learning outcome in the 8th-grade probability learning domain (MoNE, 2018c)

When the learning outcome presented in Figure 5 is examined, it is observed that it involves guiding the student to arrive at the ' $1/n$ ' rule for determining the probability values of events with equal chances. Therefore, this outcome entails a process of abstraction based on different situations and the development of a generalization. For this reason, the outcome has been associated with the following indicators: 'identifying shared features from examples to define patterns and develop generalizations', 'developing rules or formulas by recognizing relationships among given concepts' and 'arriving at a general solution that can be applied effectively to different problems.' The learning outcome presented in Figure 4 was considered to involve the indicator A6 under the dimension of Abstraction, and indicators PR/M2 and PR/M3 under the dimension of Pattern Recognition/Modeling.

Validity and reliability

To ensure the validity and reliability of the data analysis process in this study, expert opinions were obtained, and inter-coder reliability calculations were conducted (Miles & Huberman, 1994). The process of coding the learning outcomes in the curriculum according to the indicators of the sub-dimensions of computational thinking skills was carried out independently by each of the researchers. Subsequently, discussions were held to resolve discrepancies in the coding, and consensus was reached. Based on these procedures, the average inter-coder agreement coefficient calculated across different learning domains was found to be 0.89. According to Miles and Huberman (1994), inter-coder reliability above 70% indicates high reliability. Therefore, the obtained coefficient is considered to demonstrate the reliability of the coding process. Additionally, to further support the validity and reliability of the study, detailed examples of the coding processes conducted for learning outcomes across various learning domains are provided in the data analysis section.

Findings

In this section of this study, the findings obtained from the analysis of the learning outcomes in the middle school mathematics curriculum in the context of computational thinking skills are presented.

Findings obtained from the analysis of learning outcomes at different grade levels in the context of CT skills

Within the scope of this study, the learning outcomes in the middle school mathematics curriculum at different grade levels were analyzed in relation to computational thinking skills and their sub-dimensions, using the indicators developed by the researchers (Table 2). The findings obtained from this analysis are presented below.

Findings regarding the Presence of Computational Thinking Skill Indicators in Grade 5 Learning Outcomes: The extent to which the Grade 5 learning outcomes, categorized by learning domains in the curriculum, include indicators related to computational thinking skills is presented in Table 3.

Table 3 Findings regarding the inclusion of computational thinking skill indicators in grade 5 learning outcomes

Learning Domains	Sub-dimensions of Computational Thinking Skills (f)					Total
	D	A	PR/M	AL	E/D	
Numbers and Operations	2	9	9	14	6	33
Algebra	-	-	-	-	-	-
Geometry and Measurement	3	4	8	5	1	20
Data Processing	3	-	-	1	-	5
Probability	-	-	-	-	-	-
Total	8	13	17	20	7	56

When Table 3 is examined, it is observed that the Grade 5 learning outcomes most frequently include indicators related to the algorithm sub-dimension of computational thinking skills. The next most represented sub-dimensions are pattern recognition/modeling and abstraction, respectively. Approximately 36% of the Grade 5 learning outcomes are associated with the algorithm dimension, 30% with pattern recognition/modeling, and 23% with abstraction. When the data in Table 3 are analyzed by learning domains, it can be stated that the outcomes in the Numbers and Operations domain are most frequently associated with algorithm, those in the Geometry and Measurement domain with pattern recognition/modeling, and those in the Data Processing domain with decomposition.

Findings regarding the Presence of Computational Thinking Skill Indicators in Grade 6 Learning Outcomes: The extent to which the Grade 6 learning outcomes, categorized by learning domains in the curriculum, include indicators related to computational thinking skills is presented in Table 4.

Table 4 Findings regarding the inclusion of computational thinking skill indicators in grade 6 learning outcomes

Learning Domains	Sub-dimensions of Computational Thinking Skills (f)					Total
	D	A	PR/M	AL	E/D	
Numbers and Operations	5	5	6	18	5	32
Algebra	1	1	2	1	0	3
Geometry and Measurement	7	7	10	7	2	19
Data Processing	1	0	0	3	3	5
Probability	0	0	0	0	0	0

Total	14	13	18	29	10	59
-------	----	----	----	----	----	----

When the data in Table 4 are examined, it is seen that the Grade 6 learning outcomes most frequently include indicators related to the algorithm sub-dimension of computational thinking skills. The following sub-dimensions, in order of frequency, are pattern recognition/modeling, decomposition, and abstraction. Approximately 49% of the Grade 6 learning outcomes are associated with the algorithm dimension, 31% with pattern recognition/modeling, and 24% with decomposition. When the data in Table 4 are considered in terms of different learning domains, it can be stated that the outcomes in the Numbers and Operations domain are most frequently associated with algorithm, those in the Algebra and Geometry and Measurement domains with pattern recognition/modeling, and those in the Data Processing domain with algorithm and evaluation and debugging.

Findings regarding the Presence of Computational Thinking Skill Indicators in Grade 7 Learning Outcomes: The extent to which the Grade 7 learning outcomes, categorized by learning domains in the curriculum, include indicators related to computational thinking skills is presented in Table 5.

Table 5 Findings regarding the inclusion of computational thinking skill indicators in grade 7 learning outcomes

Learning Domains	Sub-dimensions of Computational Thinking Skills (f)					Total
	D	A	PR/M	AL	E/D	
Numbers and Operations	6	1	4	14	3	25
Algebra	1	2	3	3	0	7
Geometry and Measurement	3	3	6	5	1	12
Data Processing	1	0	0	4	4	4
Probability	0	0	0	0	0	0
Total	11	6	13	26	8	48

When the data presented in Table 5 are examined, it is seen that the learning outcomes at the 7th-grade level most frequently include indicators related to the 'algorithm' sub-dimension of computational thinking skills. The next most common dimensions are 'pattern recognition/modeling' and 'decomposition,' respectively. Approximately 54% of the 7th-grade learning outcomes are associated with the algorithm dimension, 27% with pattern recognition/modeling, and 23% with decomposition. When the data in Table 5 are analyzed according to different learning domains, it can be stated that the learning outcomes in the Numbers and Operations domain are most related to the algorithm dimension; those in the Algebra domain are mostly related to both the algorithm and pattern recognition/modeling dimensions; those in the Geometry and Measurement domains are primarily related to pattern recognition/modeling and those in the Data Processing domain are mostly associated with the algorithm and evaluation and debugging dimensions.

Findings regarding the Presence of Computational Thinking Skill Indicators in Grade 8 Learning Outcomes: The extent to which the Grade 8 learning outcomes, categorized by learning domains in the curriculum, include indicators related to computational thinking skills is presented in Table 6.

Table 6 Findings regarding the inclusion of computational thinking skill indicators in grade 7 learning outcomes

Learning Domains	Sub-dimensions of Computational Thinking Skills (f)					Total
	D	A	PR/M	AL	E/D	
Numbers and Operations	1	3	3	10	4	16
Algebra	0	2	7	5	3	13
Geometry and Measurement	3	6	8	6	3	16

Data Processing	1	0	0	1	2	2
Probability	1	2	2	1	0	5
Total	6	13	20	23	12	52

When the data presented in Table 6 is examined, it is observed that the learning outcomes at the 8th-grade level most frequently include indicators related to the 'algorithm' sub-dimension of computational thinking skills. The next most common dimensions are 'pattern recognition/modeling' and 'abstraction,' respectively. Approximately 44% of the 8th-grade learning outcomes are associated with the algorithm dimension, 38% with pattern recognition/modeling, and 25% with the abstraction dimension. When the data in Table 6 is analyzed according to different learning domains, it can be stated that the learning outcomes in the Numbers and Operations domain are mostly related to the algorithm dimension; those in the Algebra and Geometry and Measurement domains are primarily associated with the pattern recognition/modeling dimension; those in the Data Processing domain are mostly linked to the evaluation and debugging dimension; and those in the Probability domain are mainly connected to the abstraction and pattern recognition/modeling dimensions.

General Findings Obtained from the Examination of Learning Outcomes in the Middle School Mathematics Curriculum in the Context of Computational Thinking Skills

The general findings based on the curriculum examined within the scope of this study are presented in Table 7.

Table 7 Findings regarding the inclusion of CT skill indicators in the learning outcomes of the middle school mathematics curriculum

Learning Domains	Sub-dimensions of Computational Thinking Skills (f)					Total
	D	A	PR/M	AL	E/D	
Numbers and Operations	14	18	22	56	18	106
Algebra	2	5	12	9	3	23
Geometry and Measurement	16	20	24	23	7	67
Data Processing	6	0	0	6	9	14
Probability	1	2	2	1	0	5
Total	39	45	60	95	37	215

When Table 7 is examined, it is observed that the learning outcomes in the Middle School Mathematics Curriculum most frequently include indicators related to the 'algorithm' sub-dimension of computational thinking skills. This is followed by the 'pattern recognition/modeling' and 'abstraction' dimensions, respectively. Among the total of 215 learning outcomes in the curriculum, approximately 44% are associated with the algorithm dimension, 28% with pattern recognition/modeling, and 21% with abstraction. On the other hand, it was determined that approximately 18% of the outcomes are related to the 'decomposition' dimension, while 17% are linked to the 'evaluation and debugging' dimension. When the data in Table 7 is analyzed by learning domain, it can be stated that the learning outcomes in the Numbers and Operations domain are most related to the algorithm dimension; those in the Algebra and Geometry and Measurement domains are primarily associated with pattern recognition/modeling; those in the Data Processing domain are mostly related to the evaluation and debugging dimension; and those in the Probability domain are mainly linked to the abstraction and pattern recognition/modeling dimensions.

Discussion, conclusion, and recommendations

This study, which examined middle school mathematics learning outcomes through the lens of computational thinking (CT), revealed the presence of five key sub-skills: (i) algorithm, (ii) pattern recognition/modeling, (iii) abstraction, (iv) decomposition, and (v) evaluation/debugging skills. Based on percentage distributions, approximately half of the outcomes are linked to algorithm,

one in four to pattern recognition/modeling, one in five to abstraction, and the remaining outcomes are associated with decomposition and evaluation/debugging. Therefore, it can be said that the sub-dimensions of algorithm, pattern recognition/modeling, and abstraction are predominantly represented in the curriculum, and that this relationship is considerably significant. This situation can be regarded as an indicator that computational thinking skills are closely linked to a large portion of students' mathematical processes. Hence, the relationship between computational thinking and mathematical thinking processes emerges as a significant conclusion of this study. Indeed, numerous previous studies in the literature (Barcelos & Silveira, 2012; Barr & Stephenson, 2011; English, 2018; Gadanidis et al., 2017; Sneider et al., 2014; Voskoglou & Buckley, 2012; Weintrop et al., 2016) have discussed various aspects of the relationship between computational thinking skills and mathematical competencies. The studies conducted by Lu and Fletcher (2009), and Wing (2008, 2011), reveal that computational thinking processes substantially benefit from mathematical thinking, particularly in solving complex problems. Similarly, Gonzalez et al. (2017) and Yadav et al. (2011) emphasize that computational thinking is closely related to mathematical intelligence and problem-solving ability, while Van Merriënboer (2013) argues that problem-solving lies at the intersection of information processing and mathematical thinking, and constitutes a core component of computational thinking (as cited in Temel, 2022). In addition to these findings, it is noteworthy that the concept of mathematical literacy—currently one of the main goals of school mathematics—has recently come to encompass computational thinking skills. In fact, according to the most recent document published by the OECD (2022), which defines mathematical literacy in its simplest form as the effective and efficient use of mathematics in real-life situations, computational thinking is now recognized as one of the fundamental skills that students should acquire. This development further underscores the close relationship and growing significance of computational thinking within mathematics education today.

When the findings of this study are interpreted concerning the different sub-dimensions of computational thinking, it can be concluded that a large portion of the learning outcomes in the curriculum are predominantly associated with the algorithm dimension. This can be attributed to the inherently algorithmic nature of mathematics and the structure of the learning outcomes defined within the boundaries of school mathematics. However, the more significant point for the purposes of this discussion is that the research findings underscore the pivotal role of the algorithm dimension in mathematics education. Within the context of CT, the algorithm dimension is typically described as 'the step-by-step execution of a task using loops and logical conditions.' In mathematical contexts, this refers to the sequential execution of procedures designed through logical reasoning to solve problems. This dimension, often referred to as algorithmic thinking by some scholars, has been defined by Ziatdinov and Musa (2012) as "the sequencing of actions necessary to complete a required task through creative and logical thinking" (as cited in Demir & Cevahir, 2020, p. 1612). According to Futschek (2006), algorithmic thinking consists of: (i) analyzing a given problem, (ii) expressing a problem precisely, (iii) developing strategies for solving the problem, (iv) constructing a correct algorithm using these strategies, (v) thinking through all possible special and typical cases, and (vi) improving the efficiency of an algorithm (as cited in Erümit et al., 2018, p. 156). Although algorithmic thinking is defined in various ways by different researchers, its strong connection to mathematical processes stands out in all definitions. In this context, it is believed that this skill should occupy a more prominent position as a distinct area of study within the mathematics education literature. Moreover, there is a need for an increased number of studies, especially at the theoretical level, on this topic. Following the algorithm dimension, the sub-dimensions of pattern recognition/modeling and abstraction are also recognized as essential components of mathematical thinking, and they are of undeniable importance in the mathematics learning process.

When the findings of this study are considered across different grade levels, it is observed that the associations between computational thinking (CT) skills and the learning outcomes in the

curriculum do not show substantial variation. The algorithm and pattern recognition/modeling sub-dimensions consistently appear in the highest frequencies in all cases. This observation aligns with the overall findings of the study. However, in grades 6 and 7, the third most frequent sub-dimension is decomposition instead of abstraction. Although this difference is not particularly large, it can be attributed to the nature of the learning outcomes specified in the curriculum for those grades.

The findings obtained from this study are believed to reveal, from a different perspective, the close relationship between computational thinking skills and mathematics education. In this regard, by focusing especially on the sub-dimensions of algorithm, pattern recognition/modeling, and abstraction, greater emphasis can be placed on computational thinking in learning environments, and more space can be allocated to activities and practices that aim to develop these skills in students. Further research should explore the relationship between mathematical and computational thinking skills in greater theoretical detail, and further studies should focus on designing and implementing computational thinking activities applicable in mathematics learning environments.

Conflict of Interest

There is no financial conflict of interest between our manuscript titled "Examination of the middle school mathematics curriculum in the context of computational thinking skills" and any institution, organization, or individual. Furthermore, there is no conflict of interest among the authors.

References

- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>.
- Aktaş, S. E. (2022). *Investigation of mental actions of mathematics teacher candidates regarding computational thinking in the technology-asisted mathematical modeling process* [Unpublished master thesis]. Pamukkale University, Denizli.
- Barcelos, T. S., & Silveira, I. F. (2012). Teaching computational thinking in initial series an analysis of the confluence among mathematics and computer sciences in elementary education and its implications for higher education. In *2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CLEI.2012.6427135>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48-54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Computer Science Teachers Association [CSTA] (2020). Standards for computer science teachers. <https://csteachers.org/teacherstandards>.
- Costa, E. J. F., Campos, L. M. R. S., & Guerrero, D. D. S. (2017). *Computational thinking in mathematics education: A joint approach to encourage problem-solving ability*. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190655>.
- Curzon, P. (2015). *Computational thinking: Searching to speak*. <http://www.inf.ed.ac.uk/publications/online/1245.pdf>.
- Demir, Ü., & Cevahir, H. (2020). Investigation of the relationship between algorithmic thinking capability and problem solving skills: The case of vocational and technical Anatolian high school. *Kastamonu Education Journal*, 28(4), 1610-1619. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.4179>.
- Denning, P. J. (2009). The profession of IT beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28-30. <https://doi.org/10.1145/1516046.1516054>
- Eisenberg, M. (2002). Output devices, computation, and the future of mathematical crafts. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7, 1-44.

- English, L. (2018). On MTL's second milestone: Exploring computational thinking and mathematics learning. *Mathematical Thinking and Learning*, 20(1), 1-2. <https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1405615>
- Erümit, K. A., Karal, H., Şahin, G., Aksoy, D. A., Aksoy, A., & Benzer, A. İ. (2018). A model suggested for programming teaching: Programming in seven steps. *Education and Science*, 44(197), 155-183. <http://dx.doi.org/10.15390/EB.2018.7678>.
- Gadanidis, G., Hughes, J. M., Minniti, L., & White, B. J. G. (2017). Computational thinking, grade 1 students and the binomial theorem. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3, 77-96. <https://doi.org/10.1007/s40751-016-0019-3>.
- Gonzalez, R., Gonzalez, P. & Fernandez, J. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678–691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>.
- Gülbahar, Y., Kert, S. B., & Kalelioğlu, F. (2019). The self-efficacy perception scale for computational thinking skill: Validity and reliability study. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 10(1), 1-29. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.385097>.
- Guzdial, M. (1994). Software-realized scaffolding to facilitate programming for science learning. *Interactive Learning Environments*, 4(1), 1–44. <https://doi.org/10.1080/1049482940040101>.
- 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, 48-69. <https://doi.org/10.1007/s40751-017-0038-8>.
- International Society for Technology in Education [ISTE] (2016). *ISTE standards for students: A practical guide for learning with technology*. Washington, DC: Author.
- Kong, S. C. (2016). A framework of curriculum design for computational thinking development in K-12 education. *Journal of Computers in Education*, 3(4), 377-394. <https://doi.org/10.1007/s40692-016-0076-z>.
- Lu, J. J., & Fletcher, G. H. (2009). Thinking about computational thinking. In *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 260-264). Chattanooga, Tennessee, USA.
- Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L., & Settle, A. (2014). Computational thinking in K-9 education. In *Proceedings of the working group reports of the 2014 on innovation & technology in computer science education conference* (pp. 1-29). ACM.
- MoNE (2018a). *Information technologies and software course curriculum: 5th and 6th grades*. Ankara: MoNE.
- MoNE (2018b). *Information technologies and software course curriculum: Primary school 1st, 2nd, 3rd and 4th grades*. Ankara: MoNE.
- MoNE (2018c). *Mathematics course curriculum (Primary and Secondary School 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, 6th, 7th and 8th grades)*. Ankara: MoNE.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd ed). Sage.
- National Research Council (2011a). *Learning science through computer games and simulations*. The National Academies Press, Washington, DC. <https://ics.uci.edu/~wscacchi/GameLab/Recommended%20Readings/Learning-Science-Games-2011.pdf>.
- National Research Council (2011b). *Report of a workshop of pedagogical aspects of computational thinking*. The National Academies Press, Washington, DC. <https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/NRC-Pegagogy-CT.pdf>.
- Ndlovu, M., Wessels, D., & De Villiers, M. (2011). An instrumental approach to modelling the derivative in Sketchpad. *Pythagoras*, 32(2), 1-15. <https://hdl.handle.net/10520/EJC20946>.
- Niemelä, P., Pears, A., Dagiene, V., & Laanpere, M. (2022). Computational thinking – Forces shaping curriculum and policy in Finland, Sweden and the Baltic countries. In D. Passey, D. Leahy, L. Williams, J. Holvikivi, & M. Ruohonen (Eds.), *Digital transformation of education and learning—past, present and future* (C. 642, ss. 131-143). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-97986-7_11.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2022). *PISA 2022 assessment and analytical framework*. <https://doi.org/10.1787/dfef0bf9c-en>.

- Oluk, A. (2017). *An investigation of students on computational thinking skills in terms of logical-mathematical intellectuality and mathematics achievements* [Unpublished master thesis]. Amasya University, Amasya.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 138-142.
- Patan B., (2016). *Development of coding curriculum for kindergarten* [Unpublished master thesis]. Bahçeşehir University, İstanbul.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.) (Trans. Ed. M. Bütün & S. B. Demir). Ankara: Pegem Academy.
- Repenning, A., Webb, D., Ioannidou, A. (2010). Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools. In *Proceedings of the 41st ACM technical symposium on computer science education* (pp 265–269). ACM.
<https://dl.acm.org/doi/10.1145/1734263.1734357>.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18, 351-380. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>.
- Sneider, C., Stephenson, C., Schafer, B., & Flick, L. (2014). Exploring the science framework and NGSS: Computational thinking in the science classroom. *Science Scope*, 38(3), 10-15.
- Temel, B. (2022). *The effect of computational thinking activities on 7th grade students' skills and attitudes toward problem solving* [Unpublished master thesis]. Ordu University, Ordu.
- Üzümcü, Ö. (2022). Analysis of whether primary school mathematics curriculum includes computational thinking dimensions. In the abstract book of the *10th International Congress on Curriculum and Instruction* (pp. 833-835). Ankara: Gazi University Publications.
- Üzümcü, Ö., & Bay, E. (2018). A new 21st century skill in education: Computational thinking. *Uluslararası Türk Kültür Coğrafyasında Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 1-16.
- Üzümcü, Ö., & Bay, E. (2021). *Computational thinking in computer-free coding education*. Ankara: Akademisyen Publishing.
- Van Merriënboer, J. J. (2013). Perspectives on problem solving and instruction. *Computers & Education*, 64, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.025>.
- Voskoglou, M. G., & Buckley, S. (2012). Problem solving and computational thinking in a learning environment. *Egyptian Computer Science Journal*, 36(4), 28–46.
<https://doi.org/10.48550/arXiv.1212.0750>.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>.
- Weiser, M. (1982). Programmers use slices when debugging. *Communications of the ACM*, 25(7), 446-452. <https://doi.org/10.1145/358557.358577>.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories—an embodied modeling approach. *Cognition and Instruction*, 24(2), 171-209. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2402_1.
- Wilensky, U., Brady, C. E., & Horn, M. S. (2014). Fostering computational literacy in science classrooms. *Communications of the ACM*, 57(8), 24-28. <https://doi.org/10.1145/2633031>.
- Wilson, C., & Guzdial, M. (2010). How to make progress in computing education. *Communications of the ACM*, 53(5), 35-37. <https://doi.org/10.1145/1735223.1735235>.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.
<https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical transactions: Mathematical, physical and engineering sciences*, 366(1881), 3717-3725.
<https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>.

- Wing, J. M. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The Link Magazine*, 6, 20-23. <https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf>.
- Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational thinking for all: Pedagogical approaches to embedding 21st century problem solving in K-12 classrooms. *Tech Trends*, 60, 565-568. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>.
- Yadav, A., Zhou, N., Mayfield, C., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2011). Introducing computational thinking in education courses. In *Proceedings of the 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, (pp. 465-470). <https://doi.org/10.1145/1953163.1953297>.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Qualitative research methods in social sciences* (12th ed.). Ankara: Seçkin Publishing.

Ortaokul matematik dersi öğretim programının bilgi işlemsel düşünme becerisi bağlamında incelenmesi

Nilhan Sümeýra Güler², Zehra Akınç³, Hayal Yavuz Mumcu⁴

^{2,3} Ordu Üniversitesi, Matematik Eğitimi ABD., Ordu, Türkiye, ⁴Ordu Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Ordu, Türkiye.

ÖZET

Bu araştırmanın amacı ortaokul matematik dersi öğretim programında yer alan kazanımların, bilgi işlemsel düşünme becerisi bağlamında incelenmesidir. Bunun için öncelikle alan yazın taraması yapılarak bilgi işlemsel düşünme becerisinin göstergeleri oluşturulmuş, ardından ilgili müfredatta yer alan kazanımlar söz konusu göstergelerle ilişkili olarak incelenmiştir. Doküman analizi yönteminin kullanıldığı araştırmanın veri analizi sürecinde içerik analizi yönteminden yararlanılmıştır. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, öğretim programında yer alan kazanımların yaklaşık %44'ünün 'algoritma', %28'inin 'örüntü-model çıkarma', %21'inin ise 'soyutlama' boyutuyla ilişkili oldukları görülmüştür. Sayılar ve işlemler öğrenme alanındaki kazanımların özellikle 'algoritma', cebir ile geometri ve ölçme öğrenme alanlarındaki kazanımların 'örüntü-model oluşturma', veri işleme öğrenme alanındaki kazanımların 'değerlendirme-hata ayıklama', olasılık öğrenme alanındaki kazanımların ise 'soyutlama' ve 'örüntü-model oluşturma' boyutlarıyla güçlü bir ilişki içinde oldukları gözlenmiştir. Farklı sınıf düzeyleri göz önüne alındığında ise, 5. ve 8. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların sırasıyla 'algoritma', 'örüntü-model oluşturma' ve 'soyutlama', 6. ve 7. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların ise sırasıyla 'algoritma', 'örüntü-model oluşturma' ve 'parçalara ayırma' boyutları ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

ANAHTAR KELİMELE

Bilgi işlemsel düşünme, ortaokul matematik öğretim programı, doküman analizi.

Giriş

Bilgi işlemsel düşünme, bilgisayar biliminin temel uygulamalarından biridir. Denning (2009) 1950'lerde ve 1960'larda 'algoritmik düşünme' olarak ifade edilen bu kavramın söz konusu yıllarda 'problemleri ve bazı girdileri bir çıktıya dönüştürme yoluyla formüle ederek bu dönüşümleri gerçekleştirecek algoritmaları aramaya yönelik zihinsel bir yönelim' olarak tanımlandığını ifade etmektedir. İlk kez 1996 yılında Papert tarafından kullanılan bilgi işlemsel düşünme kavramı ise 2006 yılında Wing tarafından, bilgisayar biliminin temelini oluşturan kavramlardan yararlanılarak problemleri çözmeyi, sistemleri tasarlamayı ve insan davranışlarını anlamayı içeren bir beceri olarak tanımlanmıştır. Zaman içerisinde bilgi işlemsel düşünme üzerine yapılan çalışmaların artmasıyla bu düşüncenin değişerek geliştiği görülmektedir. Bu bağlamda Denning (2009) günümüzde bilgi işlemsel düşünmenin tanımının birçok düzeyde soyutlamayı içeren düşünme süreçlerini, algoritmalar geliştirmek için matematiğin kullanımını ve bir çözümün farklı boyutlardaki problemlere ne kadar iyi ölçeklendirildiğinin incelenmesini kapsayacak şekilde genişletildiğini ifade etmektedir.

Uluslararası düzeyde eğitimde teknoloji kullanımını teşvik eden ve destekleyen bir kuruluş olan Uluslararası Teknoloji Eğitimi Derneği (International Society for Technology in Education) [ISTE] (2016), bilgi işlemsel düşünme becerisini yalnızca bilgisayar bilimi bağlamında bilgi edinme ve kullanma süreci olarak değil, aynı zamanda bu alandaki düşünme yapılarını farklı ders alanlarına ve bağlamlara aktarabilme yetisi olarak tanımlamaktadır. Bu yaklaşım doğrultusunda, bilgi

işlemsel düşünme (BİD) becerisinin yalnızca bilgisayar bilimcilere özgü değil, tüm bireyler için gerekli ve temel bir yetkinlik olduğu günümüzde geniş kabul görmüş; eğitim sürecinde bu becerinin kazandırılmasına yönelik araştırma ve uygulamalara hız verilmiştir. Nitekim, uluslararası alanda öğretim programlarına yön veren kuruluşların yayınladıkları rapor ve araştırmalarda da bilgi işlemsel düşünme becerisinin kazandırılmasına özel bir vurgu yapıldığı görülmektedir (Computer Science Teachers Association [CSTA], 2020; Dünya Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development) [OECD], 2022; ISTE, 2016). Bu bağlamda, dünya genelinde birçok ülkede bilgi işlemsel düşünme becerisi farklı derslerin içeriklerine entegre edilmekte ya da bağımsız bir ders olarak öğretim programlarında yer almaktadır (Niemelä vd., 2022). Ülkemizde ise bilgi işlemsel düşünme becerisinin, 'Bilişim Teknolojileri ve Yazılım' dersi öğretim programı kapsamında problem çözme becerisi ile birlikte ele alındığı görülmektedir (Millî Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018a; 2018b).

Bilgi işlemsel düşünme becerisi, içerisinde çeşitli alt becerileri barındıran çok yönlü bir yapıya sahiptir. ISTE ve CSTA'nın (2011) tanımına göre, bu beceri bir problem çözme süreci olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu tanımda bilgi işlemsel düşünme; "i) problemleri bilgisayar veya başka araçlar yardımı ile çözebilmek için formülleştirme, ii) mantıklı bir şekilde verileri düzenleme ve çözümlenme, iii) modeller, simülasyonlar aracılığı ile verileri sunma, iv) algoritmik düşünme çerçevesinde çözümleri otomatikleştirme, v) kaynakları etkin ve etkili bir şekilde kullanarak en uygun çözümü/leri tanımlama, çözümlenme ve uygulama, v) bulunan çözümü farklı problemlere transfer etme ve genelleştirme" gibi özellikleri içermektedir (akt. Gülbahar vd., 2019, s. 2). Bu bağlamda Mannila vd. (2014), bilgi işlemsel düşünmeyi "farklı alanlardaki problemleri formülleştirme ve çözüm üretme için bilgisayar bilimindeki kavramları ve süreçleri kullanma" (s.1) olarak tanımlayarak ilgili kavramı problem çözme süreci içerisinde değerlendirmiştir. Benzer şekilde Patan (2016), bilgi işlemsel düşünmeyi; teknoloji entegrasyonu ile çözülebilecek sorunları tanımlama, bu sorunlara algoritmik düşünme yoluyla çözüm önerileri geliştirme, en etkili çözümü uygulama ve elde edilen sonuçları değerlendirme süreci olarak tanımlamaktadır. Ayrıca, bu sürecin benzer durumlara başarıyla aktarılabilmesi de bilgi işlemsel düşünmenin önemli bir boyutu olarak vurgulanmaktadır. Alanyazında farklı birçok araştırmada (Aho, 2012; Costa vd., 2017; Curzon, 2015; Wing, 2006, 2008) bilgi işlemsel düşünme becerisinin bir çeşit problem çözme becerisi olarak ele alındığı ve değerlendirildiği görülmektedir. Benzer bir düşünce ile Yadav vd. (2016) bilgi işlemsel düşünmenin öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olacağını ifade etmektedir.

Üzümcü ve Bay (2018) alanyazın incelemeleri sonucunda en sık karşılaşılan bilgi işlemsel düşünme boyutlarının; i) parçalara ayırma, ii) örüntü bulma/tanımlama, iii) soyutlama, iv) algoritma ve v) test etme/hata ayıklama olduğunu ifade etmektedirler. İlgili çalışmada parçalara ayırma boyutu, karmaşık ya da çoklu yapıdan oluşan bir bileşeni parçalarına ayırma, örüntü bulma ise verilerdeki desenleri, örüntüleri ve tekrar eden düzenleri gözlemlenme olarak tanımlanmaktadır. Soyutlama; aranan özellikleri bulmak için gerekli olan özelliklere odaklanıp, diğer durumları göz ardı etmek olarak ifade edilirken, algoritma boyutu ise çözülecek bir problemde ya da uygulanacak bir planda işlemlerin adım adım gösterilerek çözüme nasıl ulaşılacağına belirlenmesi olarak açıklanmaktadır. Değerlendirme ve hata ayıklama boyutu ise hazırlanan programın ya da algoritmanın denenip değerlendirilmesi olarak tanımlanmaktadır. Bu araştırma kapsamında bilgi işlemsel düşünme becerisinin ele alınması ve veri analizine dahil edilmesi sürecinde Üzümcü ve Bay (2018) tarafından ortaya konulan yapının kullanılması tercih edilmiştir.

Wing (2008), bilgi işlemsel düşünmeyi temelde bir tür analitik düşünce biçimi olarak tanımlamakta ve bilgisayar biliminin temel bileşenlerine vurgu yaparak, problemi anlama, çözme, tasarlama ve insan davranışlarına uyarlama gibi süreçleri içeren bir yöntem olarak değerlendirmektedir. İlgili çalışmada bilgi işlemsel düşünme; bilgi işlem ve bilgisayar bilimine ilişkin temel kavramlar çerçevesinde ele alınmakta olup, bu kavramlar arasında problem gösterimi, soyutlama, ayrıştırma, simülasyon, doğrulama ve tahmin gibi uygulamalar yer

almaktadır. Söz konusu uygulamalar, birçok matematiksel disiplinde modelleme, akıl yürütme ve problem çözme gibi öğrenme süreçlerine temel teşkil eden önemli becerilerin merkezindedir. Dolayısıyla bilgi işlemsel düşünme süreçlerinin matematiksel becerilerle iç içe geçmiş bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Bilgi işlemsel düşünme süreçlerinde öğrenciler, verileri analiz etme, mantıksal çıkarım yapma, algoritmik stratejiler geliştirme ve sonuçları yorumlama gibi matematiksel düşünme becerilerini kullanmaktadırlar.

Matematiksel düşünme; soyutlama, modelleme, problem çözme ve mantıksal akıl yürütme becerilerini içerirken, bilgi işlemsel düşünmenin bu süreçlere teknolojik araçlar kullanarak yaklaştığı söylenebilir. Bu bağlamda, yürütülen birçok araştırma, bilgi işlemsel düşünmeye yönelik araç ve becerilerin matematik öğrenme süreçlerinde kullanılmasının, öğrencilerin matematiği daha anlamlı öğrenmelerine katkı sağladığını ortaya koymaktadır (Eisenberg, 2002; Guzdial, 1994; National Research Council [NRC], 2011a, 2011b; Repenning vd., 2010; Sengupta vd., 2013; Wilensky vd., 2014; Wilensky & Reisman, 2006). Aynı zamanda, matematiksel bilgi ve becerilerin de bilgi işlemsel düşünmenin gelişimine katkı sunduğu ifade edilmektedir. Bir başka deyişle, teknoloji destekli öğrenme süreçlerinde matematiksel becerilerin kullanımı, matematik öğrenme süreçlerinin pedagojik açıdan daha etkili ve anlamlı hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Benzer şekilde Weintrop vd. (2016) çalışmalarında bilgi işlemsel ve matematiksel çalışma alanlarının karşılıklı olarak birbirini desteklediğini, bu alanların öğretim süreçlerinde birbiri ile entegre edilmesinin gerekli olduğunu vurgulamaktadır. Dolayısıyla bilgi işlemsel düşünme becerilerinin günümüzde sadece bilişim teknolojileri ve yazılım dersi kapsamında değil, matematik dersi bağlamında da öğrencilere kazandırılmasının yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda Oluk (2017) bilgi işlemsel düşünmenin öğretim programlarıyla ilişkilendirildiğinde öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerine katkı sağlayabileceğini ifade etmektedir. Bununla birlikte farklı araştırmacılar (Kong, 2016; Wilson & Guzdial, 2010) bilgi işlemsel düşünmenin öğretim programlarına entegresinin önemli olduğunu belirtmektedir. Bu noktadan hareketle, matematik dersi öğretim programının bilgi işlemsel düşünme becerisi bağlamında incelenmesi önem arz etmektedir.

Literatür incelendiğinde Üzümcü (2022) tarafından yapılan çalışmada, 1-4. sınıf matematik dersi öğretim programında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme boyutlarını içerme durumu açısından incelendiği görülmektedir. Matematik dersi öğretim programının sarmal yapısı dikkate alındığında, farklı sınıf düzeylerindeki kazanımlarla bilgi işlemsel düşünme becerisinin çeşitli boyutları arasındaki olası ilişkiler araştırılmaya değer bir konu olarak öne çıkmaktadır. Dolayısıyla bu araştırma kapsamında ortaokul matematik dersi öğretim programında yer alan kazanımların, bilgi işlemsel düşünme becerisi bağlamında farklı sınıf düzeyleri ve öğrenme alanları açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Buraya kadar ifade edilenlere bağlı olarak bu araştırmanın önemli olduğu (English, 2018; Hickmott vd., 2018; Ndlovu vd., 2011) ve araştırma sonuçlarının alana katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yöntem

Bu çalışmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve veri toplama yöntemi olarak doküman incelemesi kullanılmıştır. Doküman incelemesi, araştırılması hedeflenen olgu veya olgular hakkında bilgi içeren resmi yayınlar, program kayıtları veya raporlar gibi yazılı materyallerin analizini kapsamaktadır (Patton, 2014; Yıldırım & Şimşek, 2021). Bu araştırma kapsamında ortaokul matematik dersi öğretim programı (5-8. sınıflar), bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutlarına göre incelenmiş olduğundan bu yöntemin tercih edilmesi uygun görülmüştür.

Araştırmanın tasarım süreci

Araştırma, hazırlık ve uygulama aşamalarından oluşmaktadır. Buna göre hazırlık sürecinde bilgi işlemsel düşünme becerisinin boyutlarının incelendiği çalışmalar taranmıştır. Alanyazında yapılan incelemeler sonucunda bilgi işlemsel düşünme becerisinin farklı boyutlarını ele alan kuramsal ve uygulamalı çalışmalar incelenerek, ilgili becerinin farklı boyutlarına ilişkin genel bir

resim elde edilmeye çalışılmıştır. Buna göre bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutları “i) parçalara ayırma, ii) soyutlama, iii) model çıkarma-tanım, iv) algoritmalar, v) değerlendirme ve hata ayıklama” (Üzümcü & Bay, 2018, s. 9) olarak belirlenmiştir. Doküman analizine geçmeden önce ilgili becerilerin doküman analizinde kullanılabilmesine yönelik matematik eğitimi ile bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alanında uzman iki öğretim üyesinin uzman görüşlerine başvurulmuş, elde edilen geri bildirimler doğrultusunda uygulama süreci başlatılmıştır. Bu aşamada uzman görüşleri doğrultusunda bilgi işlemsel düşünme becerilerinin göstergelerinin oluşturulmasına karar verilmiştir.

İncelenen dokümanlar

Bu araştırmada veri kaynağı olarak; Millî Eğitim Bakanlığı Talim Terbiye Kurulu Başkanlığı tarafından 2018 yılından itibaren tüm sınıf düzeylerinde okutulması kararlaştırılan 1-8. sınıf Matematik Dersi Öğretim Programı (MEB, 2018c) kullanılmış ve 5-8. sınıf düzeylerinde yer alan kazanımları incelenmiştir. Bu bağlamda ilgili kazanımlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 Farklı sınıf düzeylerine göre öğrenme alanlarında yer alan kazanım sayıları

Sınıf Düzeyi	Öğrenme Alanı	Kazanım Sayısı	Yüzde (%)
5	Sayılar ve İşlemler	33	58
	Cebir	0	0
	Geometri ve Ölçme	20	35
	Veri İşleme	3	5
	Olasılık	0	0
	Toplam	56	100
6	Sayılar ve İşlemler	32	54
	Cebir	3	5
	Geometri ve Ölçme	19	32
	Veri İşleme	5	8
	Olasılık	0	0
	Toplam	59	100
7	Sayılar ve İşlemler	25	52
	Cebir	7	14
	Geometri ve Ölçme	12	25
	Veri İşleme	4	8
	Olasılık	0	0
	Toplam	48	100
8	Sayılar ve İşlemler	16	30
	Cebir	13	25
	Geometri ve Ölçme	16	30
	Veri İşleme	2	3
	Olasılık	5	9
	Toplam	52	100
Toplam Kazanım Sayısı		215	

Tablo 1 incelendiğinde; 5. sınıf düzeyinde 56, 6. sınıf düzeyinde 59, 7. sınıf düzeyinde 48 ve 8. sınıf düzeyinde 52 kazanımın yer aldığı görülmektedir. Öğrenme alanlarına bakıldığında; her sınıf düzeyinde en çok ‘sayılar ve işlemler’, ardından ise ‘geometri ve ölçme’ öğrenme alanına ait kazanımlar yer almaktadır. Ayrıca ‘sayılar ve işlemler’, ‘geometri ve ölçme’, ile ‘veri işleme’ öğrenme alanlarının her sınıf düzeyinde, ‘cebir’ öğrenme alanının 6. sınıf düzeyinden itibaren, olasılık öğrenme alanının ise sadece 8. sınıf düzeyinde öğretim programında yer aldığı görülmektedir.

Verilerin toplanması ve analizi

Araştırma kapsamında, bilgi işlemsel düşünme becerisi ve alt boyutlarının öğretim programındaki kazanımlarla ilişkilendirilebilmesini sağlamak amacıyla, Üzümcü ve Bay (2018) çalışması ile birlikte ilgili alan yazından (Aktaş, 2022; Gülbahar vd., 2019; Üzümcü & Bay, 2021; Weiser, 1982) yararlanılmış; bu doğrultuda, bilgi işlemsel düşünmenin alt boyutlarına ilişkin

göstergeler araştırmacılar tarafından oluşturulmuştur. İlgili süreçte bilgisayar ve öğretim teknolojileri eğitimi alanında uzman iki öğretim üyesi ve bir öğretim görevlisinin görüşlerine başvurulmuştur. Süreç sonunda son hali verilen göstergeler Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2 Bilgi işlemsel düşünme becerisinin farklı boyutlarına ilişkin göstergeler

Boyut	Gösterge
Parçalara Ayırma (PA)	PA1. Bir konu veya kavram hakkında verilen farklı bilgilerin listelenmesi PA2. Bir konu, kavram veya durum hakkında verilen bilgilerin farklı başlıklar altında sınıflandırılması PA3. Problem çözme süreçlerinde alt problemlerin oluşturulması
Soyutlama (S)	S1. Bir olayda, durumda veya problemde ihtiyaç duyulmayan bilgilerin göz ardı edilmesi S2. Bir problemin çözümü için verilenler arasından ihtiyaç duyulanların belirlenmesi. S3. Problem çözme süreçlerinde kullanılacak uygun model veya temsillerin belirlenmesi S4. Bir konu veya kavrama ilişkin özelliklerin diğer konu veya kavramlara ilişkin özelliklerden ayırt edilebilmesi S5. Verilen bir durumdan hareketle örüntüleri oluşturacak genel prensiplerin belirlenmesi S6. Örüntülerin tanımlanması ve genellemelerin oluşturabilmesi için belirli örneklerden hareketle ortak özelliklerinin belirlenmesi S7. Belirli örneklerden yola çıkarak genellemelere ulaşılması
Örüntü-Model Çıkarma (Ö-M)	Ö-M1. Verilen bir duruma ilişkin model veya örüntülerin oluşturulması Ö-M2. Verilen bir duruma ilişkin mevcut kavramlar arasındaki ilişkilerin fark edilmesi yoluyla kural/formül oluşturulması Ö-M3. Farklı problemler üzerinde etkili bir şekilde kullanılacak genel bir çözüme ulaşılması
Algoritma (A)	A1. Bir problemin çözümü için prosedürlerin gerektiği şekilde kullanılması A2. Bir problemin çözümü veya hedeflenen duruma ulaşmak için mantıksal sınıma ve döngülerin kullanılması A3. Bir problemi çözüme götürecek yolların adım adım tasarlanması ve uygulanması
Değerlendirme ve Hata Ayıklama (D-HA)	D-HA1. Bir problemin çözümü için yürütülen her adımın doğruluğunun kontrol edilmesi D-HA2. Bir problem, olay veya durumun çözümü için yapılanların değerlendirilmesi sonucunda aşağıdaki süreçlerden birinin yürütülmesi • Hataların tanımlanması ve düzeltilmesine yönelik olarak çözüm sürecinin düzenlenmesi • Çözümün olduğu gibi kabul edilmesi D-HA3. Bir kural, ilke, işlem veya kavram hakkında görüş bildirilmesi

Araştırmada, öğretim programında yer alan farklı öğrenme alanlarına ait kazanımların, bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutlarına ilişkin göstergeleri içerip içermediği incelenmiştir. Bu amaçla, içerik analizi yöntemi kullanılarak elde edilen bulgular frekans değerleriyle tablolar halinde sunulmuş ve yüzde değerleri üzerinden yorumlanmıştır. Yüzde değerlerinin sunulmasında yuvarlama yoluna gidilmiştir. Veri analizi sürecinde, bazı kazanımlar birden fazla gösterge ile ilişkilendirilmiştir. Bu nedenle, farklı öğrenme alanlarına ait (toplam) kazanım sayıları, BİD becerisinin alt boyutlarıyla ilişkilendirilen kazanımların toplam sayısından farklılık göstermektedir. Söz konusu veri analiz süreci farklı sınıf düzeyleri göz önüne alınarak aşağıda örneklendirilmiştir.

Sayılar ve İşlemler Öğrenme Alanına Yönelik Örnek Durum: Sayılar ve işlemler öğrenme alanında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin göstergeleri açısından incelenmesi süreci Görsel 1’de verilen kazanım üzerinden örneklendirilmiştir.

M.5.1.2.6. Doğal sayılarla çarpma ve bölme işlemlerinin sonuçlarını tahmin eder.

Tahmin etmenin önemi vurgulanarak, tahmin becerilerinin gelişmesi için işlem sonuçlarıyla tahminlerin karşılaştırılması yapılır.

Görsel 1 5. sınıf sayılar ve işlemler öğrenme alanına ilişkin kazanım (MEB, 2018c)

Görsel 1’de yer alan kazanım incelendiğinde ‘hedeflenen duruma ulaşmak için mantıksal sınamaları kullanma’, problemin çözümü için yapılan işlemlerin değerlendirilmesi’ ve ‘bir işlem hakkında görüş bildirilmesi ‘süreçlerini içerdiği görülmektedir. Dolayısıyla bu kazanımın bilgi

işlemsel düşünme becerisinin alt boyutu olan 'algoritma' ile ilgili olarak A2, 'değerlendirme ve hata ayıklama' boyutu ile ilişkili olarak ise D-HA2 ve D-HA3 göstergelerini içerdiği kabul edilmiştir.

Cebir Öğrenme Alanına Yönelik Örnek Durum: Cebir öğrenme alanında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin göstergeleri açısından incelenmesi süreci Görsel 2'de verilen kazanım üzerinden örneklendirilmiştir.

M.6.2.1.1. Sözel olarak verilen bir duruma uygun cebirsel ifade ve verilen bir cebirsel ifadeye uygun sözel durum yazar.

- a) *Cebirsel ifadelerde kullanılan harflerin sayıları temsil ettiği ve "değişken" olarak adlandırıldığı belirtilir.*
- b) *En az bir değişken ve işlem içeren ifadelerin "cebirsel ifadeler" olduğu vurgulanır.*
- c) *Terim, sabit terim, benzer terim ve katsayı kavramları ele alınır.*

Görsel 2 6. sınıf cebir öğrenme alanına ilişkin kazanım (MEB, 2018c)

Görsel 2'de yer alan kazanıma yönelik analiz sürecinde, öğrencinin cebirsel ifadelerde yer alan terim, sabit terim ve katsayı gibi kavramlar arasındaki ilişkileri ve farklılıkları anlayarak bu kavramları zihninde sınıflandırması, 'verilen bilgilerin farklı başlıklar altında sınıflandırılması' göstergesi ile ilişkilendirilmiştir. Aynı kazanım kapsamında, cebirsel ifadelerin anlamının değişken ve işlem kavramlarıyla birlikte oluşturulması (formüle edilmesi) ise, 'bir konuya ait kavramlar arasındaki ilişkinin fark edilerek kural/formül oluşturulması' göstergesiyle ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla bu kazanımın 'parçalara ayırma' boyutu ile ilgili olarak PA2 ve 'örüntü-model oluşturma' boyutu ile ilgili olarak Ö-M2 göstergelerini içerdiği kabul edilmiştir.

Geometri ve Ölçme Öğrenme Alanına Yönelik Örnek Durum: Geometri ve ölçme öğrenme alanında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin göstergeleri açısından incelenmesi süreci Görsel 3'te verilen kazanım üzerinden örneklendirilmiştir.

M.7.3.1.2. İki paralel doğruyla bir kesenin oluşturduğu yöndeş, ters, iç ters, dış ters açıları belirleyerek özelliklerini inceler; oluşan açılardan eş veya bütünler olanlarını belirler; ilgili problemleri çözer.

- a) *Aynı düzlemde olan üç doğrunun birbirine göre durumları ele alınır.*
- b) *İki doğrunun birbirine paralel olup olmadığına karar vermeye yönelik çalışmalara da yer verilir. Bunu yaparken doğruların ortak kesenle yaptığı açılardan eş olma durumlarından yararlanılabilir.*

Görsel 3 7. sınıf geometri ve ölçme öğrenme alanında yer alan kazanım (MEB, 2018c)

Görsel 3'te yer alan kazanım incelendiğinde; öğrencinin iç ters, dış ters, yöndeş gibi kavramları birbiri ile ilişkili olarak anlamlandırması durumunun söz konusu olduğu görülmektedir. Dolayısıyla ilgili kazanımın 'bir konu hakkında verilen bilgilerin farklı başlıklar altında sınıflandırılması' göstergesi ile ilişkili olduğu kabul edilmiştir. Bununla birlikte eş ve bütünler açıların belirlenmesi için öğrencinin söz konusu kavramların özelliklerini bilmesi ve verilen durumlarda bu özellikleri araması gerekmektedir. Aynı zamanda öğrencinin birbirine eş ve bütünler açıları diğer açılardan ayırt etmesi durumu da söz konusudur. Bu nedenle ilgili kazanım 'bir problemin çözümü için verilenler arasından ihtiyaç duyulan verilerin belirlenmesi' ile 'bir konuya ait özelliklerin diğer konuların özelliklerinden ayırt edilebilmesi' göstergeleri ile ilişkilendirilmiştir. Son olarak iki doğrunun birbirine paralel olup olmadığının belirlenmesi için öğrencinin paralel olma şartlarını belirlemesi (formüle etmesi) gerekmektedir. Söz konusu süreç ise 'verilen bir duruma ilişkin mevcut kavramlar arasındaki ilişkilerin fark edilmesi yoluyla kural/formül oluşturulması' göstergesi ile ilişkilendirilmiştir. Dolayısıyla bu kazanımın 'parçalara ayırma' boyutu ile ilgili olarak PA2, 'soyutlama' boyutu ile ilgili olarak S2 ve S4, 'örüntü-model oluşturma' boyutu ile ilgili olarak Ö-M2 göstergelerini içerdiği kabul edilmiştir.

Veri İşleme Öğrenme Alanına Yönelik Örnek Durum: Veri işleme öğrenme alanında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin göstergeleri açısından incelenmesi süreci Görsel 4'te verilen kazanım üzerinden örneklendirilmiştir.

M.7.4.1.2. Bir veri grubuna ait ortalama, ortanca ve tepe değeri bulur ve yorumlar.

Belli bir veri grubu için bu değerlerden hangisinin daha kullanışlı olduğunu anlamaya yönelik çalışmalara yer verilir. Bu doğrultuda gerektiğinde bilgi ve iletişim teknolojilerine yer verilir.

Görsel 4 7. sınıf veri işleme öğrenme alanında yer alan kazanım (MEB, 2018c)

Görsel 4'te yer alan kazanım incelendiğinde; öğrencilerin ortalama, ortanca ve tepe değer kavramlarını anlamaları ve bu değerleri hesaplayabilmelerinin hedeflendiği görülmektedir. Ayrıca söz konusu kavramlara yönelik öğrencilerin farklı durumlarda hangisinin daha kullanışlı olduğunu yorumlamaları hedeflenmektedir. Dolayısıyla ilgili kazanım 'bir problemin çözümü için prosedürlerin gerektiği şekilde kullanılması' (A1) ve 'bir kural, kuram, ilke, işlem veya kavram hakkında görüş bildirilmesi' (D-HA3) göstergelerini içerdiği kabul edilmiştir.

Olasılık Öğrenme Alanına Yönelik Örnek Durum: Olasılık öğrenme alanında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin göstergeleri açısından incelenmesi süreci Görsel 5'te verilen kazanım üzerinden örneklendirilmiştir.

M.8.5.1.3. Eşit şansa sahip olan olaylarda her bir çıktının olasılık değerinin eşit olduğunu ve bu değerın 1/n olduğunu açıklar.

- a) Kazanım ifadesindeki n, olası durum sayısını temsil etmektedir.*
- b) Eşit şansa sahip olan ve olmayan olayları ayırt etmeye yönelik çalışmalara yer verilir.*
- c) Olasılığın bir olayın olma şansına (olabilirliğine) ilişkin bir ölçüm olduğu vurgulanır.*

Görsel 5 8. sınıf olasılık öğrenme alanında yer alan kazanım (MEB, 2018c)

Görsel 5'te yer alan kazanım incelendiğinde; öğrencinin eşit şansa sahip olan olayların olasılık değerleri için '1/n' kuralına ulaşmasını içerdiği görülmektedir. Dolayısıyla burada farklı durumlar üzerinden bir soyutlamanın yapılması ve genellemeye ulaşılması durumu söz konusudur. Bu nedenle ilgili kazanım 'örüntülerin tanımlanması ve genellemelerin oluşturabilmesi için belirli örneklerden hareketle ortak özelliklerinin belirlenmesi', 'bir konuya ait kavramlar arasındaki ilişkinin fark edilerek kural/formül oluşturulması' ve 'farklı problemler üzerinde etkili bir şekilde kullanılabilir genel bir çözüme ulaşılması' göstergeleri ile ilişkilendirilmiştir. Görsel 4'te verilen kazanımın 'soyutlama' ile ilgili olarak S6 ve 'örüntü-model oluşturma' ile ilgili olarak Ö-M2 ile Ö-M3 göstergelerini içerdiği kabul edilmiştir.

Geçerlik ve güvenilirlik

Bu araştırmada gerçekleştirilen veri analizi sürecinin geçerlik ve güvenilirliğini sağlamak amacıyla uzman görüşlerine başvurulmuş ve kodlayıcılar arası güvenilirlik hesaplamaları (Miles & Huberman, 1994) yapılmıştır. Öğretim programında yer alan kazanımların BİD becerisinin alt boyutlarına ilişkin göstergelere uygun biçimde kodlanması süreci, araştırmacıların her biri tarafından ayrı olarak yapılmış, daha sonra farklı kodlamalara sahip içeriklere yönelik yürütülen tartışma süreçleri sonunda görüş birliğine varılmıştır. Buna göre farklı öğrenme alanlarına yönelik hesaplanan kodlayıcılar arasındaki tutarlılık katsayıları ortalama değeri 0.89 olarak hesaplanmıştır. Miles ve Huberman'a (1994) göre %70'in üzerindeki kodlayıcılar arası güvenilirlik yüksek güvenilirliğe işaret etmektedir. Buna dayanarak elde edilen değer kodlama sürecinin güvenilirliğini gösterdiği kabul edilmiştir. Ayrıca, çalışmanın geçerlik ve güvenilirliğini desteklemek amacıyla, farklı öğrenme alanlarında yer alan kazanımlara yönelik yürütülen kodlama süreçleri veri analizi bölümünde ayrıntılı olarak örneklendirilmiştir.

Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde, ortaokul matematik dersi öğretim programında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisi bağlamında incelenmesi sonucunda ulaşılan bulgular sunulmuştur.

Farklı sınıf düzeylerine ilişkin kazanımların BİD becerisi bağlamında incelenmesi sonucunda elde edilen bulgular

Bu araştırma kapsamında ortaokul matematik dersi öğretim programının farklı sınıf düzeylerine ilişkin kazanımları, bilgi işlemsel düşünme becerisine ve ilgili becerinin alt boyutlarına göre araştırmacılar tarafından oluşturulan göstergelerle (Tablo 2) ilişkili olarak incelenmiş ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir.

5. Sınıf Düzeyinde Yer Alan Kazanımların BİD Becerisine İlişkin Göstergeleri İçerme Durumuna İlişkin Elde Edilen Bulgular: 5. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların, öğretim programında yer alan farklı öğrenme alanlarına göre, bilgi işlemsel düşünme becerisine ilişkin göstergeleri içerme durumu Tablo 3'te verilmektedir.

Tablo 3 5. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların BİD göstergelerini içerme durumlarına yönelik elde edilen bulgular

Öğrenme Alanları	BİD Becerisi Alt Boyutları (f)					Toplam
	PA	S	Ö-M	A	D-HA	
Sayılar ve İşlemler	2	9	9	14	6	33
Cebir	-	-	-	-	-	-
Geometri ve Ölçme	3	4	8	5	1	20
Veri İşleme	3	-	-	1	-	5
Olasılık	-	-	-	-	-	-
Toplam	8	13	17	20	7	56

Tablo 3 incelendiğinde 5. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutlarından en çok 'algoritma' boyutuna ilişkin göstergeleri içerdikleri görülmektedir. Bundan sonra gelen boyutlar ise sırasıyla 'örüntü-model çıkarma' ve 'soyutlama'dır. 5. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların yaklaşık %36'sının algoritma, %30'unun örüntü-model çıkarma, %23'ünün ise soyutlama boyutuyla ilişkili oldukları görülmektedir. Tablo 3'te yer alan veriler farklı öğrenme alanlarına göre ele alındığında ise sayılar ve işlemler öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'algoritma', geometri ve ölçme öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'örüntü-model oluşturma', veri işleme öğrenme alanında yer alan kazanımların ise en çok 'parçalara ayırma' boyutuyla ilişkili olduğu söylenebilir.

6. Sınıf Düzeyinde Yer Alan Kazanımların BİD Becerisine İlişkin Göstergeleri İçerme Durumuna İlişkin Elde Edilen Bulgular: 6.sınıf düzeyinde yer alan kazanımların, öğretim programında yer alan farklı öğrenme alanlarına göre, bilgi işlemsel düşünme becerisine ilişkin göstergeleri içerme durumu Tablo 4'te verilmektedir.

Tablo 4 6.sınıf düzeyinde yer alan kazanımların BİD göstergelerini içerme durumlarına yönelik elde edilen bulgular

Öğrenme Alanları	BİD Becerisi Alt Boyutları (f)					Toplam
	PA	S	Ö-M	A	D-HA	
Sayılar ve İşlemler	5	5	6	18	5	32
Cebir	1	1	2	1	0	3
Geometri ve Ölçme	7	7	10	7	2	19
Veri İşleme	1	0	0	3	3	5
Olasılık	0	0	0	0	0	0
Toplam	14	13	18	29	10	59

Tablo 4'te yer alan veriler incelendiğinde 6. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutlarından en çok 'algoritma' boyutuna ilişkin göstergeleri içerdikleri görülmektedir. Bundan sonra gelen boyutlar ise sırasıyla 'örüntü-model çıkarma', 'parçalara ayırma' ve 'soyutlama'dır. 6. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların yaklaşık %49'unun algoritma, %31'inin örüntü-model çıkarma, %24'ünün ise parçalara ayırma boyutuyla ilişkili oldukları görülmektedir. Tablo 4'te yer alan veriler farklı öğrenme alanlarına göre ele alındığında ise sayılar ve işlemler öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'algoritma', cebir ile geometri ve ölçme öğrenme alanlarında yer alan kazanımların en çok 'örüntü-model çıkarma', veri işleme öğrenme alanında yer alan kazanımların ise en çok 'algoritma' ve 'değerlendirme-hata ayıklama' boyutlarıyla ilişkili olduğu söylenebilir.

7. Sınıf Düzeyinde Yer Alan Kazanımların BİD Becerisine İlişkin Göstergeleri İçerme Durumuna İlişkin Elde Edilen Bulgular: 7. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların, öğretim programında yer alan farklı öğrenme alanlarına göre, bilgi işlemsel düşünme becerisine ilişkin göstergeleri içerme durumu Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5 7. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların BİD göstergelerini içerme durumlarına yönelik elde edilen bulgular

Öğrenme Alanları	BİD Becerisi Alt Boyutları (f)					Toplam
	PA	S	Ö-M	A	D-HA	
Sayılar ve İşlemler	6	1	4	14	3	25
Cebir	1	2	3	3	0	7
Geometri ve Ölçme	3	3	6	5	1	12
Veri İşleme	1	0	0	4	4	4
Olasılık	0	0	0	0	0	0
Toplam	11	6	13	26	8	48

Tablo 5'te yer alan veriler incelendiğinde 7. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutlarından en çok 'algoritma' boyutuna ilişkin göstergeleri içerdikleri görülmektedir. Bundan sonra gelen boyutlar ise sırasıyla 'örüntü-model çıkarma' ve 'parçalara ayırma'dır. 7. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların yaklaşık %54'ünün algoritma, %27'sinin örüntü-model çıkarma, %23'ünün ise parçalara ayırma boyutuyla ilişkili oldukları görülmektedir. Tablo 5'te yer alan veriler farklı öğrenme alanlarına göre ele alındığında ise sayılar ve işlemler öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'algoritma', cebir öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'algoritma' ile 'örüntü-model çıkarma', geometri ve ölçme öğrenme alanlarında yer alan kazanımların en çok 'örüntü-model çıkarma', veri işleme öğrenme alanında yer alan kazanımların ise en çok 'algoritma' ve 'değerlendirme-hata ayıklama' boyutlarıyla ilişkili olduğu söylenebilir.

8. Sınıf Düzeyinde Yer Alan Kazanımların BİD Becerisine İlişkin Göstergeleri İçerme Durumuna İlişkin Elde Edilen Bulgular: 8. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların, öğretim programında yer alan farklı öğrenme alanlarına göre, bilgi işlemsel düşünme becerisine ilişkin göstergeleri içerme durumu Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6 8. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların BİD göstergelerini içerme durumlarına yönelik elde edilen bulgular

Öğrenme Alanları	BİD Becerisi Alt Boyutları (f)					Toplam
	PA	S	Ö-M	A	D-HA	
Sayılar ve İşlemler	1	3	3	10	4	16
Cebir	0	2	7	5	3	13
Geometri ve Ölçme	3	6	8	6	3	16
Veri İşleme	1	0	0	1	2	2
Olasılık	1	2	2	1	0	5
Toplam	6	13	20	23	12	52

Tablo 6'da yer alan veriler incelendiğinde 8. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutlarından en çok 'algoritma' boyutuna ilişkin göstergeleri içerdikleri görülmektedir. Bundan sonra gelen boyutlar ise sırasıyla 'örüntü-model çıkarma' ve 'soyutlama'dır. 8. sınıf düzeyinde yer alan kazanımların yaklaşık %44'ünün algoritma, %38'inin örüntü-model çıkarma, %25'inin ise soyutlama boyutuyla ilişkili olduğu görülmektedir. Tablo 6'da yer alan veriler farklı öğrenme alanlarına göre ele alındığında ise sayılar ve işlemler öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'algoritma', cebir ile geometri ve ölçme öğrenme alanlarında yer alan kazanımların en çok 'örüntü-model çıkarma', veri işleme öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'değerlendirme-hata ayıklama', olasılık öğrenme alanında yer alan kazanımların ise en çok 'soyutlama' ve 'örüntü-model çıkarma' boyutlarıyla ilişkili olduğu söylenebilir.

Ortaokul matematik dersi öğretim programında yer alan kazanımların BİD becerisi bağlamında incelenmesi sonucunda elde edilen genel bulgular

Bu araştırma kapsamında incelenen öğretim programına göre elde edilen genel bulgular Tablo 7'de verilmektedir.

Tablo 7 Ortaokul matematik dersi öğretim programında yer alan kazanımların BİD göstergelerini içermeye durumlarına yönelik elde edilen bulgular

Öğrenme Alanları	BİD Becerisi Alt Boyutları (f)					Toplam
	PA	S	Ö-M	A	D-HA	
Sayılar ve İşlemler	14	18	22	56	18	106
Cebir	2	5	12	9	3	23
Geometri ve Ölçme	16	20	24	23	7	67
Veri İşleme	6	0	0	6	9	14
Olasılık	1	2	2	1	0	5
Toplam	39	45	60	95	37	215

Tablo 7 incelendiğinde, Ortaokul Matematik Öğretim Programı'nda yer alan kazanımların, bilgi işlemsel düşünme becerisinin alt boyutlarından en çok 'algoritma' boyutuna ilişkin göstergeleri içerdiği görülmektedir. Bunu sırasıyla 'örüntü-model çıkarma' ve 'soyutlama' boyutları izlemektedir. Öğretim programında yer alan toplam 215 kazanımın yaklaşık %44'ü algoritma, %28'i örüntü-model çıkarma ve %21'i soyutlama boyutuyla ilişkilidir. Diğer yandan, kazanımların yaklaşık %18'inin 'parçalara ayırma', %17'sinin ise 'değerlendirme-hata ayıklama' boyutlarıyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Tablo 7'de yer alan veriler farklı öğrenme alanlarına göre ele alındığında ise sayılar ve işlemler öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'algoritma', cebir ile geometri ve ölçme öğrenme alanlarında yer alan kazanımların en çok 'örüntü-model oluşturma', veri işleme öğrenme alanında yer alan kazanımların en çok 'değerlendirme-hata ayıklama', olasılık öğrenme alanında yer alan kazanımların ise en çok 'soyutlama' ve 'örüntü-model çıkarma' boyutlarıyla ilişkili oldukları söylenebilir.

Tartışma, sonuç ve öneriler

Ortaokul matematik öğretim programında yer alan kazanımların bilgi işlemsel düşünme becerisi bağlamında incelendiği bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, incelenen kazanımların sırasıyla i) *algoritma*, ii) *örüntü-model oluşturma*, iii) *soyutlama*, iv) *parçalara ayırma* ve v) *değerlendirme hata ayıklama* becerilerini içerdiğini göstermektedir. Araştırmanın veri analizi süreci sonucunda elde

edilen yüzde değerleri göz önüne alındığında, programda yer alan yaklaşık iki kazanımdan birinin 'algoritma', dört kazanımdan birinin 'örüntü-model oluşturma', beş kazanımdan birinin 'soyutlama', diğerlerinin ise sırasıyla 'parçalara ayırma' ve 'değerlendirme-hata ayıklama' boyutlarıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Dolayısıyla incelenen öğretim programında sırasıyla, 'algoritma', 'örüntü-model oluşturma' ve 'soyutlama' boyutunun ağırlıklı olarak yer aldığı ve söz konusu ilişkinin azımsanmayacak derecede olduğu söylenebilir. Bu durum, bilgi işlemsel düşünme becerilerinin öğrencilerin matematiksel çalışma süreçlerinin büyük bir bölümü ile ilişkili olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Dolayısıyla bilgi işlemsel düşünme ve matematiksel düşünme süreçlerinin birbiri ile olan ilişkisi bu araştırma sonucunda ulaşılan önemli bir nokta olarak değerlendirilebilir. Zira alan yazında yürütülmüş olan farklı birçok araştırmada da (Barcelos & Silveira, 2012; Barr & Stephenson, 2011; English, 2018; Gadanidis vd., 2017; Sneider vd., 2014; Voskoglou & Buckley, 2012; Weintrop vd., 2016) bilgi işlemsel düşünme becerileri ile matematiksel beceriler arasındaki ilişkilerin farklı yönlerinden bahsedilmektedir. Lu ve Fletscher (2009) ile Wing'in (2008, 2011) yürüttüğü farklı araştırmalar, bilgi işlemsel düşünme süreçlerinin özellikle karmaşık problemlerin çözümünde matematiksel düşünmeden önemli ölçüde yararlandığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Gonzalez vd. (2017) ile Yadav vd. (2011) bilgi işlemsel düşünmenin matematiksel zekâ ve problem çözme becerisi ile yakından ilişkili olduğunu söylemekte, Van Merriënboer (2013) ise problem çözmenin, bilgi işleme ve matematiksel düşünmenin kesişiminde bulunan ve bilgi işlemsel düşünme sürecinin temel ögesi olan önemli bir beceri olduğunu ifade etmektedir (akt. Temel, 2022). Tüm bu araştırma sonuçlarının yanı sıra günümüzde okul matematiğinin en önemli amaçlarından biri olan matematik okuryazarlığı kavramının da son yıllarda bilgi işlemsel düşünme becerisini kapsamına aldığı görülmektedir. Öyle ki, en basit haliyle matematiğin gerçek yaşamda ihtiyaç duyulan durumlarda etkili ve verimli bir biçimde kullanılmasını ifade eden matematik okuryazarlığı kavramı için, OECD tarafından yayınlanan son dokümanda (OECD, 2022), öğrencilere kazandırılması gereken temel matematiksel becerilerden birisinin bilgi işlemsel düşünme becerisi olduğu kabul edilmiştir. Bu durum da günümüzde bilgi işlemsel düşünme becerisinin matematik eğitimi ile olan yakın ilişkisi ve önemi hakkında fikir vermektedir.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, BİD becerisinin farklı boyutları göz önüne alınarak yorumlandığında, öğretim programında yer alan kazanımların büyük oranda algoritma boyutu ile ilişkili olduğu söylenebilir. Bu durum matematiğin algoritmik yapısı ve okul matematiği sınırları içerisinde yer alan kazanımlarla ilişkili olarak açıklanabilir. Bununla birlikte, burada yürütülen tartışma açısından asıl önemli olan nokta, araştırma bulgularının algoritma boyutunun matematik eğitiminde ne kadar önemli bir yere sahip olduğunu ortaya koymasıdır. BİD becerisi kapsamında 'döngüleri ve mantıksal sınamaları kullanarak yapılması gereken bir işin adım adım yerine getirilmesi' olarak ifade edilebilen algoritma boyutu, matematiksel çalışma süreçleri söz konusu olduğunda 'bir problemin çözümüne yönelik olarak gerekli olan mantıksal düşünme süreçleri kullanılarak tasarlanan matematiksel prosedürlerin adım adım yerine getirilmesi' olarak ifade edilebilir. Dolayısıyla bazı araştırmacılar tarafından 'algoritmik düşünme' olarak ifade edilen bu boyut, Ziatdinov ve Musa (2012) tarafından "bireyin, yaratıcı ve mantıksal düşünerek, ihtiyaç duyulan işin gerçekleştirilmesi için gereken eylemlerin sıralanması" olarak tanımlanmıştır (akt. Demir & Cevahir, 2020, s.1612). Futschek'e (2006) göre ise algoritmik düşünme becerisi; "i) verilen problemleri analiz etme, ii) bir problemi tam olarak ifade etme, iii) verilen sorun için strateji üretme, iv) stratejileri kullanarak verilen bir soruna doğru bir algoritma oluşturma, v) olası tüm özel ve normal durumlarda düşünme ve vi) bir algoritmanın verimliliğini arttırma"dır (akt. Erümit vd., 2018, s.156). Algoritmik düşünme farklı araştırmacılar tarafından farklı biçimlerde tanımlanmakla birlikte tüm tanımlamalarda dikkat çeken nokta ilgili süreçlerin matematiksel çalışma süreçleri ile olan yakın ilişkisidir. Bu bağlamda ilgili becerinin matematik eğitimi alanyazınında ayrı bir çalışma alanı olarak daha fazla yere sahip olması ve konu ile ilgili olarak özellikle kuramsal boyutta yapılacak çalışmaların sayısının artırılması gerektiği düşünülmektedir. Algoritma boyutundan sonra sırasıyla 'örüntü-model oluşturma' ve 'soyutlama' süreçleri hali

hazırda matematiksel düşünme becerileri arasında yer alan önemli becerilerdir ve matematik öğrenme süreçleri açısından tartışılmaz öneme sahiptirler.

Bu araştırma sonucunda elde edilen bulgular farklı sınıf düzeylerine göre ele alındığında bilgi işlemsel düşünme becerisinin öğretim programında yer alan kazanımlarla ağırlıklı ilişkilerinin çok fazla değişiklik göstermediği, her durumda sırasıyla 'algoritma' ve 'örüntü-model oluşturma' boyutlarının yer aldığı görülmektedir. Bu durum araştırmadan elde edilen genel sonuçlarla uyumludur. Bununla birlikte 6 ve 7. sınıflarda üçüncü sırayı 'soyutlama' yerine 'parçalara ayırma' almaktadır. Sözü edilen farklılık çok büyük olmamakla birlikte öğretim programında yer alan kazanımların içerikleri ile ilişkili olarak açıklanabilir.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçların, bilgi işlemsel düşünme becerisinin matematik eğitimi ile olan yakın ilişkisini farklı bir perspektifle ortaya koyduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda, özellikle 'algoritma', 'örüntü-model oluşturma' ve 'soyutlama' boyutlarına odaklanarak bilgi işlemsel düşünme becerisinin öğrenme ortamlarında daha fazla vurgulanması ve öğrencilerde ilgili becerilerin geliştirilmesine yönelik etkinlik ve uygulamalara daha geniş yer verilmesi sağlanabilir. Konuyla ilgili yürütülecek farklı çalışmalarda, matematiksel ve bilgi işlemsel düşünme becerilerinin kuramsal zeminde daha detaylı bir şekilde çalışılması ve matematik öğrenme ortamlarında uygulanabilecek bilgi işlemsel düşünme etkinlikleri üzerine odaklanan farklı araştırmaların yapılması önerilmektedir.

Çıkar çatışması beyanı

"Examination of the middle school mathematics curriculum in the context of computational thinking skills" başlıklı makalemizin herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile mali çıkar çatışması yoktur. Yazarlar arasında da herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Kaynakça

- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *The Computer Journal*, 55(7), 832-835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>.
- Aktaş, S. E. (2022). *Investigation of mental actions of mathematics teacher candidates regarding computational thinking in the technology-asisted mathematical modeling process* [Unpublished master thesis]. Pamukkale University, Denizli.
- Barcelos, T. S., & Silveira, I. F. (2012). Teaching computational thinking in initial series an analysis of the confluence among mathematics and computer sciences in elementary education and its implications for higher education. In *2012 XXXVIII Conferencia Latinoamericana En Informatica (CLEI)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CLEI.2012.6427135>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12: What is involved and what is the role of the computer science education community? *ACM Inroads*, 2(1), 48-54. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>
- Computer Science Teachers Association [CSTA] (2020). Standards for computer science teachers. <https://csteachers.org/teacherstandards>.
- Costa, E. J. F., Campos, L. M. R. S., & Guerrero, D. D. S. (2017). *Computational thinking in mathematics education: A joint approach to encourage problem-solving ability*. In *2017 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FIE.2017.8190655>.
- Curzon, P. (2015). *Computational thinking: Searching to speak*. <http://www.inf.ed.ac.uk/publications/online/1245.pdf>.
- Demir, Ü., & Cevahir, H. (2020). Investigation of the relationship between algorithmic thinking capability and problem solving skills: The case of vocational and technical Anatolian high school. *Kastamonu Education Journal*, 28(4), 1610-1619. <https://doi.org/10.24106/kefdergi.4179>.
- Denning, P. J. (2009). The profession of IT beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28-30. <https://doi.org/10.1145/1516046.1516054>

- Eisenberg, M. (2002). Output devices, computation, and the future of mathematical crafts. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 7, 1-44.
- English, L. (2018). On MTL's second milestone: Exploring computational thinking and mathematics learning. *Mathematical Thinking and Learning*, 20(1), 1-2.
<https://doi.org/10.1080/10986065.2018.1405615>
- Erümit, K. A., Karal, H., Şahin, G., Aksoy, D. A., Aksoy, A., & Benzer, A. İ. (2018). A model suggested for programming teaching: Programming in seven steps. *Education and Science*, 44(197), 155-183.
<http://dx.doi.org/10.15390/EB.2018.7678>.
- Gadanidis, G., Hughes, J. M., Minniti, L., & White, B. J. G. (2017). Computational thinking, grade 1 students and the binomial theorem. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 3, 77-96.
<https://doi.org/10.1007/s40751-016-0019-3>.
- Gonzalez, R., Gonzalez, P. & Fernandez, J. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678–691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>.
- Gülbahar, Y., Kert, S. B., & Kalelioğlu, F. (2019). The self-efficacy perception scale for computational thinking skill: Validity and reliability study. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 10(1), 1-29. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.385097>.
- Guzdial, M. (1994). Software-realized scaffolding to facilitate programming for science learning. *Interactive Learning Environments*, 4(1), 1–44. <https://doi.org/10.1080/1049482940040101>.
- 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, 48-69.
<https://doi.org/10.1007/s40751-017-0038-8>.
- International Society for Technology in Education [ISTE] (2016). *ISTE standards for students: A practical guide for learning with technology*. Washington, DC: Author.
- Kong, S. C. (2016). A framework of curriculum design for computational thinking development in K-12 education. *Journal of Computers in Education*, 3(4), 377-394. <https://doi.org/10.1007/s40692-016-0076-z>.
- Lu, J. J., & Fletcher, G. H. (2009). Thinking about computational thinking. In *Proceedings of the 40th ACM technical symposium on Computer science education* (pp. 260-264). Chattanooga, Tennessee, USA.
- Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L., & Settle, A. (2014). Computational thinking in K-9 education. In *Proceedings of the working group reports of the 2014 on innovation & technology in computer science education conference* (pp. 1-29). ACM.
- MoNE (2018a). *Information technologies and software course curriculum: 5th and 6th grades*. Ankara: MoNE.
- MoNE (2018b). *Information technologies and software course curriculum: Primary school 1st, 2nd, 3rd and 4th grades*. Ankara: MoNE.
- MoNE (2018c). *Mathematics course curriculum (Primary and Secondary School 1st, 2nd, 3rd, 4th, 5th, 6th, 7th and 8th grades)*. Ankara: MoNE.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. (2nd ed). Sage.
- National Research Council (2011a). *Learning science through computer games and simulations*. The National Academies Press, Washington, DC.
<https://ics.uci.edu/~wscacchi/GameLab/Recommended%20Readings/Learning-Science-Games-2011.pdf>.
- National Research Council (2011b). *Report of a workshop of pedagogical aspects of computational thinking*. The National Academies Press, Washington, DC.
<https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/NRC-Pegagogy-CT.pdf>.
- Ndlovu, M., Wessels, D., & De Villiers, M. (2011). An instrumental approach to modelling the derivative in Sketchpad. *Pythagoras*, 32(2), 1-15. <https://hdl.handle.net/10520/EJC20946>.
- Niemelä, P., Pears, A., Dagiene, V., & Laanpere, M. (2022). Computational thinking – Forces shaping curriculum and policy in Finland, Sweden and the Baltic countries. In D. Passey, D. Leahy, L. Williams, J. Holvikivi, & M. Ruohonen (Eds.), *Digital transformation of education and learning—past, present and future* (C. 642, ss. 131-143). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-97986-7_11.

- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2022). *PISA 2022 assessment and analytical framework*. <https://doi.org/10.1787/dfef0bf9c-en>.
- Oluk, A. (2017). *An investigation of students on computational thinking skills in terms of logical-mathematical intellectuality and mathematics achievements* [Unpublished master thesis]. Amasya University, Amasya.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 138-142.
- Patan B., (2016). *Development of coding curriculum for kindergarten* [Unpublished master thesis]. Bahçeşehir University, İstanbul.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd ed.) (Trans. Ed. M. Bütün & S. B. Demir). Ankara: Pegem Academy.
- Repenning, A., Webb, D., Ioannidou, A. (2010). Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools. In *Proceedings of the 41st ACM technical symposium on computer science education* (pp 265–269). ACM. <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1734263.1734357>.
- Sengupta, P., Kinnebrew, J. S., Basu, S., Biswas, G., & Clark, D. (2013). Integrating computational thinking with K-12 science education using agent-based computation: A theoretical framework. *Education and Information Technologies*, 18, 351-380. <https://doi.org/10.1007/s10639-012-9240-x>.
- Sneider, C., Stephenson, C., Schafer, B., & Flick, L. (2014). Exploring the science framework and NGSS: Computational thinking in the science classroom. *Science Scope*, 38(3), 10-15.
- Temel, B. (2022). *The effect of computational thinking activities on 7th grade students' skills and attitudes toward problem solving* [Unpublished master thesis]. Ordu University, Ordu.
- Üzümcü, Ö. (2022). Analysis of whether primary school mathematics curriculum includes computational thinking dimensions. In the abstract book of the *10th International Congress on Curriculum and Instruction* (pp. 833-835). Ankara: Gazi University Publications.
- Üzümcü, Ö., & Bay, E. (2018). A new 21st century skill in education: Computational thinking. *Uluslararası Türk Kültür Coğrafyasında Sosyal Bilimler Dergisi*, 3(2), 1-16.
- Üzümcü, Ö., & Bay, E. (2021). *Computational thinking in computer-free coding education*. Ankara: Akademisyen Publishing.
- Van Merriënboer, J. J. (2013). Perspectives on problem solving and instruction. *Computers & Education*, 64, 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.025>.
- Voskoglou, M. G., & Buckley, S. (2012). Problem solving and computational thinking in a learning environment. *Egyptian Computer Science Journal*, 36(4), 28–46. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1212.0750>.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5>.
- Weiser, M. (1982). Programmers use slices when debugging. *Communications of the ACM*, 25(7), 446-452. <https://doi.org/10.1145/358557.358577>.
- Wilensky, U., & Reisman, K. (2006). Thinking like a wolf, a sheep, or a firefly: Learning biology through constructing and testing computational theories—an embodied modeling approach. *Cognition and Instruction*, 24(2), 171-209. https://doi.org/10.1207/s1532690xci2402_1.
- Wilensky, U., Brady, C. E., & Horn, M. S. (2014). Fostering computational literacy in science classrooms. *Communications of the ACM*, 57(8), 24-28. <https://doi.org/10.1145/2633031>.
- Wilson, C., & Guzdial, M. (2010). How to make progress in computing education. *Communications of the ACM*, 53(5), 35-37. <https://doi.org/10.1145/1735223.1735235>.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>.

- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical transactions: Mathematical, physical and engineering sciences*, 366(1881), 3717-3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>.
- Wing, J. M. (2011). Research notebook: Computational thinking—What and why. *The Link Magazine*, 6, 20-23. <https://people.cs.vt.edu/~kafura/CS6604/Papers/CT-What-And-Why.pdf>.
- Yadav, A., Hong, H., & Stephenson, C. (2016). Computational thinking for all: Pedagogical approaches to embedding 21st century problem solving in K-12 classrooms. *Tech Trends*, 60, 565-568. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0087-7>.
- Yadav, A., Zhou, N., Mayfield, C., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2011). Introducing computational thinking in education courses. In *Proceedings of the 42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*, (pp. 465-470). <https://doi.org/10.1145/1953163.1953297>.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Qualitative research methods in social sciences* (12th ed.). Ankara: Seçkin Publishing.