



Investigation of the Effect of Virtual Manipulatives Usage on the Process of Eliminating Misconceptions about Algebraic Expressions and Equations

Tuğba Temür^a  Eyüp Sevimli^b 

^a Phd Student, Atatürk University, Erzurum, Türkiye, tugba.tmr.15@gmail.com

^b Prof. Dr, Istanbul Medeniyet University, Istanbul, Türkiye, eyup.sevimli@medeniyet.edu.tr

ABSTRACT

In this study, the effect of activity-based mathematics content enriched with virtual manipulatives on the process of eliminating misconceptions about algebraic expressions and equations was examined. The virtual manipulative, developed by the researchers and examined for its effects, was also evaluated in terms of suitability for student needs regarding algebraic expressions and equations and compatibility with program achievements. In this research, a pretest-posttest control group quasi-experimental design was used. The study group of the research consisted of a total of 60 students studying at the 7th grade level in a public school. In the experimental group, virtual manipulatives developed by the researchers were used, and in the control group, activities in the current secondary school mathematics textbook were used to explain algebraic expressions and equations. Testing was used to determine misconceptions, and interview techniques were used to describe the effectiveness of the teaching process. The study results showed that activity-based teaching practices applied in both the experimental and control groups were effective in eliminating initial misconceptions. In the teaching of the experimental group, the order of operations and the representation of algebraic expressions, it was determined that the teaching in the control group was more useful in terms of eliminating misconceptions about the relationships between letters and objects. The results regarding the post-test scores showed that there was a statistically significant difference in favor of the experimental group compared to the control group in terms of eliminating misconceptions. Suggestions for the effective use of virtual manipulatives more in mathematics teaching are discussed.

Article Type
Research

Article Background
Received:
08.02.2024
Accepted:
22.05.2024

Keywords
Virtual
Manipulative,
Algebraic
expression,
Equation,
Misconceptions

To cite this article: Temür, T. & Sevimli, E. (2024). Investigation of the effect of virtual manipulatives usage on the process of eliminating misconceptions about algebraic expressions and equations. *International Journal of Turkish Education Sciences*, 12 (2), 805-852. <https://doi.org/10.46778/goputeb.1434000>

Corresponding Author: Tuğba Temür, e-mail: tugba.tmr.15@gmail.com

* The study was produced from the master's thesis prepared by the first author under the supervision of the second author.



Introduction

Mathematics is seen as one of the courses that students generally fear and sometimes develop negative attitudes towards because of its abstract language and axiomatic structure. Especially at the secondary school level, students' perception of mathematics as a set of formulas and operations and their inability to visualize it in their minds, trigger various difficulties in mathematics (Erbaş & Ersoy, 2003). In this sense, negative attitudes, incorrect concept images and systematic errors cause mathematical misconceptions. It is known that misconceptions not only cause negative attitudes towards mathematics, but also negatively affect success (Akın, 2002; Yenilmez & Yaşa, 2008). For this reason, identifying and eliminating misconceptions is considered important and necessary for the quality of education (Ayyıldız & Altun, 2013). Students experience various misconceptions and difficulties in the field of learning algebra, where mathematical processes and objects are presented accompanied by symbolic structures (Kaf, 2007). With the transition from the concrete operational period to the abstract operational period in secondary school mathematics, misconceptions in the field of learning algebra become more evident. However, algebraic thinking skills are among the important skills addressed in mathematics curriculum (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). When the primary school mathematics curriculum published by the Ministry of Education (MoNE, 2018) is examined, students are expected to improve in terms of three basic skills in the field of learning algebra. These; Making sense of the concept of variable, performing operations with algebraic expressions, and working on equations and inequalities by making sense of the concept of variable.

It is frequently stated in the relevant literature that with the integration of technology into learning-teaching processes, misconceptions that arise in the mathematics learning process can be eliminated and the skills and achievements predicted by mathematics teaching programs can be supported. Virtual manipulatives, one of these technologies, can provide interactive environments where students can create and solve their own problems to create connections between mathematical concepts and operations and receive instant feedback about their actions (Durmuş & Karakırık, 2006). However, there are limited number of studies in the field of algebra learning, which involves intense abstraction processes and focuses on student practices (Camci, 2018). Nevertheless, it is thought that virtual manipulatives, which can also be used in online environments and can serve as supported formation in the concretization process, can be effective in eliminating mathematical misconceptions and developing positive attitudes (Moyer et al., 2012). In this context, the current research "What is the role of activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives in the process of eliminating the misconceptions of first 7. grade students about algebraic expressions and equations?" is looking for an answer to the question. Thus, first of all, a virtual manipulative application compatible with the achievements in the field of algebra learning will be designed and then the potential of this manipulative to eliminate the misconceptions existing in students will be evaluated. Since the research focuses on the development of a virtual manipulative that has the potential to eliminate the misconceptions mentioned in the literature, it has the vision of contributing to mathematics education in theoretical and practical terms.

Conceptual Framework

Using Virtual Manipulatives in Mathematics Teaching

The use of manipulatives in teaching is seen as a widely used strategy to encourage students to become more actively involved in mathematics. Manipulatives are used to concretize the properties of objects and concepts. Regarding the use of concrete objects in the classroom, it is stated that

students' work with concrete objects and models both increases their motivation and makes learning fun (Clements, 1999). NCTM (2012) endorsed integrating manipulatives into all levels of mathematics education. It is also suggested that manipulative materials can be used as an intermediary between the real world and the mathematical world (Lesh, 1990). Because manipulatives allow students to form mental representations and gain skills in using, modifying, and synthesizing new ones, they are described by many as the best approach to solving the challenges inherent in learning arithmetic and algebra concepts in teaching processes. In addition to the use of concrete manipulatives, virtual manipulatives can also be used by students who are thought to be at the level of concrete perception, especially by modeling and concretizing some abstract concepts in the computer environment; It is assumed that it helps students understand concepts better, interpret concepts and use concepts in problem solving (Durmuş & Karakırık, 2006). While hands-on tangible manipulatives are tactile and visual, virtual manipulatives are purely visual. However, virtual manipulatives are also interactive; that is, the student is able to manipulate the same objects and create the same mental representations of the objects using the computer mouse.

Representing the use of technology in mathematics, virtual manipulatives are defined as interactive, web-based representations of a dynamic object that provide opportunities to structure mathematical knowledge (Moyer et al., 2002). Although these manipulatives are not physical, they have the potential to appeal to different sensory organs together (Clements & McMillen, 1996). Virtual manipulatives can provide interactive environments in which students can pose and solve their own problems to make connections between mathematical concepts and operations. Virtual manipulatives can provide interactive environments in which students can pose and solve their own problems to make connections between mathematical concepts and operations and provide immediate feedback on their actions that can lead them to reflect on their conceptualizations. Virtual manipulatives provide more advantages over physical manipulatives by eliminating some of the constraints they impose on the task. The ability to be manipulated by virtual manipulatives provides the student with the opportunity to see the consequences of their own actions, create meaning, and see relationships (Moyer et al., 2002). Visual representation of concepts and relationships helps students gain insight in mathematics (Fitzallen, 2015).

It is seen that there are many web-based virtual manipulative (without Turkish language support) platforms (NLVM, NCTM Illumination, shodor, etc.) developed internationally for free use by students and teachers. On the other hand, it seems that the number of platforms containing virtual manipulative and virtual manipulative development studies is not sufficient in our country (Durmuş & Karakırık, 2006; Karakırık & Çakmak, 2009). It seems that virtual manipulative development studies in the literature are generally narrow in terms of content. For example, Akkan and Çakıroğlu (2011) developed a virtual manipulative with algebra tiles to be used in algebra. Additionally, as a result of a TÜBİTAK-supported project study, a set of materials that supports the primary school mathematics curriculum and contains nearly 80 virtual manipulatives was designed (Karakırık & Çakmak, 2009). Along with all these studies, it is observed that there is a limited number of studies on evaluating the effectiveness of virtual manipulatives developed with Turkish language support in teaching. Additionally, it has been evaluated that there is no virtual manipulative that corresponds to most of the achievements in algebraic expressions and equations.

Misconceptions and Difficulties Encountered in Teaching Algebra

With the new developments in the field of mathematics, the perspective on algebra has changed and algebra has been seen as a method of expressing thought-relationships. Algebra and algebraic thinking are seen as an integral part of mathematical literacy within our education system. Algebra opens the doors of abstract thinking and logical inference to students (Stacey & MacGregor, 2000). The introduction to symbolic representation in algebra is seen as an important part of the development of basic mathematical concepts. In general, algebra is expressed as a branch of mathematics that transforms the existing relationship or relationships into generalized equations using numbers and symbols. Algebraic thinking involves developing mathematical reasoning in line with the limits of algebraic knowledge existing in the mind, by attributing meaning to algebraic operations and symbols with an arithmetic language. Algebra and algebraic thinking are the most important part and unifying element of mathematical literacy in terms of the aims of today's educational approach (Erbaş & Ersoy, 2002).

When the mathematics curriculum is examined, topics related to the field of algebra learning are given according to patterns. It is seen that students face many difficulties while dealing with algebra. Because during the transition from arithmetic to algebra, students tend to work with arithmetic logic and feel uncertain about the new letters and symbols they encounter, which can lead to various misunderstandings and mistakes. In particular, students' difficulty in understanding algebra causes their success in mathematics to decrease (Erbaş & Ersoy, 2003). According to Tall (2005), this situation is related to students being weak in manipulation operations at the algebra stage and not being successful. Perso (1992), who evaluated the difficulties in the algebra learning process in the context of students, stated that students had difficulties in understanding the place of letters in algebra, using variables, and using algebraic rules when solving equations. Akkaya & Durmuş (2006) state that students see letters as abbreviations for concrete objects, therefore they ignore the fact that they may represent different variables. The reasons why algebra cannot be understood by students were examined under three headings by Kaş (2010). These are the structure of algebra, students' mental development and readiness, and deficiencies in teaching algebra.

When we look at the reasons for the difficulties in the algebra learning process, we usually encounter deficiencies in the curriculum and the teacher's field knowledge (Dede & Argün, 2003). In this sense, the teaching methods to be used in overcoming the difficulties experienced in learning algebra are of great importance. Kaya (2015) states that the different teaching methods used in the courses enable students to develop their algebraic thinking skills in a meaningful way throughout their lives. In studies conducted at the seventh grade level by Çavuş-Erdem and Gürbüz (2017) and Sert Çelik and Masal (2018), discussing the topic of equations; it was determined that students had difficulty in learning the subject and their conceptual and procedural knowledge was not sufficient. When studies in the relevant literature were examined, it was determined that virtual manipulatives with Turkish language support used in the field of algebra learning were limited. No study has been encountered that addresses the role of virtual manipulatives in the process of eliminating misconceptions, especially in the subjects of algebraic expressions and equations, where students have many misconceptions. This research addresses the deficiencies and difficulties expressed in the above sections in terms of designing a virtual manipulative application and evaluating the impact of the relevant design.

Method

Research Model

In the current study, a quasi-experimental design was used among experimental designs because the processes of eliminating students' misconceptions were evaluated after an intervention in the existing learning environment. The intervention in this research was carried out through activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives in courses covering algebraic expressions and equations. This method was preferred because it is difficult to create equal experimental and control groups in terms of control variables in existing school structures. With the quasi-experimental design, which is frequently used in educational research, errors from sources that may threaten internal validity can be strongly controlled, as they will have the same effect in the experimental and control groups (Büyüköztürk et al., 2017). Ethical principles and issues were taken into consideration during the implementation phase of the study, and an Ethics Committee Decision was taken by the Tokat Gaziosmanpaşa University Social and Human Sciences Research Ethics Committee at its meeting dated 11.03.2021 and numbered 05.18.

Participants

In the process of determining the study group, participant selection was made using the purposeful sampling method. Büyüköztürk et al. (2017) define the purposeful sampling method as a probabilistic and non-random method. It is also seen as an ideal sampling method for in-depth research (Büyüköztürk et al., 2017). Considering the current study, quasi-experimental research; Since it is a detailed and long-term study by nature, the purposeful sampling method was the most appropriate method. In addition, within the scope of the study, care was taken to ensure that the gender and number of study groups were equal in order to investigate only the effects of the intervention and to keep other variables under control. Considering all these criteria and premises, the participants of the study consisted of a total of 60 students studying in two different branches in the 7th grade of a public school in the center of Tokat. The application was carried out in the second semester of the 2020-2021 academic year, via distance education and during 4-week class hours. Participants took part in the study on a voluntary basis.

Virtual Manipulative Development Process

During the application process, first the virtual manipulative development process was explained. During the development of the manipulative portal, the stages of needs analysis, content creation and design evaluation were passed. During the needs analysis process, a pool was created by accessing all virtual manipulatives that could be used in teaching algebra. In their preliminary interviews with teachers within the scope of field studies, the researchers encountered need categories such as tools that provide Turkish language support, tools that are compatible with the mathematics teaching program achievements of our country, tools that are open to interaction, and tools that can be useful in the process of eliminating misconceptions. When the relevant literature was examined, it was observed that more frequent references were made to the NLVM tool, of which NCTM is the content producer, as a virtual manipulative. However, the fact that the contents of this tool are in English and are not sufficiently compatible with the program achievements are considered as a limitation. It has been determined that virtual manipulative activities in the Education Information Network (EBA), which is widely used in our country, are mostly in the field of learning numbers and operations. Based on the needs analysis data, it was aimed to develop a manipulative in accordance with the achievements related to Turkish language support in order to

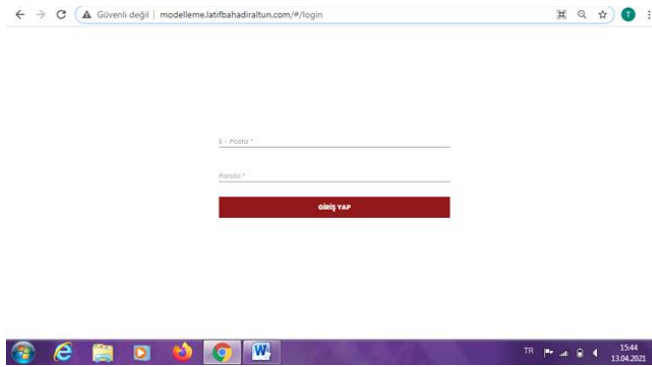
contribute to the study and literature.

During the content creation phase, three virtual manipulative resources, namely NLVM, NCTM Illuminations, WisWeb, and EBA applications, which is the Education Information Network of the Ministry of National Education of our country, were examined and the distribution and usability of the manipulatives published on these sites were evaluated according to learning areas. As a result, virtual manipulatives were created, supported by expert opinions, in accordance with the achievements of the 7th grade algebra learning field. The created manipulative application was developed to group virtual manipulatives according to the subject they are related to and provide access under a single roof.

The user first encounters the username and password interface in the virtual manipulative, which he accesses via a web-based internet address. Username and password are defined separately for students and teachers. Figure 1 shows the manipulative activities interface entry screen. Teachers and students are logged in with separate e-mails and passwords. All virtual manipulatives developed on the portal are presented to users under the heading of activities classified according to achievements.

Figure 1

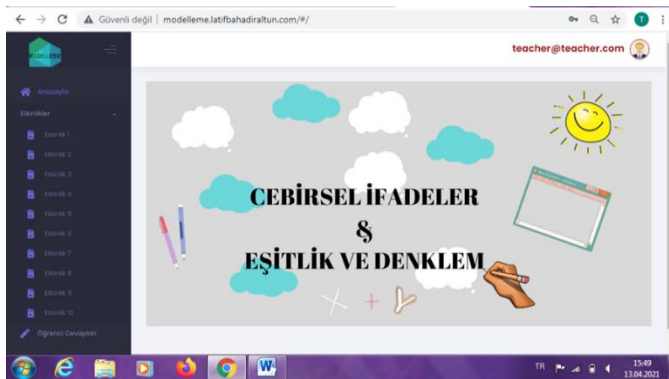
Manipulatives Main Login Screen



Activities are included on the left side of the screen in Figure 2. Additionally, on the teacher's user page, there are student answers showing what the students did on their own activity page. The students' answers are examined by the teacher on the system, and the student's mistakes can be corrected through feedback by observing which mistakes the students made in which learning outcomes.

Figure 2

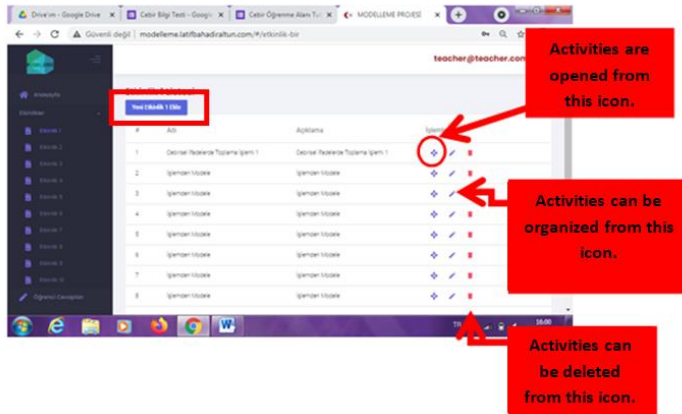
Manipulative Login Screen Interface



The contents of the events can be accessed by clicking on them. There is such content for each event. New events can be created, existing ones can be edited, and desired events can be deleted (Figure 3). While these features may only be valid for the teacher interface, there is only the ability to open and process virtual manipulative activities for students.

Figure 3

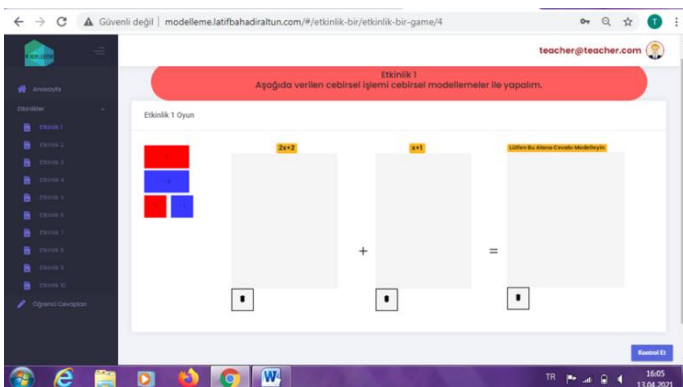
Interface for Setting Virtual Manipulative Activities



As expressed in Figure 3, teachers have the opportunity to dynamically edit, delete and create new virtual manipulative activities through the system. The teacher can create as many manipulative activities as he wants. Virtual manipulative activities are organized for different outcomes at different grade levels. For example, it is also effective on the multiplication of algebraic expressions in the 8th grade achievements. Virtual manipulative activities for each achievement are processed dynamically.

Figure 4

Virtual Manipulative Activities Screen Interface



The algebraic virtual materials in Figure 4 are dragged and placed appropriately in the space under the algebraic expressions. If there is any mistake in the models made, the models can be deleted by dragging them to the trash bin. At the end of the process, the accuracy of the result is determined by pressing the check button. If the operation performed is correct, the next activity is carried out; if there is an error in the result of the operation and the placement of the manipulatives, the operation is corrected and when the correct result is reached, the next activity is carried out. There is the same order and system for the virtual manipulative activities included in each learning outcome. Some examples of achievements are included in Annex 1.

Expert opinion was used during the evaluation of the manipulative. The portal was developed by two experts with a doctoral degree in mathematics education and an expert in the field of educational technology; It was evaluated in terms of the user-friendliness of the interface, the contents being compatible with the program achievements, and the existing contents being improvable. Careful efforts have been made to ensure that the activities to be implemented at the end of the process do not cause any distress to the students. The results of the pilot study also showed that students' ability to successfully complete the activities on algebraic expressions and equations differed according to their grade level and mathematics achievement scores.

Application Process

After the development phase of the manipulative portal, experimental and control groups were determined. In this context, two branches whose mathematics course class averages were close to each other were selected and randomly defined as the experimental and control groups. Pre-tests were used to evaluate the changes in the groups' misconceptions within themselves and relative to each other, and after the teaching application, these tests were applied to the same groups again. In this context, after the existing misconceptions about algebraic expressions and equations were determined, the 4-week implementation process started. During the application process in the experimental group, virtual manipulative support in a portal developed by the researchers within the scope of their master's thesis was used and an activity-based approach was used.

Since the current research focuses on the effect of an intervention in the teaching content on misconceptions, care was taken not to change the other components of the classroom environment, namely students and instructors. In this sense, the current teachers of the course who will conduct the lessons of the experimental and control groups were informed and trained by the researchers for two weeks about the application contents and materials. Lessons in both the experimental and control groups were conducted via distance education due to the impact of the Covid-19 pandemic. During the application process in the experimental group, the teacher introduced virtual manipulatives created in the computer environment to the students, conveyed the relevant subject achievements to the students with the help of manipulatives, and managed the course process on an activity-based basis. Students completed the teaching process by completing the virtual manipulative activities added to their portals regarding the learning outcomes after the course. In some activities, the whole class participated together, while in others the activities were carried out individually.

In the control group, the lessons were taught via distance education, using EBA contents and activities in the existing secondary school mathematics textbook as a reference. In this process, the subject was explained orally by the teacher according to the order in the textbook, and the teacher shared the necessary explanations on the student screens and ensured that they were transferred to the students' notebooks. In addition to having e-content suitable for all grade levels, EBA has been used as a dynamic education platform that creates and develops rich e-content depending on the process. At the same time, project studies, course assignments and activity studies were sent to the students by the teacher via EBA. Analyzes of the submitted studies, students' course performances based on their EBA usage, homework completion percentages, class and student-based success rates, etc. The data were evaluated by accessing the EBA reports section (EBA, 2021). At the end of the process, the teacher asked the students to ask questions about the subject, if any. However, throughout the entire process, some students were able to ask questions about the subject with the permission of the teacher. One of the researchers participated in the online lessons as a guest to

observe. According to the observation results, the teacher supported his lessons with video explanations and question solutions. During this process, it was also observed that the participating students participated in the lessons online and followed the teacher's instructions. At the end of the process, the teacher asked the students to ask questions about the subject, if any. However, throughout the entire process, it was determined that a few students asked their teachers questions about a subject they did not understand.

In the 2020-2021 academic year, the course was taught by a mathematics teacher in the experimental group and by another mathematics teacher in the control group, at the time specified in the curriculum, for 4 weeks. These applications were carried out simultaneously in the experimental and control groups. During this process, one of the researchers received lesson plans from the teachers every week regarding the lessons held. After the lesson, the researcher monitored the virtual manipulative activities completed by the students through the virtual manipulative activities portal. The implementation process for both study groups is presented in Table 1.

Table 1

Implementation Process for Working Groups

Week	Objectives	Experimental Group	Control Group
		Lessons were delivered via online education. The created virtual manipulative activities were implemented and assigned. Student answers were checked through the system until the next week.	With online education, teacher-centered lecture was provided through the textbook.
1. Week	*Performs addition and subtraction operations with algebraic expressions.	Related virtual manipulative activities: Activity 1 Activity 2 Activity 3 Activity 4	Activities have been enriched with various websites. EBA Online Tests Textbook activities
2. Week	*Multiplies a natural number and an algebraic expression. * Expresses the rule of number patterns with letters, finds the desired term of the pattern whose rule is expressed with letters.	Related virtual manipulative activities: Activity 5 Activity 6	EBA Online Tests Textbook activities
3. Week	*Understands the principle of conservation of equality. *Recognizes a first-order equation with one unknown and establishes a first-order equation with one unknown appropriate to given real-life situations.	Related virtual manipulative activities: Activity 8	EBA Online Tests Textbook activities
4. Week	*Solves first degree equations with one unknown. *Solves problems that require establishing a first order equation with one unknown.	Related virtual manipulative activities: Activity 9 Activity 10	EBA Online Tests Textbook activities

Data Collection Tools

During the research process, data was collected using test and interview tools. Testing technique was used before and after the application. The multiple-choice Algebra Misconception Identification Test was used as a pre-post test to determine the participating students' misconceptions about algebraic expressions and equations. This test was prepared by Perso (1992) to determine students' misconceptions about algebra and was adapted into Turkish by Akkaya (2006). The Cronbach's alpha reliability coefficient of the Algebra Misconception Identification Test after the adaptation study was calculated as 0.72. The relevant test was prepared to detect 19 misconceptions encountered in the field of learning algebra. Some questions measure more than one misconception, and the distribution of questions according to misconceptions is expressed in Table 2.

Table 2

Distribution of Questions According to Misconceptions

Misconception	Related Question
1. Letters have no meaning in mathematics.	1, 2, 3, 7
2. Letters are arranged as in the alphabet.	6
3. It indicates numerical position, as in the alphabetical order of letters.	6,10
4. The value of letters with a coefficient of one is equal to "1".	4, 5, 8, 9
5. Each letter has only one value.	1, 3, 6
6. Letters can only be numbers.	4
7. Letters represent objects.	1, 2, 5, 7, 9
8. Letters do not behave like numbers.	2,8
9. "+" or "-" and "=" signs always give results.	11, 12, 13, 14, 15
10. The order of the operations is not important.	18
11. Although the "=" sign indicates an algebraic action, students do not interpret algebraic expressions as performing a mathematical operation, as in the operations $2s+5$ or $5-c$.	11, 12, 13, 14, 15
12. Mathematics is always done from left to right.	14
13. Parentheses are not important in algebra.	17, 18
14. Instead of doing the reverse operation on the other side of an equation, the same operation is performed.	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
15. Their numbers, variables and signs are separate from each other.	24, 25, 26
16. Subtraction has the property of commutativity.	22, 24
17. Reverse operations are unnecessary.	20, 24
18. Matches letters from left to right.	27, 29, 30
19. Letters are a label for words.	27, 28, 29

In order to support the quantitative data obtained in the research, students in the experimental group were asked semi-structured interview questions from qualitative data collection tools after the application process, and their opinions were received regarding the use of virtual manipulatives in lessons and homework. It was prepared by taking expert opinions in order to support the opinions of 10 students who participated in the application process regarding the use of virtual manipulatives in mathematics teaching through interviews and to enrich their feelings and thoughts by reflecting them on the research findings as much as possible.

The interviews were conducted by the researcher. Necessary explanations were made to the students by the researcher about the purpose of the research and the interview to be held. Semi-structured interviews were conducted one-on-one online, questions were asked by the researcher, and in-depth answers were sought from the participants. The interviews were recorded in writing by the researcher, with the information and consent of the participants. In open-ended questions,

information was sought about students' positive and negative thoughts about the use of virtual manipulatives in lessons, whether they want to use virtual manipulatives in teaching other subjects in mathematics, and what changes the lessons taught with virtual manipulatives have in their thoughts about the mistakes they experience in the field of learning algebra.

Analysis of Data

Within the scope of the research, data were collected using the Algebra Misconception Test and interview form. While analyzing the answers to the Algebra Misconception Test, 1 point was given for each correct question and 0 point was given for each incorrect question. While the maximum score a student can get is 30, the minimum score he can get is 0. Normality tests were applied to determine whether the test results were normally distributed. Since the number of students observed was more than 50, the Kolmogorov-Smirnov normality test was applied. Normality test results are presented in Table 3.

Table 3

Normality Test Results for Misconception Scale Scores of Experimental and Control Group Students

	Groups	Kolmogorov-Smirnov		
		Statistic	df	p
Misconception Pretest Scores	Experimental Group	,089	30	,200
	Control Group	,126	30	,200
Misconception Posttest Scores	Experimental Group	,126	30	,200
	Control Group	,145	30	,105

According to the results obtained from the normality test, independent t-test was used to determine whether there was a significant difference between the pre-test and post-test mean scores of the groups in the analysis of the data. The obtained scores were analyzed with the help of SPSS 26.0 software and the results were converted into tables. As stated in Table 3, since there were more than 50 data sets, Kolmogorov-Smirnov was used and since the p value was greater than 0.05, it was accepted that the misconception pretest-posttest scores showed normal distribution for both groups. Within the scope of the study, it was aimed to evaluate the misconceptions holistically as well as to examine the effects of teaching practices according to the type of misconception. In this context, the number of students who had misconceptions in the pre- and post-test applications in the experimental and control groups for each type of misconception was determined. Then, for each type of misconception, the percentage of reduction in misconceptions that students in both the experimental and control groups had was evaluated using the formula $(100 - \frac{N_{post}}{N_{pre}} \times 100)$.

Qualitative data obtained by applying a semi-structured interview form to the students in the experimental group were analyzed with descriptive methods. The data obtained in descriptive analysis are evaluated within the framework of codes or frequencies (Yıldırım & Şimşek, 2013). The purpose of this analysis is to organize, interpret and present the findings to the reader. In this context, the answers given to the interview questions were separated by frequency type and each opinion was reported in the context of cause-effect relationships after coding.

Findings

The findings of the Misconception Identification Test are presented to include predictive and descriptive statistical findings, respectively. In this context, the application findings regarding the experimental and control groups were evaluated through constant comparisons and with reference

to misconception types. In addition, the experimental group students' opinion findings regarding the activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives were also shared.

T-test Findings Regarding the Misconception Identification Test

After the teaching practices carried out in the experimental and control groups, it was first evaluated whether the students differed in terms of their Misconception Detection Test scores. The mean and standard deviations of the pre-post test scores of the experimental and control groups were calculated, and these data were compared with the difference between the pre and post test of the experimental and control groups by independent t-test. These data are presented in Table 4 and Table 5. The relationship between the misconception pre-test and post-test scores of the experimental and control groups.

Table 4

Experimental Group Pre-Post Test Scores

		N	X	SD	p	t
Experimental Group Misconception Pre-Post Test Scores	Pretest	30	15,61	5,16		
	Posttest	30	25,45	2,25	,000*	-9,560

As seen in Table 4, the difference between the average of the pretest and posttest scores of the experimental group was compared with the independent t-test ($t=-9.56$; $p < .05$) and a significant difference was found. Based on these data, it was revealed that there was a significant difference between the experimental group's pre-test and post-test misconception detection test achievements in the post-test direction. Based on these data, it can be said that activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives had a positive effect on the experimental group in eliminating misconceptions.

Table 5

Control Group Pre-Post Test Scores

		N	X	SD	p	t
Control Group Pre-Post Test Scores	Pretest	30	13,21	3,92		
	Posttest	30	20,69	3,45	,000*	-7,835

As seen in Table 5, the difference between the average of the post-test scores of the control group was compared with the independent t-test ($t=-7.835$; $p < .05$) and a significant difference was found. Based on these data, it was revealed that there was a significant difference between the pre-test and post-test achievements of the control group students in favor of the post-test. In line with these data, it is seen that the teaching practices carried out in the control group have a positive effect on eliminating misconceptions.

The mean and standard deviations of the pre- and post-test scores of the experimental and control groups were calculated, and the data were compared with the difference between the pre- and post-test of the experimental and control groups by independent t-test. In line with the results obtained, the relationship between the misconception pre-test scores of the experimental and control groups is given in Table 6.

Table 6

Pretest Scores of Experimental and Control Groups

		N	X	SD	p	t
Misconception Pretest Scores	Experimental Group	30	15,61	5,16	,067	2,028
	Control Group	30	13,21	3,92		

In Table 6, the difference between the average of the pre-test scores was compared with the t-test ($t = 2.028$; $p > .05$), and no significant difference was seen. In this sense, it can be said that in the absence of any intervention in both groups, students have similar misconceptions. The relationship between the misconception posttest scores of the experimental and control groups is given in Table 7.

Table 7

Posttest Scores of Experimental and Control Groups

		N	X	SD	p	t
Misconception Posttest Scores	Experimental Group	30	25,45	2,25	,000*	6,310
	Control Group	30	20,69	3,45		

As seen in Table 7, the difference between the average of the post-test scores of the experimental group and the average of the post-test scores of the control group was compared with the independent t-test and a significant difference was found ($t = 6.310$; $p < .05$). Based on these data, it was revealed that there was a significant difference between the post-test scores of the experimental and control groups in favor of the experimental group. Based on these data, it can be said that the teaching contents presented in the experimental group compared to the control group had a positive effect on the process of eliminating misconceptions.

Descriptive Findings Regarding the Misconception Identification Test

Following the application of the algebra misconception determination test, how the misconceptions of the experimental and control group students changed from pre-test to post-test are presented in Table 8, accompanied by frequencies and percentages. Thus, the effect of teaching processes on the misconception elimination process was evaluated according to the relevant misconception types and with the help of descriptive statistics. When Table 8 is examined, it can be seen that the misconceptions of students in both the experimental and control groups decreased by at least 20% and at most 80% after the teaching process. In this sense, it was observed that activity-based teaching enriched with virtual manipulatives in the experimental group and teaching with activities in the textbook in the control group were effective at different rates in the process of eliminating misconceptions.

Table 8

Change in Misconceptions of Students in the Experimental and Control Groups from Pre-Test to Post-Test

Misconceptions	Experimental Group		Error reduction percentage (%)	Control Group		Error reduction percentage (%)
	Npre	Npost		Npre	Npost	
1	9	2	78	17	4	77
2	9	4	55	15	5	67
3	14	5	64	15	6	60
4	16	4	75	13	8	49
5	9	3	67	14	8	43
6	14	5	64	9	6	34
7	8	5	37	17	5	70
8	16	6	62	20	11	45
9	20	9	55	20	9	55
10	23	8	66	12	7	42
11	15	3	80	10	7	30
12	7	3	58	19	15	21
13	21	10	53	17	11	36
14	20	9	55	10	6	40
15	25	9	64	10	8	20
16	26	12	54	13	9	31
17	20	13	35	13	6	53
18	24	12	50	16	11	32
19	18	3	84	15	9	40

Note. Npre: Number of Students with Misconceptions in the Pre-Test, Npost: Number of Students with Misconceptions in the Post-Test

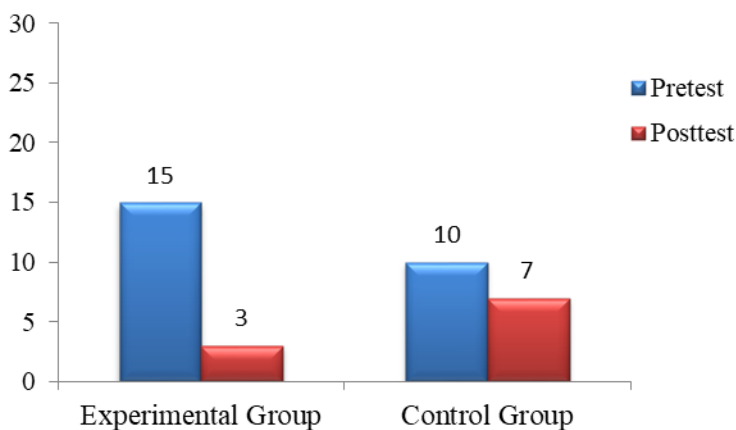
When the misconception determination data applied before and after the teaching process in Table 8 is examined, it was determined that the activity-based teaching process enriched with virtual manipulatives in the experimental group was effective in eliminating more than 50% of the misconceptions in 17 out of 19 misconceptions. It was determined that the activity-based teaching process based on textbooks carried out in the control group had an effect of over 50% on six (1,2,3,7,9,17) misconceptions in terms of eliminating misconceptions. Findings above 20% of the difference between teaching practices according to misconception type are highlighted in Table 8. Accordingly, the misconception types in which the experimental group is more than 20% effective in eliminating misconceptions compared to the control group are highlighted in bold and italics, and the misconception types in which the control group is more than 20% effective in eliminating misconceptions compared to the experimental group are highlighted in italics only. Misconception numbers that the experimental group was more than 20% more effective in eliminating misconceptions compared to the control group; They are 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16 and 19. These findings reveal that the teaching practices in the experimental group were more effective in nine out of 19 misconceptions compared to the control group. Among the relevant misconceptions, the misconception type in which the teaching practices in the experimental group are most effective compared to the control group is misconception number 11, and the difference between the two teachings is 50%.

Some notable findings among the misconceptions that persisted or were resolved after the teaching process in the experimental and control groups were interpreted by presenting them with figures.

The calculations used when interpreting the tables were calculated by taking the difference between the students who had misconceptions and the students who did not have misconceptions, and the percentage was determined. Mistake number 11 includes the misconception that "Although the "=" sign indicates an algebraic action, students do not interpret algebraic expressions as performing a mathematical operation, as in the operations $2s+5$ or $5-c$." The data as a result of the applications and analyzes aimed at eliminating misconceptions for the study groups are presented in Figure 5. In this context, when the misconception elimination rates are examined; It is seen that the rate of eliminating misconceptions in the experimental group, which was trained with activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives, was 80%, while it was 30% in the control group. Based on these results, it can be said that teaching with activity-based virtual manipulatives has a positive effect on the process of eliminating the students' misconception of "not interpreting algebraic expressions as performing a mathematical operation".

Figure 5

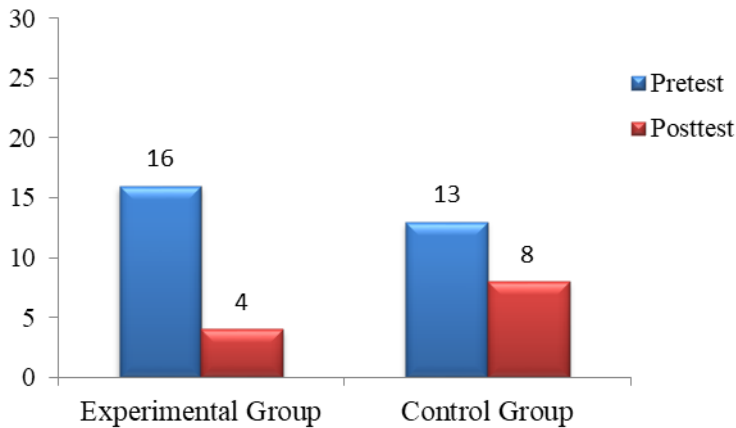
Student Data on Misconceptions About the "=" Sign



Another misconception where the difference between the groups' misconception elimination rates is high is misconception number 4, which is expressed as "The value of letters with a coefficient of one is equal to "1"." As a result of the applications and analyzes aimed at eliminating misconceptions for the study groups, the data were converted into graphics and presented in Figure 6. When the misconception elimination percentages are examined; While the misconception elimination rate was 75% in the experimental group, which was trained with activity-based teaching content enriched with virtual manipulatives, the effect was 38.4% in the control group. As a result, it seems that teaching with activity-based virtual manipulatives has a positive effect on eliminating the misconception that students have: "The value of letters with a coefficient of one is equal to "1".

Figure 6

"The value of letters with a coefficient of one is equal to 1." Student Data on Misconceptions



Similarly, when the data for the second misconception is examined in Figure 7; It was observed that the rate of correcting misconceptions in the experimental group, which was trained with activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives, was 55.5%, while the rate in the control group was 66.6%. As a result of the analyses, it can be said that the training given in the control group gave more positive results in the process of eliminating the students' misconception that "letters are ordered as in the alphabet".

Figure 7

"The letters are arranged as in the alphabet." Student Data on Misconceptions

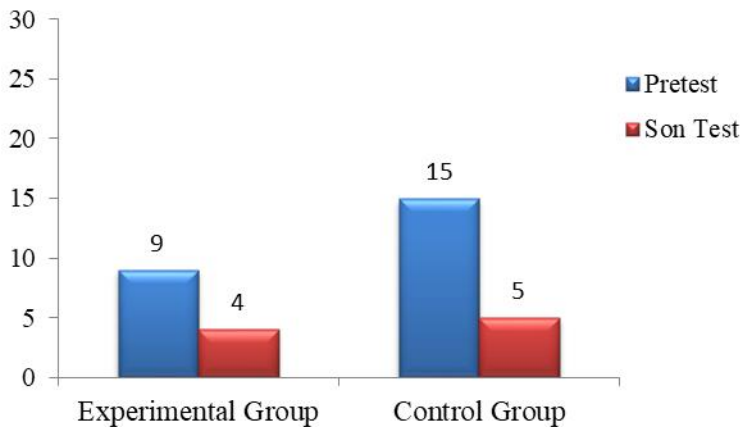
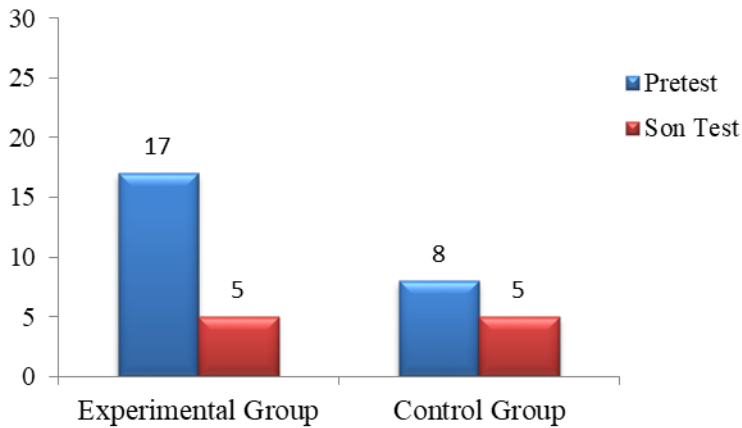


Figure 8

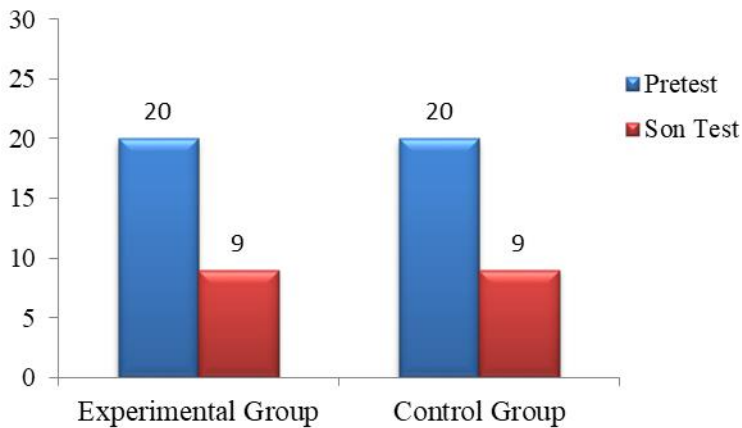
"Letters represent objects." Student Data on Misconceptions



Another misconception is that, according to students, letters represent objects. An algebraic expression such as $2m+3n$ represents 2 bananas and 3 pomegranates. As a result of the applications and analyzes aimed at eliminating misconceptions for the study groups, the data was obtained, converted into graphs and presented in Figure 8. When the data regarding the elimination of the relevant misconception are examined; It is seen that the rate of correcting misconceptions in the experimental group, which was trained with activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives, was 70.5%, while the rate in the control group was 37.5%. Based on these results, it can be said that teaching with activity-based virtual manipulatives is more effective in eliminating the misconception that "letters represent objects" among students.

Figure 9

" + or - and = signs always give results." Student Data on Misconceptions



In general, it is seen that students who receive education with activity-based teaching content enriched with virtual manipulatives are more positively effective in eliminating misconceptions in the field of algebra learning. It was determined that there was no difference between the groups in the data regarding the first and ninth misconceptions. For example, as the ninth misconception, students believe that the signs "+" or "-" and "=" always produce results. For example, students say " $2+a=?$ " It expresses the result of the algebraic operation in 2a way. When the misconception elimination rates after the teaching experiment are examined; It is seen that while the rate of clearing misconceptions in the experimental group, which was trained with activity-based teaching contents enriched with virtual manipulatives was 55%, it was also 55% in the control group (Figure 9). Based

on these results, it can be said that the teaching process carried out in both groups had the same effect on the misconception that "Mathematical signs always produce results". It is seen that virtual manipulative activities do not have the expected effect on the misconception that students believe that "+" or "-" and "=" signs always produce results.

Findings Regarding Interview Questions

Within the scope of the sub-problem of the research; At the end of the application, the opinions of the experimental group students regarding the activity-based learning processes enriched with virtual manipulatives were also examined. For this purpose, four open-ended questions about the teaching process were prepared and students were asked to answer these questions. Opinions regarding the first interview question are presented in Table 9.

Table 9

Views on Teaching Enriched with Virtual Manipulative Activities-1

Semi-Structured Interview Items	Opinions	f
1. What are your thoughts on virtual manipulative activities designed for algebraic expressions and equations?	The lesson was fun and the way it was taught caught my attention.	2
	Step by step progress made it easier for me to learn the subject.	3
	I found a new way of learning.	2
	The topic was explained very simply. It doesn't show up like this in exams.	1
	I don't have any thoughts.	1
	I was confused at some parts.	1
Total		10

Table 9 shows that the majority of the answers ($f=7$) regarding the students' thoughts about the virtual manipulative activities prepared for algebraic expressions and equations show that the students have positive opinions about the teaching process. One of the students (S1) stated that, in general, the students found the teaching enriched with virtual manipulative activities fun and interesting, that it was different as a new way of learning, and that the step-by-step progress made it easier for them to learn. He expressed his opinion by saying, "It became a reality and I completed my activities with pleasure..." Another student (S2) said, "I thought it was fun, I was happy." One of the students (S3), who was involved in the theme of step by step progress in teaching the subject with virtual manipulative activities, said, "...the lessons are more gradual in this way and are not based on memorization, it is an understandable method that requires attention at every stage." Some students ($f=1$) stated that the subject was explained very simply and that it did not show up that way in the exams. The student's opinion (S7) was "Although the course is easy to explain in this way, the test questions are very difficult." stated as follows. As a result of the lessons taught with virtual manipulative activities, students' thoughts about the misconceptions they experienced in the field of learning algebra are presented in Table 10.

Table 10

Views on Teaching Enriched with Virtual Manipulative Activities-2

Semi-Structured Interview Items	Opinions	f
2. What changes have occurred in your thoughts regarding the misconceptions you have experienced in the field of learning algebra as a result of the lessons taught with virtual manipulative activities?	It helped me understand algebraic concepts properly.	2
	My existing mistakes have changed in the right direction.	2
	I was afraid of algebraic expressions. Thanks to this method, I learned easily and liked it more.	3
	It didn't impress.	2
	I don't have any misconceptions.	1
Total		10

In Table 10, students were asked what changes they had regarding the misconceptions they experienced in the field of learning algebra as a result of the lessons taught with virtual manipulative activities; In the majority of the answers (f=7), it was concluded that the teaching process with virtual manipulatives reduced students' misconceptions in algebraic expressions and made them more enthusiastic about algebra. In some of these opinions (S1), *“visual shapes made it easier for me to understand algebra letters. The activities were fun and helped me understand the subject without distracting me.”* While (S4) said, *“mathematical expressions and visuals were clearly understood. Doing the activities dynamically, without using a pen, helped to eliminate my misconceptions about the subject and correct my operational confusions.”* shared his views. Only three of the 10 students who participated in the interview stated that teaching contents enriched with virtual manipulative activities had no effect on eliminating misconceptions or that they did not have any misconceptions.

Discussion, Conclusion and Suggestions

In this study, the effect of teaching contents enriched with virtual manipulative activities on the process of eliminating misconceptions compared to existing teaching contents was examined. After the application process carried out in the experimental and control groups, the misconceptions of the students were first examined with a holistic approach and whether there was a statistically significant difference, and then the relevant misconceptions were interpreted comparatively with the help of descriptive statistics. In this sense, it was first determined whether students had misconceptions about algebraic expressions and equations and how these misconceptions differed according to application groups. The study results showed that there was no significant difference between the groups in terms of misconception detection scale pre-test score averages before the application. This result shows that both groups had similar readiness levels before the teaching practice. Before the application, it was determined that among the 19 questions on the misconception detection scale, 7 to 26 students in the experimental group and 9 to 20 students in the control group had misconceptions about algebraic expressions and equations. Considering that the number of participants was 30 in each group, it can be said that a significant portion of the participants had misconceptions about algebraic expressions and equations before the application. For instance, in one of the studies conducted to determine the current situation, Akkaya (2006) found that secondary school students had some difficulties under the headings of understanding the place of letters in algebra, using variables and using algebraic rules when solving equations.

In this research, which focuses on the contents of the sub-learning area of algebraic expressions and equations at the secondary school mathematics level, beyond identifying the existing misconceptions, it is aimed to focus on the extent to which the relevant misconceptions change after interactive applications. The study results showed that there were statistically significant differences in the intra-group comparison of pre-post test scores in terms of eliminating misconceptions after the teaching practices in both the experimental and control groups. In other words, the misconceptions that existed before the teaching application in both the experimental and control group students decreased significantly. Conducting both teaching processes on an activity basis may have contributed to the reduction of students' misconceptions to a certain extent. In this sense, Erdem and Sarpkaya Aktaş (2018), who examined 7th grade students' misconceptions in the field of learning algebra, stated that activity-based learning environments offer significant advantages in the process of eliminating misconceptions.

The main focus of this research is to examine the effect of teaching practice with virtual manipulatives. After the teaching practices in the experimental and control groups, the post-test conducted to determine misconceptions between the groups showed that there was a statistically significant difference in terms of mean scores. It was determined that the difference between the misconception determination post-test score averages of the experimental and control groups was in favor of the experimental group, in which teaching contents enriched with virtual manipulative activities were used. In the descriptive findings, it was revealed that the applications in the experimental group were more effective in 15 of the 19 misconceptions expressed in the relevant literature. As a matter of fact, pre-post test findings showed that the misconceptions of students in the experimental group decreased at a higher level compared to the control group in many types of misconceptions. Students in the experimental group were compared with activities enriched with virtual manipulatives, and students in the control group were compared with the activities available in EBA and the textbook. Based on this finding, it can be said that the use of teaching content enriched with virtual manipulative activities in the field of algebra learning is more effective in terms of eliminating misconceptions than when existing teaching content is used. In the literature, the use of virtual manipulatives is related to attitudes towards mathematics (Alshehri, 2017; Lee & Chen, 2015; Olkun & Altun, 2003; Samioğlu & Siniksaran, 2016) and academic success (Demir, 2019; Moyer & Bolyard, 2002; Samioğlu & Siniksaran, 2016). Some other studies examining the effect on components such as; Yeniçeri, 2013) have also revealed that students show improvement in terms of these components after the teaching practice.

The difference of this research from previous studies is that the teaching process takes place entirely in online environments. In this sense, in a period when all educational processes are online during the Covid-19 pandemic, students carrying out mathematical activities at their own learning pace and directly experiencing the tasks in the activity through virtual manipulatives may be effective in reducing misconceptions. Experimental group students, who study with the support of virtual manipulative activities in the algebraic expressions and equations sub-learning area, can perform the activities in the web-supported application developed by the researchers from their own personal computers and develop new activities. Therefore, it can be said that the activities directed to the students in the experimental group are interactive, flexible and open to improvement. The interview results regarding the virtual manipulative-supported mathematics teaching application also showed that students approached these applications positively because they provided the opportunity to practice and repeat according to their own learning pace. Students stated that they felt successful and had fun while using manipulatives, and that their perspectives on algebra subjects improved positively. Students stated that virtual manipulatives provide a better understanding of the subject, increase operational skills, affect thinking, increase success and ensure

permanence. They also mentioned the contribution of manipulatives to affective features such as fun, curiosity and interest. The fact that almost all students who are introduced to manipulatives have positive feelings towards mathematics supports the quantitative data on attitude. The activities in the algebraic expressions and equations sub-learning area in the textbook were generally presented under the control of the teacher, at this point, the students in the control group made solutions and discussions through activities that did not have a dynamic structure. In addition, it was observed that the misconceptions of the students in the control group decreased after the teaching process. However, despite the difference between the pre-post test, it was determined in the post-test findings of the control group that approximately half of the class still had various misconceptions. The reason why misconceptions persist after the teaching practice in the control group may be related to the fact that students cannot directly experience the activities carried out during the distance education process. Students who discuss activities with their groupmates in the classroom environment and make joint efforts to carry out these activities, see these activities as spectators on the computer screen during the distance education process, and limited interaction may be the reason for some misconceptions to persist in the control group. There are many studies supporting the research results (Akkan & Çakıroğlu, 2011; Çetin & Günay, 2011; Gülkılık, 2013). For example, as a result of Akkan and Çakıroğlu's (2011) studies with 8th grade students, students found concrete/physical manipulatives boring and virtual manipulatives more entertaining and eye-catching. From the interviews conducted after the experimental process, it can be said that virtual manipulative activities increased students' interest in the course.

Most students want manipulatives to be used both in mathematics and other courses. It is thought that students' positive attitudes towards learning algebra in particular and mathematics in general have a positive effect on increasing their success. Sevimli (2022) describes the features that should be present in activities prepared with learning tools to be used in online environments; students' interactive participation, multiple representations of concepts, and the ability to use real-life problems in the classroom. In this context, considering that the virtual manipulatives used in this study both enabled students to remain active throughout the lesson and gave them a concrete experience, it can be said that students had positive attitudes towards the activities. As a matter of fact, in addition to positive opinions, some of the students stated that computer-assisted activities to be done with virtual manipulatives were complex and would not have a positive effect on their exam success. Regarding this finding, Speer (2009), in his study aiming to determine the effects of the use of virtual manipulatives, stated that students who cannot use computers at an adequate level may have difficulty in using manipulatives and may encounter problems in transferring the applications to the lesson, which may cause students to develop negative opinions. Students who find the use of virtual manipulatives complicated; He/she may have considered virtual manipulatives as a game and thought that they were used for purposes other than teaching.

The results of this study revealed that the use of virtual manipulatives in teaching the subject of algebraic expressions and equations can benefit students in the process of eliminating misconceptions. The teaching experiment in the current research; More comprehensive results can be achieved if it is carried out again with sample, data collection tools and demographic variable diversification. In this context, what can be done in the future; (i) the change in attitudes and beliefs about teaching mathematics after training that will increase the awareness of teachers and teacher candidates about virtual manipulatives; It is thought that (ii) determining appropriate design processes to improve attitudes towards virtual manipulatives, (iii) examining the effect of the manipulative portal developed within the scope of this research on different subjects and achievements, and research on the subject or headings can contribute to the literature.

Ethics Committee Approval: Ethical principles and issues were taken into consideration during the implementation phase of the study, and an Ethics Committee Decision was taken by the Tokat Gaziosmanpaşa University, Social and Humanities Research Ethics Committee at its meeting dated 11.03.2021 and numbered 01-19.

Author Contributions: During the study process, researchers' contribution rates are equal.

Conflict of Interest: There is no potential conflict of interest between the authors within the scope of this study.

Cebirsel İfadeler ve Denklem Konusuna Yönelik Kavram Yanılgılarını Giderme Sürecinde Sanal Manipülatif Kullanımının Etkisinin İncelenmesi

Tuğba Temür^a  Eyüp Sevimli^b 

^a Doktora Öğrencisi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye, tugba.tmr.15@gmail.com

^b Prof. Dr, İstanbul Medeniyet Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, eyup.sevimli@medeniyet.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, sanal manipülatifler ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli matematik içeriklerinin, cebirsel ifadeler ve denklemler konusundaki kavram yanılgılarını giderme sürecindeki etkisi incelenmiştir. Araştırmacılar tarafından geliştirilen ve etkisi incelenen sanal manipülatif, cebirsel ifadeler ve denklemler konusundaki öğrenci ihtiyaçlarına uygunluk ve program kazanımları ile uyumluluk açısından da değerlendirilmiştir. Araştırmanın tasarımında, ön test-son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılmıştır. Araştırmanın çalışma grubunu bir devlet okulundaki 7.sınıf düzeyinde öğrenim gören toplam 60 öğrenci oluşturmuştur. Deney grubunda, araştırmacılar tarafından geliştirilen sanal manipülatifler, kontrol grubunda ise mevcut ortaokul matematik ders kitabındaki etkinlikler, cebirsel ifadeler ve denklem konusunun anlatımında kullanılmıştır. Kavram yanılgısı belirlemek için test, öğretim sürecindeki etkililiği betimlemek için görüşme tekniklerinden yararlanılmıştır. Çalışma sonuçları, hem deney hem de kontrol grubunda yapılan etkinlik temelli öğretim uygulamalarının başlangıçta yer alan kavram yanılgılarını giderme sürecinde etkili olduğunu göstermiştir. Deney grubundaki öğretimin, işlem sırası ve cebirsel ifadelerin gösteriminde; kontrol grubundaki öğretimin ise harf ve nesne arasındaki ilişkilerde ortaya çıkan yanılgıları giderme açısından daha kullanışlı olduğu belirlenmiştir. Son test puanlarına ilişkin sonuçlar, kavram yanılgılarının giderilmesi açısından kontrol grubuna kıyasla deney grubu lehine istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir. Sanal manipülatiflerin matematik öğretiminde daha etkili kullanılabilmesine yönelik öneriler tartışılmıştır.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Türü
Araştırma

Makale Geçmişi
Gönderim tarihi:
08.02.2024
Kabul tarihi:
22.05.2024

Anahtar Kelimeler
Sanal Manipülatif,
Cebirsel ifade,
Denklem,
Kavram Yanılgıları

Atıf Bilgisi: Temür, T. ve Sevimli, E. (2024). Cebirsel İfadeler ve Denklem Konusuna Yönelik Kavram Yanılgılarını Giderme Sürecinde Sanal Manipülatif Kullanımının Etkisinin İncelenmesi. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 12 (2), 805-852. <https://doi.org/10.46778/goputeb.1434000>

Sorumlu yazar: Tuğba Temür, e-mail: tugba.tmr.15@gmail.com

* Çalışma birinci yazarın ikinci yazar danışmanlığında hazırladığı yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Giriş

Matematik, içerdiği soyut dil ve aksiyomatik yapıdan dolayı öğrencilerin genel olarak korktuğu ve bazen olumsuz tutum geliştirdikleri derslerden biri olarak görülmektedir. Özellikle ortaokul düzeyinde öğrencilerin matematiği bir yığın formüller ve işlemler bütünü olarak algılamaları ve zihinlerinde somutlaştıramamaları matematiğe yönelik çeşitli zorlukları tetiklemektedir (Erbaş ve Ersoy, 2003). Bu anlamda, olumsuz tutum, yanlış kavram imajları ve sistematik hatalar beraberinde matematiksel kavram yanlışlarına neden olmaktadır. Kavram yanlışlarının matematiğe yönelik olumsuz tutumlara neden olduğu kadar başarıyı da olumsuz etkilediği bilinmektedir (Akın, 2002; Yenilmez ve Yaşa, 2008). Bu nedenle kavram yanlışlarının belirlenmesi ve giderilmesi eğitimin kalitesi için önemli ve gerekli görülmektedir (Ayyıldız ve Altun, 2013). Matematiksel süreç ve nesnelerin sembolik yapılar eşliğinde sunulduğu cebir öğrenme alanında öğrenciler çeşitli yanlış ve zorluklar yaşamaktadır (Kaf, 2007). Ortaokul matematiğinde somut işlem döneminden soyut işlem dönemine geçilmesiyle birlikte cebir öğrenme alanındaki yanlışlar daha belirgin hale gelmektedir. Oysa cebirsel düşünme becerisi matematik öğretim programlarında ele alınan önemli beceriler arasında yer almaktadır (National Council of Teachers of Mathematics [NCTM], 2000). Milli Eğitim Bakanlığı (MoNE, 2018) tarafından yayınlanan ilköğretim matematik öğretim programı incelendiğinde de cebir öğrenme alanında, öğrencilerin üç temel beceri açısından gelişim göstermeleri beklenmektedir. Bunlar; değişken kavramını anlamlandırma, cebirsel ifadelerle işlem yapma ve değişken kavramını anlamlandırarak denklemler ve eşitsizlikler üzerinde çalışmaktır.

Öğrenme-öğretme süreçlerine teknolojinin entegrasyonu ile birlikte matematik öğrenme sürecinde ortaya çıkan kavram yanlışlarının giderilebileceği ve matematik öğretim programlarının ön gördüğü beceri ve kazanımların desteklenebileceği ilgili alan yazında sıkça ifade edilmektedir. Bu teknolojilerden biri olan sanal manipülatifler, öğrencilerin matematiksel kavramlar ve işlemler arasında bağlantılar oluşturmak ve eylemleri hakkında anında geri bildirim almak için kendi problemlerini oluşturup çözebilecekleri etkileşimli ortamlar sağlayabilmektedir (Durmuş ve Karakırık, 2006). Bununla birlikte, yoğun soyutlama süreçlerinin yer aldığı cebir öğrenme alanında yapılan ve öğrenci pratiklerini odağında bulunduran sınırlı sayıda araştırma mevcuttur (Camci, 2018). Oysa çevrimiçi ortamlarda da kullanılabilecek ve somutlaştırma sürecinde destekli oluşum görevi yürütebilecek sanal manipülatiflerin matematiksel kavram yanlışlarını giderme ve olumlu tutum geliştirme sürecinde etkili olabileceği düşünülmektedir (Moyer ve diğerleri, 2012). Bu kapsamda, mevcut araştırma "7. sınıf öğrencilerinin cebirsel ifadeler ve denklem konusuna yönelik kavram yanlışlarını giderme sürecinde sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içeriklerinin rolü nedir?" sorusuna cevap aramaktadır. Böylece, öncelikle cebir öğrenme alanındaki kazanımlar ile uyumlu bir sanal manipülatif uygulaması tasarlanacak ve daha sonra bu manipülatifin öğrencilerde mevcut olan yanlışları giderme potansiyeli değerlendirilecektir. Araştırma, alanyazında belirtilen yanlışları giderme potansiyeline sahip bir sanal manipülatifin geliştirilmesini odağına aldığından, matematik eğitimine kuramsal ve pratik açıdan katkı sunma vizyonuna sahiptir.

Kavramsal Çerçeve

Matematik Öğretiminde Sanal Manipülatif Kullanımı

Öğretimde manipülatiflerin kullanımı, öğrencileri matematikte daha aktif bir şekilde yer almaya teşvik etmek için yaygın olarak kullanılan bir strateji olarak görülmektedir. Manipülatifler,

nesnelerin ve kavramların özelliklerini somutlaştırmak için kullanılmaktadır. Sınıfta somut nesnelerin kullanımına ilişkin olarak öğrencilerin somut nesne ve modellerle çalışmalarının hem motivasyonlarını artırdığı hem de öğrenmeyi eğlenceli hale getirdiği belirtilmektedir (Clements, 1999). NCTM (2012), manipülatifleri matematik eğitiminin tüm seviyelerine entegre etmeyi onaylamıştır. Manipülatif materyallerin gerçek dünya ile matematik dünyası arasında bir aracı olarak kullanılabilmesi de öne sürülmektedir (Lesh, 1990). Manipülatifler, öğrencilerin zihinsel temsiller oluşturmaya ve bu temsillerin kullanılması, değiştirilmesi ve yenilerinin sentezlenmesi konusunda beceri kazanmasına izin verdiği için, birçok kişi tarafından aritmetik ve cebir kavramları öğretim süreçlerinde öğrenmenin doğasında var olan zorlukları çözmek için en iyi yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Somut manipülatiflerin kullanımının yanı sıra sanal manipülatifler de somut algı düzeyinde olduğu düşünülen öğrenciler tarafından özellikle bazı soyut kavramların bilgisayar ortamında modellenerek somutlaştırılması yoluyla; kavramları daha iyi anlamalarına, kavramları yorumlamalarına ve kavramları problem çözmede kullanmalarına yardımcı olduğu varsayılmaktadır (Durmuş ve Karakırık, 2006). Uygulamalı somut manipülatifler dokunsal ve görsel iken, sanal manipülatifler sadece görseldir. Bununla birlikte, sanal manipülatifler de etkileşimlidir: yani öğrenci aynı nesnelere manipüle edebilmekte ve bilgisayar faresini kullanarak nesnelerin aynı zihinsel temsillerini oluşturabilmektedir.

Matematikte teknolojinin kullanımını temsil eden sanal manipülatifler, matematiksel bilgiyi yapılandırmak için fırsatlar sunan dinamik bir nesnenin etkileşimli, web tabanlı temsilleri olarak tanımlanmaktadır (Moyer ve diğerleri, 2002). Bu manipülatifler, fiziksel olmasalar da farklı duyu organlarına birlikte hitap edebilme potansiyeline sahiptirler (Clements ve McMillen, 1996). Sanal manipülatifler, öğrencilerin matematiksel kavramlar ve işlemler arasında bağlantı kurmak için kendi problemlerini ortaya koyabilecekleri ve çözebilecekleri etkileşimli ortamlar sağlayabilmekte ve onların kavramsallaştırmaları üzerinde düşünmelerine yol açabilecek eylemleri hakkında anında geri bildirim vermektedir. Sanal manipülatifler, göreve yükledikleri bazı kısıtlamaları ortadan kaldırarak fiziksel manipülatiflere göre daha fazla avantaj sağlamaktadır. Sanal manipülatifler tarafından manipüle edilebilme yeteneği, öğrencinin kendi eylemlerinin sonuçlarını görme, anlam yaratma ve ilişkileri görme fırsatı sağlamaktadır (Moyer ve diğerleri, 2002). Kavramların ve ilişkilerin görsel temsili, öğrencilerin matematikte iç görü kazanmalarına yardımcı olmaktadır (Fitzallen, 2015).

Uluslararası alanda öğrenci ve öğretmenlerin ücretsiz kullanımı için geliştirilmiş pek çok web tabanlı sanal manipülatif (Türkçe dil desteği olmayan) platformlarının (NLVM, NCTM Illumination, shodor vb.) olduğu görülmektedir. Öte yandan ülkemizde sanal manipülatif ve sanal manipülatif geliştirme çalışmalarını içeren platformların sayısının yeterli olmadığı görülmektedir (Durmuş ve Karakırık, 2006; Karakırık ve Çakmak, 2009). Literatürde karşılaşılan sanal manipülatif geliştirme çalışmalarının içerik açısından genellikle dar kapsamlı olduğu görülmektedir. Örneğin, Akkan ve Çakıroğlu (2011) cebirde kullanılmak üzere cebir karoları ile sanal bir manipülatif geliştirmişlerdir. Ayrıca, TÜBİTAK destekli bir proje çalışması sonucunda, ilköğretim matematik öğretim programını destekleyen ve 80'e yakın sanal manipülatif içeren bir materyal seti tasarlanmıştır (Karakırık ve Çakmak, 2009). Tüm bu çalışmalar ile birlikte, Türkçe dil desteğine sahip olacak şekilde geliştirilen sanal manipülatiflerin öğretimdeki etkililiğinin değerlendirilmesi konusunda sınırlı sayıda araştırma olduğu gözlemlenmektedir. Ayrıca, cebirsel ifadeler ve denklem konularındaki kazanımların çoğuna karşılık gelen bir sanal manipülatifin olmadığı değerlendirilmiştir.

Cebir Öğretiminde Karşılaşılan Yanılgı ve Zorluklar

Matematik alanındaki yeni gelişmelerle birlikte cebire bakış açısı değişmiş ve cebir, düşünce-ilişkileri ifade etme yöntemi olarak görülmüştür. Cebir ve cebirsel düşünme, eğitim sistemimizde matematik okuryazarlığının ayrılmaz bir parçası olarak görülmektedir. Cebir, öğrencilere soyut düşünmenin ve mantıksal çıkarımın kapılarını açmaktadır (Stacey ve MacGregor, 2000). Cebirde sembolik temsile giriş, temel matematiksel kavramların gelişiminin önemli bir parçası olarak görülmektedir. Genel olarak cebir, eldeki ilişki veya ilişkileri sayılar ve semboller kullanarak genelleştirilmiş denklemlere dönüştüren bir matematik dalı şeklinde ifade edilmektedir. Cebirsel düşünme, cebirsel işlemlere ve sembollere aritmetik bir dille anlam yükleyerek, zihinde var olan cebirsel bilginin sınırları doğrultusunda matematiksel akıl yürütmenin geliştirilmesini içermektedir. Cebir ve cebirsel düşünce, günümüz eğitim anlayışının amaçları açısından matematik okuryazarlığının en önemli parçası ve birleştirici unsurudur (Erbaş ve Ersoy, 2002).

Matematik öğretim programı incelendiğinde cebir öğrenme alanı ile ilgili konular örüntülere bağlı olarak verilmektedir. Cebir ile uğraşırken öğrencilerin birçok zorlukla karşılaştıkları görülmektedir. Çünkü aritmetikten cebire geçiş sırasında, öğrencilerin aritmetik mantıkla çalışmaya yönelmesi ve karşılaştıkları yeni harf ve simgelere karşı belirsizlik duygusu, çeşitli yanlış anlamalara ve hatalara neden olabilmektedir. Özellikle öğrencilerin cebiri anlama güçlüğü matematikteki başarılarının azalmasına neden olmaktadır (Erbaş ve Ersoy, 2003). Tall (2005) göre bu durum öğrencilerin cebir aşamasında manipülasyon işlemlerinde zayıf olmaları ve başarılı olamamalarıyla ilgili olduğunu belirtmiştir. Cebir öğrenme sürecindeki zorlukları öğrenci bağlamında değerlendiren Perso (1992), öğrencilerin harflerin cebirdeki yerini anlama, değişkenleri kullanma ve denklemleri çözerken cebirsel kuralları kullanma açısından güçlük yaşadığını ifade etmiştir. Akkaya ve Durmuş (2006), öğrencilerin harfleri somut nesnelerin kısaltmaları olarak gördüklerini, bu nedenle farklı değişkenleri temsil edebileceklerini göz ardı ettiklerini belirtmektedir. Cebirin öğrenciler tarafından anlaşılmasının nedenleri Kaş (2010) tarafından üç başlık altında incelenmiştir. Bunlar cebirin yapısı, öğrencilerin zihinsel gelişimleri ve hazır bulunuşlukları ile cebir öğretimindeki eksikliklerdir.

Cebir öğrenme sürecindeki zorlukların nedenlerine bakıldığında genellikle, öğretim programında ve öğretmenin alan bilgisinde eksikliklerle karşılaşmaktadır (Dede ve Argün, 2003). Bu anlamda, cebir öğrenme alanında yaşanan güçlüklerin aşılmasında kullanılacak öğretim yöntemleri büyük önem taşımaktadır. Kaya (2015), derslerde kullanılan farklı öğretim yöntemlerinin öğrencilerin cebirsel düşünme becerilerini hayatları boyunca anlamlı bir şekilde geliştirmelerini sağladığını belirtmektedir. Çavuş-Erdem ve Gürbüz (2017) ile Sert Çelik ve Masal (2018) tarafından denklemler konusunun işlendiği yedinci sınıf düzeyinde yapılan çalışmalarda; öğrencilerin konuyu öğrenmede zorlandıkları, kavramsal ve işlemsel bilgilerinin yeterli olmadığı belirlenmiştir. İlgili alanyazındaki çalışmalar incelendiğinde, cebir öğrenme alanında kullanılan ve Türkçe dil desteğine sahip sanal manipülatiflerin sınırlı olduğu belirlenmiştir. Özellikle öğrencilerin çok sayıda kavram yanılgısına sahip oldukları cebirsel ifadeler ve denklem konularında sanal manipülatiflerin kavram yanılgılarını giderme sürecindeki rolünü ele alan bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu araştırma, yukarıdaki bölümlerde ifade edilen eksiklik ve zorlukları, bir sanal manipülatif uygulamasının tasarlanması ve ilgili tasarımın etkisinin değerlendirilmesi açısından ele almaktadır.

Yöntem

Araştırmanın Modeli

Mevcut araştırmada, var olan öğrenme ortamına bir müdahale sonrasında öğrencilerin kavram yanılgılarını giderme süreçleri değerlendirildiğinden deneysel desenler arasından yarı deneysel desen kullanılmıştır. Bu araştırmadaki müdahale, cebirsel ifadeler ve denklem konularının işlendiği derslerde sanal manipülatifler ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içerikleri yoluyla gerçekleştirilmiştir. Mevcut okul yapılarında kontrol değişkenleri açısından eşit deney ve kontrol gruplarının oluşturulmasının zor olması nedeniyle bu yöntem tercih edilmiştir. Eğitim araştırmalarında sıklıkla kullanılan yarı deneysel desen ile iç geçerliliği tehdit edebilecek kaynaklardan gelen hatalar, deney ve kontrol gruplarında aynı etkiye sahip olacağından güçlü bir şekilde kontrol edilebilmektedir (Büyüköztürk ve diğerleri, 2017). Çalışmanın uygulama aşamasında etik ilke ve hususlara dikkat edilmiş olup, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'ndan 11.03.2021 tarih ve 05.18 sayılı toplantısı ile Etik Kurul Kararı alınmıştır.

Katılımcılar

Çalışma grubunun belirlenmesi sürecinde amaca uygun örnekleme yöntemi kullanılarak katılımcı seçimi yapılmıştır. Büyüköztürk ve diğerleri (2017), amaçlı örnekleme yöntemini olasılıklı ve rastgele olmayan bir yöntem olarak tanımlamaktadır. Derinlemesine araştırmalarda da ideal bir örnekleme yöntemi olarak görülmektedir (Büyüköztürk ve diğerleri, 2017). Mevcut çalışma dikkate alındığında yarı deneysel araştırma; doğası gereği ayrıntılı ve uzun süreli bir çalışma olduğundan amaca uygun örnekleme yöntemi en uygun yöntem olmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında sadece yapılan müdahalenin etkilerini araştırmak ve diğer değişkenleri kontrol altında tutmak üzere cinsiyet ve çalışma grubu sayılarının eşit olmasına özen gösterilmiştir. Tüm bu ölçütler ve öncüller dikkate alındığında, araştırmanın katılımcılarını, Tokat merkezde bulunan bir devlet okulunun 7. sınıfındaki iki farklı şubede öğrenim gören toplam 60 öğrenci oluşturmuştur. Uygulama 2020-2021 eğitim-öğretim yılının ikinci döneminde, uzaktan eğitim yoluyla ve 4 haftalık ders saatleri sürecinde gerçekleştirilmiştir. Katılımcılar çalışmada gönüllülük esasına göre yer almıştır.

Sanal Manipülatif Geliştirme Süreci

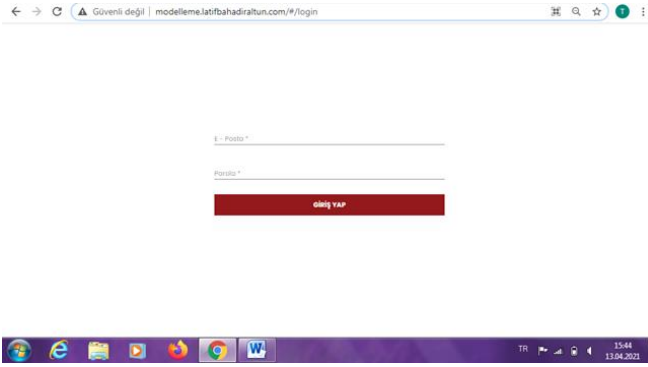
Uygulama sürecinde öncelikle sanal manipülatif geliştirilmesi süreci açıklanmıştır. Manipülatif portalının geliştirilmesi sürecinde ihtiyaç analizi, içerik oluşturulması ve tasarım değerlendirilmesi aşamalarından geçilmiştir. İhtiyaç analizi sürecinde cebir öğretiminde kullanılacak tüm sanal manipülatiflere ulaşılarak bir havuz oluşturulmuştur. Araştırmacılar saha çalışmaları kapsamında öğretmenler ile yaptıkları ön görüşmelerde Türkçe dil desteği sunan araçlar, ülkemiz matematik öğretimi program kazanımları ile uyumlu araçlar, etkileşime açık araçlar ve kavram yanılgılarını giderme sürecinde kullanışlı olabilecek araçlar şeklindeki ihtiyaç kategorileri ile karşılaşmıştır. İlgili literatür incelendiğinde sanal manipülatif olarak NCTM'in içerik üreticisi olduğu NLVM aracına daha sık atıf yapıldığı gözlenmiştir. Ancak bu araçtaki içeriklerin İngilizce olması ve program kazanımları ile yeterince uyumlu olmaması sınırlılık olarak değerlendirilmiştir. Ülkemizde yaygın kullanıma sahip olan Eğitim Bilişim Ağında (EBA) bulunan sanal manipülatif etkinliklerinin yoğunluk olarak sayılar ve işlemler öğrenme alanında yer aldığı tespit edilmiştir. İhtiyaç analizi verilerden yola çıkılarak çalışmaya ve literatüre katkı sağlamak amacıyla Türkçe dil desteğiyle ilgili kazanımlara uygun olacak şekilde bir manipülatifin geliştirilmesi hedeflenmiştir.

İçerik oluşturulması aşamasında NLVM, NCTM Illuminations, WisWeb olmak üzere üç sanal manipülatif kaynağı ve ülkemiz Milli Eğitim Bakanlığının Eğitim Bilişim Ağı olan EBA uygulamaları incelenmiş ve bu sitelerde yayınlanan manipülatifler, öğrenme alanlarına göre dağılımı kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Bunun sonucunda 7.sınıf cebir öğrenme alanına ait kazanımlara uygun bir şekilde uzman görüşleri ile desteklenen sanal manipülatifler oluşturulmuştur. Oluşturulan manipülatif uygulaması, sanal manipülatifleri ilgili oldukları konuya göre gruplandırmak ve tek bir çatı altında erişim sağlamak amacıyla geliştirilmiştir.

Kullanıcı, web tabanlı bir internet adresi üzerinden erişim sağladığı sanal manipülatifte önce kullanıcı adı ve şifre arayüzü ile karşılaşır. Kullanıcı adı ve şifre öğrenci ve öğretmenler için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Şekil 1’de manipülatif etkinlikleri ara yüzü giriş ekranı görülmektedir. Öğretmenler ve öğrenciler için ayrı birer E-posta ve şifre ile giriş sağlanmaktadır. Portalda geliştirilen tüm sanal manipülatifler, kazanımlara göre sınıflandırılmış etkinlikler başlığı altında kullanıcılara sunulmaktadır.

Şekil 1

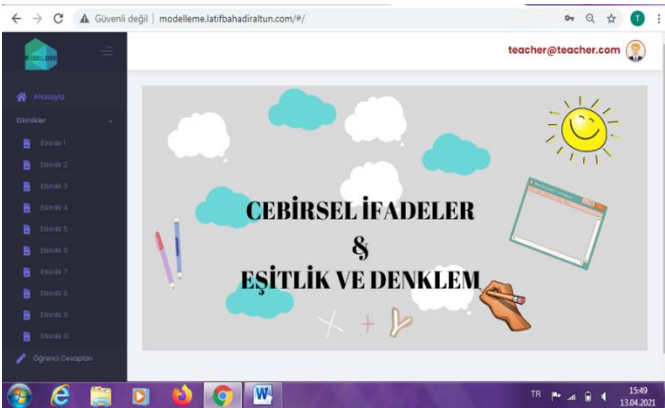
Manipülatifler Ana Giriş Ekranı



Şekil 2’de yer alan ekranın sol kısmında etkinliklere yer verilmiştir. Ayrıca öğretmen kullanıcı sayfasında öğrencilerin kendi etkinlik sayfasında yaptıklarını gösteren öğrenci cevapları yer almaktadır. Sistem üzerinde öğrencilerin cevapları öğretmen tarafından incelenerek öğrencilerin hangi kazanımda, hangi hataları yaptıkları gözlemlenerek geri bildirimler ile öğrencinin yanlışları düzeltilebilmektedir.

Şekil 2

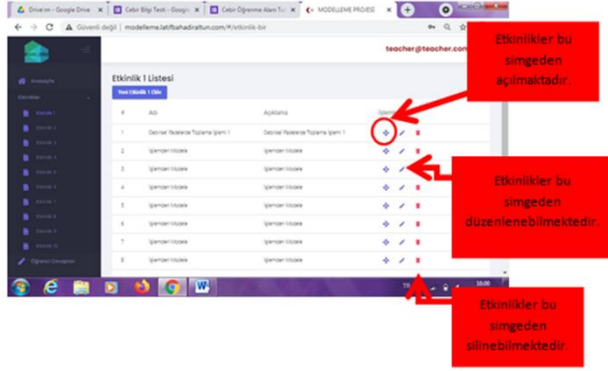
Manipülatif Giriş Ekranı Arayüzü



Etkinliklerin içeriklerine, üzerine tıklayarak ulaşılabilmektedir. Her etkinlik için böyle bir içerik yer almaktadır. Yeni etkinlikler üretilebilir, var olanlar düzenlenebilir, istenilen etkinlikler silinebilir özelliğindedir (Şekil 3). Bu özellikler sadece öğretmen ara yüzü için geçerli olabilirken, öğrenciler için sadece sanal manipülatif etkinliklerini açma ve işleme özelliği bulunmaktadır.

Şekil 3

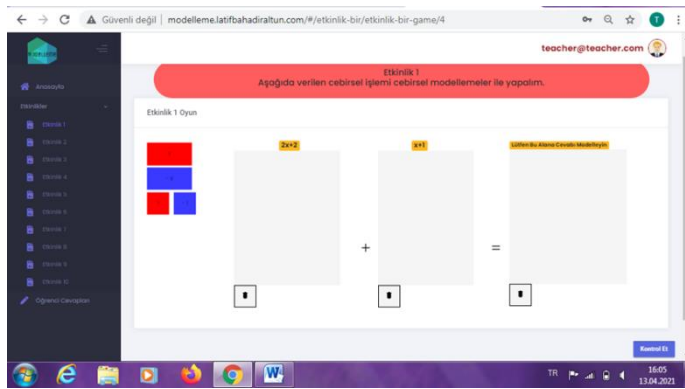
Sanal Manipülatif Etkinlikleri Ayarlama Arayüzü



Şekil 3'te ifade edildiği gibi sanal manipülatif etkinliklerini sistem üzerinden dinamik bir şekilde öğretmen düzenleme, silme ve yeni etkinlikler oluşturma imkânlarına sahiptir. Öğretmen istediği kadar manipülatif etkinlikleri oluşturabilmektedir. Sanal manipülatif etkinlikleri farklı sınıf düzeyinde farklı kazanımlar içinde düzenlenmektedir. Örneğin 8. Sınıf kazanımlarında yer alan cebirsel ifadelerin çarpımı kazanımı üzerinde de etkinlik sağlamaktadır. Her bir kazanıma ait sanal manipülatif etkinlikleri dinamik bir şekilde işlemektedir.

Şekil 4

Sanal Manipülatif Etkinlikleri Ekran Ara Yüzü



Şekil 4'de yer alan cebirsel sanal materyaller sürüklenerek cebirsel ifadelerin altında yer alan boşluğa uygun şekilde yerleştirilmektedir. Yapılan modellemelerde her hangi bir yanlış mevcutsa modellemeler çöp kutusuna sürüklenerek silinebilmektedir. İşlem bitiminde kontrol et butonuna basılarak sonucun doğruluğu yanlışlığı belirlenmektedir. Yapılan işlem doğru ise bir sonraki etkinliğe geçilirken, işlem sonucu ve manipülatiflerin yerleştirmesinde bir yanlışlık mevcut ise işlem düzeltilmeye yöneltilir ve doğru sonuca ulaşıldığında bir sonraki etkinliğe geçilmektedir. Her bir kazanımda yer alan sanal manipülatif etkinlikleri için aynı düzen ve sistem yer almaktadır. Kazanımlara ait bazı örnekler Ek 1'de yer almaktadır.

Manipülatifin değerlendirilmesi sürecinde uzman görüşünden yararlanılmıştır. Matematik eğitimi alanında doktora derecesine sahip iki uzman ile birlikte eğitim teknolojisi alanındaki bir uzman geliştirilen portalı; arayüzün kullanıcı dostu olması, içeriklerin program kazanımları ile uyumlu olması ve mevcut içeriklerin geliştirilebilir olması boyutları açısından değerlendirmiştir. Süreç sonunda uygulanacak etkinliklerin öğrencilere sıkıntı oluşturulmaması konusunda titizlikle çalışılmıştır. Pilot çalışması sonuçları da cebirsel ifadeler ve denklemler konusundaki etkinliklerin başarıyla tamamlanabilmesi sürecinde öğrencilerin sınıf seviyesi ve matematik başarı puanlarına göre farklılaştığını göstermiştir.

Uygulama Süreci

Manipülatif portalın geliştirilmesi aşamasından sonra deney ve kontrol grupları belirlenmiştir. Bu kapsamda matematik dersi sınıf ortalamaları birbirine yakın olan iki şube seçilmiş ve rastgele deney ve kontrol grubu olarak tanımlanmıştır. Grupların kavram yanlışlığı açısından kendi içinde ve birbirlerine göre değişimlerini değerlendirmek üzere ön testler yararlanılmış ve öğretim uygulaması sonrasında bu testler tekrar aynı gruplara uygulanmıştır. Bu kapsamda, cebirsel ifadeler ve denklem konularındaki mevcut kavram yanlışlıkları belirlendikten sonra 4 haftalık uygulama süreci başlamıştır. Deney grubundaki uygulama sürecinde araştırmacılar tarafından yüksek lisans tezi kapsamında geliştirilen bir portal içerisindeki sanal manipülatif desteğine başvurulmuş ve etkinlik temelli yaklaşım kullanılmıştır.

Mevcut araştırma, öğretim içeriğine yapılacak bir müdahalenin kavram yanlışlıkları üzerindeki etkisine odaklandığından dolayı, sınıf ortamının diğer bileşenleri olan öğrenciler ve öğretmenlerin değişmemesine özen gösterilmiştir. Bu anlamda deney ve kontrol grubunun derslerini yürütecek olan dersin mevcut öğretmenleri araştırmacılar tarafından iki hafta boyunca uygulama içerikleri ve materyalleri hakkında bilgilendirilerek eğitilmiştir. Hem deney hem de kontrol grubundaki dersler, Covid-19 pandemisinin de etkisiyle uzaktan eğitim yoluyla yürütülmüştür. Deney grubundaki uygulama sürecinde öğretmen bilgisayar ortamında oluşturulan sanal manipülatifleri öğrencilere tanıtarak ilgili konu kazanımlarını manipülatifler eşliğinde öğrencilere aktarmış ve ders sürecini etkinlik temelli olarak yönetmiştir. Öğrenciler, ders sonrasında öğrenilen kazanımlar ile ilgili kendi portallarına eklenmiş olan sanal manipülatif etkinliklerini tamamlayarak öğretim sürecini tamamlamışlardır. Bazı etkinliklerde tüm sınıfın birlikte katılımı sağlanırken, bazılarında etkinlikler bireysel olarak yürütülmüştür.

Kontrol grubunda ise EBA içerikleri ve mevcut ortaokul matematik ders kitabındaki etkinlikler referans alınarak dersler uzaktan eğitim yoluyla işlenmiştir. Bu süreçte konu, öğretmen tarafından ders kitabındaki sıraya göre sözlü olarak anlatılmış ve öğretmen gerekli açıklamaları öğrenci ekranlarında paylaşarak öğrencilerin defterlerine aktarılmasını sağlamıştır. EBA, her sınıf seviyesine uygun e-içerikler bulundurmasının yanında sürece bağlı olarak zengin e-içerikler oluşturup geliştiren dinamik bir eğitim platformu olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda öğretmen tarafından öğrencilere proje çalışmaları, ders ödevleri ve etkinlik çalışmaları EBA üzerinden gönderilmiştir. Gönderilen çalışmaların analizleri, öğrencilerin EBA kullanımlarına bağlı ders performansları, ödevleri bitirme yüzdeleri, sınıf ve öğrenci bazlı başarı oranları vb. veriler EBA raporlar bölümünden ulaşılarak değerlendirilmiştir (EBA, 2021). Sürecin sonunda öğretmen öğrencilerden varsa konu ile ilgili sorular sormalarını istemiştir. Ancak tüm süreç boyunca bazı öğrenciler öğretmenin izniyle konu ile ilgili soru sorabilmişlerdir. Araştırmacılarından biri çevrimiçi derslere gözlem yapmak üzere misafir olarak dâhil olmuştur. Gözlem sonuçlarına göre öğretmen derslerini, videolu anlatımlar ve soru çözümleri ile desteklemiştir. Bu süreçte katılımcı öğrencilerin

derslere çevrimiçi katılım sağladığı ve öğretmenin talimatlarını takip ettikleri de gözlenmiştir. Sürecin sonunda öğretmen öğrencilerden varsa konu ile ilgili sorular sormalarını istemiştir. Ancak tüm süreç boyunca birkaç öğrencinin anlamadıkları konuyla ilgili öğretmenine soru yönelttikleri tespit edilmiştir.

2020-2021 eğitim öğretim yılında, deney grubunda ders bir matematik öğretmeni tarafından, kontrol grubunda ise diğer bir matematik öğretmeni tarafından öğretim programında belirtilen saatte 4 hafta olarak işlenmiştir. Deney ve kontrol gruplarında bu uygulamalar eş zamanlı olarak gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte araştırmacılardan biri her hafta öğretmenlerden gerçekleştirilen dersler ile ilgili ders planları almıştır. Ders sonrasında araştırmacı tarafından öğrencilerin tamamlamış oldukları sanal manipülatif etkinliklerinin kontrolleri sanal manipülatif etkinlikleri portalı üzerinden takip edilmiştir. Her iki çalışma grubu için uygulama süreci Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1

Çalışma Grupları İçin Uygulama Süreci

Hafta	Kazanımlar	Deney Grubu	Kontrol Grubu
		Online eğitim ile ders anlatımı gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan sanal manipülatif etkinlikleri uygulanıp, ödevlendirilmiştir. Öğrenci cevapları sistem üzerinden bir sonraki haftaya kadar kontrol edilmiştir.	Online eğitim ile ders kitabı üzerinden öğretmen merkezli konu anlatımı gerçekleştirilmiştir. Çeşitli web siteleri ile etkinlikler zenginleştirilmiştir.
1.Hafta	*Cebirsel ifadelerle toplama ve çıkarma işlemleri yapar.	İlgili sanal manipülatif etkinlikleri: Etkinlik 1 Etkinlik 2 Etkinlik 3 Etkinlik 4	EBA Online Testler Ders kitabı etkinlikleri
2.Hafta	*Bir doğal sayı ile bir cebirsel ifadeyi çarpar. *Sayı örüntülerinin kuralını harfle ifade eder, kuralı harfle ifade edilen örüntünün istenilen terimini bulur.	İlgili sanal manipülatif etkinlikleri: Etkinlik 5 Etkinlik 6	EBA Online Testler Ders kitabı etkinlikleri
3.Hafta	*Eşitliğin korunumu ilkesini anlar. *Birinci dereceden bir bilinmeyenli denklemi tanır ve verilen gerçek hayat durumlarına uygun birinci dereceden bir bilinmeyenli denklem kurar.	İlgili sanal manipülatif etkinlikleri: Etkinlik 8	EBA Online Testler Ders kitabı etkinlikleri
4.Hafta	*Birinci dereceden bir bilinmeyenli denklemleri çözer. *Birinci dereceden bir bilinmeyenli denklem kurmayı gerektiren problemleri çözer.	İlgili sanal manipülatif etkinlikleri: Etkinlik 9 Etkinlik 10	EBA Online Testler Ders kitabı etkinlikleri

Veri Toplama Araçları

Araştırma sürecinde test ve görüşme araçları kullanılarak veriler toplanmıştır. Uygulama öncesi ve sonrasında test tekniğinden yararlanılmıştır. Katılımcı öğrencilerin cebirsel ifadeler ve denklemler ile ilgili kavram yanlışlarını belirlemek amacıyla çoktan seçmeli Cebir Kavram Yanılgısı Belirleme Testi ön-son test şeklinde kullanılmıştır. Bu test, öğrencilerin cebirle ilgili kavram yanlışlarını belirlemek üzere Perso (1992) tarafından hazırlanmış ve Akkaya (2006) tarafından Türkçeye uyarlaması yapılmıştır. Cebir Kavram Yanılgısı Belirleme Testi'nin uyarlama çalışması sonrasındaki Cronbach alfa güvenirlik katsayısı 0.72 olarak hesaplanmıştır. İlgili test cebir öğrenme alanında karşılaşılan 19 kavram yanlışını tespit etmek üzere hazırlanmıştır. Bazı sorular birden fazla kavram yanlışını ölçmekte olup Tablo 2'de kavram yanlışlarına göre soruların dağılımı ifade edilmiştir.

Tablo 2

Kavram Yanılgılarına Göre Soruların Dağılımı

Kavram Yanılgısı	İlgili Soru
1. Harflerin matematikte bir anlamı yoktur.	1, 2, 3, 7
2. Harfler alfabedeki gibi sıralanır.	6
3. Harflerin alfabetik sıralamada olduğu gibi sayısal konum belirtir.	6,10
4. Katsayısı bir olan harflerin değeri "1" e eşittir.	4, 5, 8, 9
5. Her harfin sadece bir değeri vardır.	1, 3, 6
6. Harfler sadece rakam olabilir.	4
7. Harfler nesnelere gösterir.	1, 2, 5, 7, 9
8. Harfler sayılar gibi davranmazlar.	2,8
9. "+" veya "-" ve "=" işaretleri her zaman sonuç verir.	11, 12, 13, 14, 15
10. İşlemlerin sırası önemli değildir.	18
11. Cebirsel olarak "=" işareti bir eylemi gösterse de öğrenciler cebirsel ifadeleri $2s+5$ veya $5-c$ işlemlerinde olduğu gibi matematiksel bir işlem yapma şeklinde yorumlamamaktadırlar.	11, 12, 13, 14, 15
12. Matematik her zaman soldan sağa doğru işlem yapılır.	14
13. Cebirde parantezlerin önemi yoktur.	17, 18
14. Bir denklemin diğer tarafında ters işlem yapmak yerine aynı işlem yapılır.	20, 21, 22, 23, 24, 25, 26
15. Sayıları, değişkenleri ve işaretleri birbirinden ayırır.	24, 25, 26
16. Çıkarma işlemi değişme özelliğine sahiptir.	22, 24
17. Ters işlemler gereksizdir.	20, 24
18. Harfleri soldan sağa eşleştirir.	27, 29, 30
19. Harfler kelimeler için bir etikettir.	27, 28, 29

Araştırmada elde edilen nicel verileri desteklemek amacıyla deney grubundaki öğrencilere uygulama süreci sonrasında nitel veri toplama araçlarından yarı yapılandırılmış görüşme soruları sorulmuş, sanal manipülatiflerin derste ve ödevlerde kullanımına ilişkin görüşleri alınmıştır. Uygulama sürecine katılan 10 öğrencinin sanal manipülatifleri matematik öğretiminde kullanımına ilişkin görüşlerini görüşmeler yoluyla desteklemek ve mümkün olduğunca araştırma bulgularına yansıtarak duygu ve düşüncelerini zenginleştirmek amacıyla uzman görüşleri alınarak hazırlanmıştır.

Görüşmeler araştırmacı tarafından yürütülmüştür. Araştırmanın amacı ve yapılacak görüşme hakkında araştırmacı tarafından öğrencilere gerekli açıklamalar yapılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmeler çevrim içi ortamda bire bir olarak gerçekleştirilmiş, sorular araştırmacı tarafından sorulmuş ve katılımcılardan derinlemesine cevaplar aranmıştır. Görüşmeler, katılımcıların bilgisi ve

onayı alınarak araştırmacı tarafından yazılı olarak kayıt altına alınmıştır. Açık uçlu sorularda öğrencilerin sanal manipülatiflerin derslerde kullanımına ilişkin olumlu ve olumsuz düşünceleri, matematikte diğer konuların öğretiminde sanal manipülatifleri kullanmak isteyip istemedikleri, sanal manipülatiflerle işlenen derslerin cebir öğrenme alanında yaşadığınız hatalarla ilgili düşüncelerinde ne gibi değişiklikler olduğuna dair bilgiler araştırılmıştır.

Verilerin Analizi

Araştırma kapsamında Cebir Kavram Yanılgısı Testi ve görüşme formu kullanılarak veriler toplanmıştır. Cebir Kavram Yanılgısı Testine verilen yanıtlar analiz edilirken, her doğru soru için 1 puan, her yanlış soru için 0 puan verilerek değerlendirme yapılmıştır. Öğrencinin alabileceği maksimum puan 30 iken, alabileceği minimum puan 0'dır. Test sonuçlarının normal dağılım gösterip göstermediğini belirlemek için normallik testleri uygulanmıştır. Gözlemlenen öğrenci sayısı 50'den fazla olduğu için Kolmogorov-Smirnov normallik testi uygulandı. Normallik testi sonuçları Tablo 3'de sunulmuştur.

Tablo 3

Deney ve Kontrol Grubu Öğrencilerinin Kavram Yanılgısı Ölçeği Puanlarına İlişkin Normallik Testi Sonuçları

	Çalışma Grubu	Kolmogorov-Smirnov		
		İstatistik	sd	p
Kavram Yanılgısı Ön Test Puanları	Deney Grubu	,089	30	,200
	Kontrol Grubu	,126	30	,200
Kavram Yanılgısı Son Test Puanları	Deney Grubu	,126	30	,200
	Kontrol Grubu	,145	30	,105

Normallik testinden elde edilen sonuçlara göre verilerin analizinde grupların ön test ve son test puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığı bağımsız t-testi kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen puanlar SPSS 26.0 yazılımı yardımı ile analiz edilmiş ve sonuçlar tablolara dönüştürülmüştür. Tablo 3'te ifade edildiği gibi 50 den fazla veriye sahip olduğundan, Kolmogorov-Smirnov kullanılmıştır ve p değeri 0,05 ten büyük olduğu için kavram yanılgısı ön test-son test puanları her iki grup için normal dağılım gösterdiği kabul edilmiştir. Çalışma kapsamında kavram yanılgılarının bütüncül olarak değerlendirilmesinin yanı sıra yanılgı türüne göre de yapılan öğretim uygulamalarının etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda her bir yanılgı türü için deney ve kontrol gruplarında ön ve son test uygulamalarında yanılgıya sahip olan öğrenci sayıları tespit edilmiştir. Daha sonra her bir yanılgı türü için $(100 - \frac{N_{post}}{N_{pre}} \times 100)$ formülü üzerinden hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin sahip oldukları kavram yanılgılarının azalma yüzdesi değerlendirilmiştir.

Deney grubundaki öğrencilere yarı yapılandırılmış görüşme formu uygulanarak elde edilen nitel veriler betimsel yöntemler ile analiz edilmiştir. Betimsel analizde elde edilen veriler kod veya frekanslar çerçevesinde değerlendirilir (Yıldırım ve Şimşek, 2013). Bu analizin amacı, elde edilen bulguları düzenleyip yorumlamak ve okuyucuya sunmaktır. Bu kapsamda görüşme sorularına verilen yanıtlar frekans türünden ayrıştırılmış ve her görüş kodlama sonrasında neden-sonuç ilişkileri bağlamında raporlanmıştır.

Bulgular

Kavram Yanılgısı Belirleme Testi'ne ilişkin bulgular sırasıyla kestirimsel ve betimsel istatistik bulgularını kapsayacak şekilde sunulmuştur. Bu kapsamda deney ve kontrol grubuna ilişkin uygulama bulguları sürekli karşılaştırmalar yoluyla ve yanılgı türlerini referans alacak biçimde değerlendirilmiştir. Ayrıca deney grubu öğrencilerinin sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içeriklerine ilişkin görüş bulguları da paylaşılmıştır.

Kavram Yanılgısı Belirleme Testine İlişkin T-testi Bulguları

Deney ve kontrol grubunda yürütülen öğretim uygulamaları sonrasında öğrencilerin Kavram Yanılgısı Belirleme Testi puanları açısından farklılaşıp farklılaşmadığı öncelikle değerlendirilmiştir. Deney ve kontrol gruplarının ön-son test puanlarının ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır, bu veriler deney ve kontrol gruplarının ön ve son test arasındaki fark, bağımsız t-testi ile karşılaştırılmıştır. Bu veriler deney ve kontrol gruplarının kavram yanılgısı ön test-son test puanları arasındaki ilişki Tablo 4 ve Tablo 5'de sunulmuştur.

Tablo 4

Deney Grubu Ön-Son Test Puanları

		N	X	Ss	p	t
Deney Grubu Kavram Yanılgısı Ön-Son Test Puanları	Ön Test	30	15,61	5,16	,000*	-9,560
	Son Test	30	25,45	2,25		

Tablo 4'te görüldüğü gibi deney grubunun ön test - son test puanlarına ait ortalaması arasındaki fark bağımsız t-testi ile karşılaştırılmış ($t=-9,56$; $p < .05$) anlamlı bir fark bulunmuştur. Bu verilere dayanarak deney grubu ön test - son test kavram yanılgısı belirleme testi başarıları arasında, son test yönünde anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Bu verilerden yola çıkarak sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içeriklerinin deney grubu üzerinde kavram yanılgılarını gidermesinde olumlu bir etkisinin olduğu söylenebilir.

Tablo 5

Kontrol Grubu Ön-Son Test Puanları

		N	X	Ss	p	t
Kontrol Grubu Kavram Yanılgısı Ön-Son Test Puanları	Ön Test	30	13,21	3,92	,000*	-7,835
	Son Test	30	20,69	3,45		

Tablo 5'de görüldüğü gibi kontrol grubunun son test puanlarına ait ortalaması arasındaki fark bağımsız t-testi ile karşılaştırılmış ($t=-7,835$; $p < .05$) anlamlı bir fark bulunmuştur. Bu verilere dayanarak kontrol grubu öğrencilerinin ön test-son test başarıları arasında, son test lehine anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Bu veriler doğrultusunda kontrol grubunda gerçekleştirilen öğretim uygulamalarının kavram yanılgılarını giderme üzerinde olumlu bir etkisinin olduğu görülmektedir.

Deney ve kontrol gruplarının ön ve son test puanlarının ortalama ve standart sapmaları hesaplanmıştır, veriler deney ve kontrol gruplarının ön ve son test arasındaki fark, bağımsız t-testi ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda deney ve kontrol gruplarının kavram yanılgısı ön test puanları arasındaki ilişki Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Deney ve Kontrol Gruplarının Ön Test Puanları

		N	X	Ss	p	t
Kavram Yanılgısı Ön Test Puanları	Deney Grubu	30	15,61	5,16	,067	2,028
	Kontrol Grubu	30	13,21	3,92		

Tablo 6’da ön test puanlarına ait ortalaması arasındaki fark, t-testi ile karşılaştırılmış ($t=2,028$; $p > .05$) anlamlı bir fark görülmemiştir. Bu anlamda her iki grup içinde bir müdahale olmadığı durumda öğrencilerin benzer oranlarda kavram yanılgısına sahip olduğu söylenebilir. Deney ve kontrol gruplarının kavram yanılgısı son test puanları arasındaki ilişki Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7

Deney ve Kontrol Gruplarının Son Test Puanları

		N	X	Ss	p	t
Kavram Yanılgısı Son Test Puanları	Deney Grubu	30	25,45	2,25	,000*	6,310
	Kontrol Grubu	30	20,69	3,45		

Tablo 7’de görüldüğü gibi deney grubunun son test puanlarına ait ortalaması ile kontrol grubunun son test puanlarına ait ortalaması arasındaki fark bağımsız t-testi ile karşılaştırılmış anlamlı bir fark bulunmuştur ($t=6,310$; $p < .05$). Bu verilere dayanarak deney ve kontrol gruplarının son test puanları arasında, deney grubunun lehine anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Bu verilerden yola çıkarak kontrol grubuna kıyasla deney grubunda sunulan öğretim içeriklerinin kavram yanılgılarını giderme sürecinde olumlu bir etkisinin olduğu söylenebilir.

Kavram Yanılgısı Belirleme Testine İlişkin Betimsel Bulgular

Cebir kavram yanılgısı belirleme testinin uygulamasının ardından deney ve kontrol grubu öğrencilerinin sahip olduğu kavram yanılgılarının ön testten son teste nasıl değiştiği Tablo 8’de frekans ve yüzdeler eşliğinde sunulmuştur. Böylece öğretim süreçlerinin kavram yanılgısı giderme sürecindeki etkisi ilgili yanılı türlerine göre ve betimsel istatistik yardımıyla değerlendirilmiştir. Tablo 8 incelendiğinde hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerin öğretim süreci sonrasında kavram yanılgılarının en az %20 en fazla %80 oranında azaldığı görülmektedir. Bu anlamda deney grubundaki sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretimin ve kontrol grubundaki ders kitabında yer alan etkinlikler ile öğretimin kavram yanılgılarını giderme sürecinde farklı oranlarda etkili olduğu gözlenmiştir.

Tablo 8

Deney ve Kontrol Grubundaki Öğrencilerin Kavram Yanılgılarının Ön Testten Son Teste Değişimi

Kavram Yanılgıları	Deney Grubu			Kontrol Grubu		
	Nön	Nson	Yanılgının azalma yüzdesi (%)	Nön	Nson	Yanılgının azalma yüzdesi (%)
1	9	2	78	17	4	77
2	9	4	55	15	5	67
3	14	5	64	15	6	60
4	16	4	75	13	8	49
5	9	3	67	14	8	43
6	14	5	64	9	6	34
7	8	5	37	17	5	70
8	16	6	62	20	11	45
9	20	9	55	20	9	55
10	23	8	66	12	7	42
11	15	3	80	10	7	30
12	7	3	58	19	15	21
13	21	10	53	17	11	36
14	20	9	55	10	6	40
15	25	9	64	10	8	20
16	26	12	54	13	9	31
17	20	13	35	13	6	53
18	24	12	50	16	11	32
19	18	3	84	15	9	40

Not. Nön: Ön-Testte Kavram Yanılgısı Olan Öğrenci Sayısı, Nson: Son-Testte Kavram Yanılgısı Olan Öğrenci Sayısı

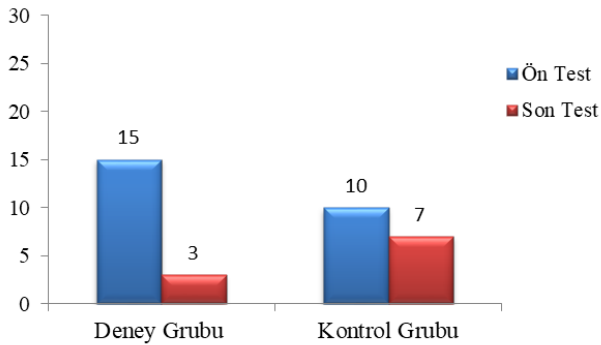
Tablo 8’de öğretim süreci öncesi ve sonrasında uygulanan kavram yanılgısı belirleme verilere incelendiğinde deney grubunda sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim sürecinin 19 kavram yanılgısından 17’si üzerinde %50’nin üzerinde kavram yanılgılarını gidermede açısından etkili olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubunda gerçekleştirilen ders kitaplarına bağlı etkinlik temelli öğretim sürecinin kavram yanılgılarını giderme açısından altı (1,2,3,7,9,17) kavram yanılgısı üzerinde %50’nin üzerinde etki gösterdiği belirlenmiştir. Kavram yanılgısı türüne göre öğretim uygulamaları arasındaki farkın %20’nin üzerinde bulgular Tablo 8’de vurgulanmıştır. Buna göre kontrol grubuna kıyasla deney grubunun kavram yanılgılarını giderme sürecinde %20’den daha fazla etkili olduğu yanılğı türleri kalın ve italik, deney grubuna kıyasla kontrol grubunun kavram yanılgılarını giderme sürecinde %20’den daha fazla etkili olduğu yanılğı türleri ise sadece italik yazım ile vurgulanmıştır. Kontrol grubuna kıyasla deney grubunun kavram yanılgılarını giderme sürecinde %20’den daha fazla etkili olduğu yanılğı numaraları; 4, 5, 6, 10, 11, 12, 15, 16 ve 19’dur. Bu bulgular 19 yanılğıdan dokuzunda deney grubunda yapılan öğretim uygulamalarının kontrol grubunda kıyasla daha fazla etkili olduğunu ortaya koymaktadır. İlgili kavram yanılgıları arasında kontrol grubuna kıyasla deney grubundaki öğretim uygulamalarının en fazla etkili olduğu yanılğı türü 11 nolu yanılğı olup, iki öğretim arasında fark %50’dir.

Deney ve kontrol grubunda öğretim süreci sonrasında devam eden veya giderilen kavram yanılgıları arasından dikkat çeken bazı bulgular şekiller ile sunularak yorumlanmıştır. Tablolarda yorumlamalar yapılırken kullanılan hesaplamalar kavram yanılgısına sahip olan öğrenciler ile kavram yanılgısına sahip olmayan öğrencilerin farkı alınarak yüzdeler dilimdeki oranı belirlenmiştir. 11 nolu yanılğıda “Cebirsel olarak “=” işareti bir eylemi gösterse de öğrenciler cebirsel

ifadeleri $2s+5$ veya $5-c$ işlemlerinde olduğu gibi matematiksel bir işlem yapma şeklinde yorumlamamaktadırlar” yanılgısı yer almaktadır. Çalışma grupları için kavram yanılgısını giderme yönündeki uygulama ve analizler sonucunda veriler Şekil 5’de sunulmuştur. Bu bağlamda kavram yanılgısı giderilme oranları incelendiğinde; sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içerikleriyle eğitim alan deney grubunda kavram yanılgıları giderme oranı %80 iken kontrol grubunda %30 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle etkinlik temelli sanal manipülatifler ile öğretimin öğrencilerin “Cebirsel ifadeleri bir matematiksel işlem yapma şeklinde yorumlamama” yanılgısını giderme sürecinde olumlu bir etkisinin olduğu söylenebilir.

Şekil 5

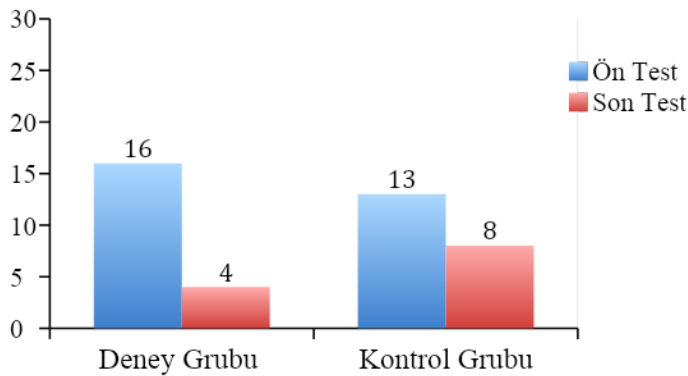
“=” İşaretiyle İlgili Kavram Yanılgısına Ait Öğrenci Verileri



Grupların yanılgı giderme oranları arasındaki farkın yüksek olduğu bir diğer yanılgı “Katsayısı bir olan harflerin değeri “1” e eşittir” şeklinde ifade edilen 4 nolu kavram yanılgısıdır. Çalışma grupları için kavram yanılgısını giderme yönündeki uygulama ve analizler sonucunda veriler grafiklere dönüştürülerek Şekil 6’da sunulmuştur. Kavram yanılgısı giderilme yüzdeleri incelendiğinde; sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içerikleriyle eğitim alan deney grubunda kavram yanılgıları giderme oranı %75 iken kontrol grubunda etkinin %38,4 olduğu görülmüştür. Sonuç olarak etkinlik temelli sanal manipülatifler ile öğretimin öğrencilerde mevcut olan “Katsayısı bir olan harflerin değeri “1” e eşittir ” yanılgısının giderilmesi üzerinde olumlu bir etkisi olduğu görülmektedir.

Şekil 6

“Katsayısı bir olan harflerin değeri “1” e eşittir.” Kavram Yanılgısına Ait Öğrenci Verileri

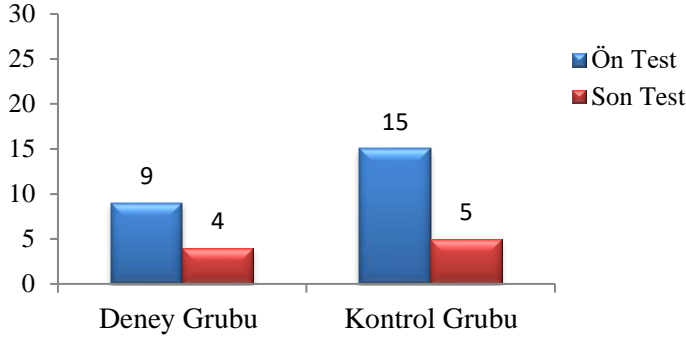


Benzer olarak, Şekil 7’de ikinci kavram yanılgısına ait veriler incelendiğinde; sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içerikleriyle eğitim alan deney grubunda kavram

yanılgıları giderme oranı %55,5 iken kontrol grubunda oran %66,6 olduğu görülmüştür. Analizler sonucunda, öğrencilerde mevcut olan “Harfler alfabede olduğu gibi sıralanır” kavram yanılgısını giderme sürecinde kontrol grubunda yapılan eğitimin daha olumlu sonuçlar verdiği söylenebilir.

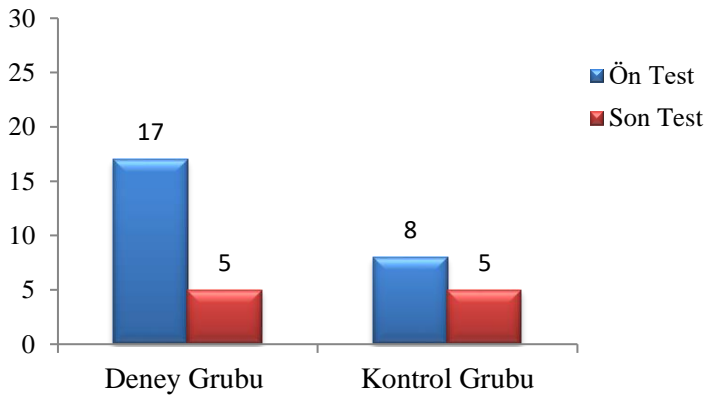
Şekil 7

“Harfler alfabedeki gibi sıralanır.” Kavram Yanılgısına Ait Öğrenci Verileri



Şekil 8

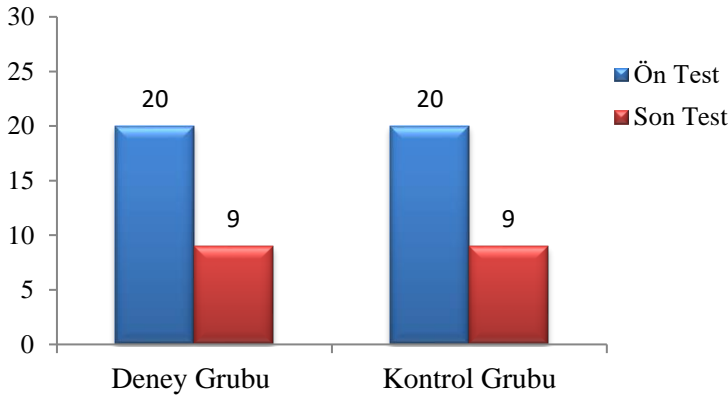
“Harfler nesnelere gösterir.” Kavram Yanılgısına Ait Öğrenci Verileri



Bir diğer yanılgı öğrencilere göre harfler nesnelere gösterir. $2m+3n$ gibi bir cebirsel ifadesi 2 muz ve 3 narı temsil etmektedir. Çalışma grupları için kavram yanılgısını giderme yönündeki uygulama ve analizler sonucunda verilere ulaşılarak grafiklere dönüştürülerek Şekil 8’de sunulmuştur. İlgili kavram yanılgısının giderilmesi yönündeki veriler incelendiğinde; sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içerikleriyle eğitim alan deney grubunda kavram yanılgıları giderme oranı %70,5 iken kontrol grubunda oran %37,5 olduğu görülmektedir. Bu sonuçlardan hareketle etkinlik temelli sanal manipülatifler ile öğretimin, öğrencilerde mevcut olan “Harfler nesnelere gösterir” yanılgısını giderme sürecinde daha etkili olduğu söylenebilir.

Şekil 9

" + veya - ve = işaretleri her zaman sonuç verir." Kavram Yanılgısına Ait Öğrenci Verileri



Genel olarak sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içerikleriyle eğitim alan öğrencilerin cebir öğrenme alanındaki kavram yanılgılarını gidermede olumlu yönde daha etkili olduğu görülmektedir. Birinci ve dokuzuncu kavram yanılgılarına ait verilerde gruplar arasında bir farkın olmadığı tespit edilmiştir. Örneğin, dokuzuncu kavram yanılgısı olarak öğrenciler "+" veya "-" ile "=" işaretlerinin daima sonuç ürettiklerine inanmaktadırlar. Örneğin, öğrenciler " $2+a=?$ " cebirsel işlemin sonucunu $2a$ şeklinde ifade etmektedir. Öğretim deneyi sonrasındaki kavram yanılgısı giderilme oranları incelendiğinde; sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğretim içerikleriyle eğitim alan deney grubunda kavram yanılgıları giderme oranı %55 iken kontrol grubunda da %55 olduğu görülmektedir (Şekil 9). Bu sonuçlardan hareketle her iki grupta gerçekleştirilen öğretim sürecinin "Matematiksel işaretler her zaman sonuç üretir" yanılgısı için aynı düzeyde etkisinin olduğu söylenebilir. Öğrencilerin "+" veya "-" ile "=" işaretlerinin daima sonuç ürettiklerine inanmakta oldukları kavram yanılgısı üzerine sanal manipülatif etkinliklerinin beklenen düzeyde bir etki gerçekleştirmediği görülmektedir.

Görüşme Sorularına İlişkin Bulgular

Araştırmanın alt problemi kapsamında; uygulama sonunda deney grubu öğrencilerinin sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlik temelli öğrenme süreçlerine ilişkin görüşleri de incelenmiştir. Bu amaçla öğretim süreci ile ilgili dört açık uçlu soru hazırlanmış ve öğrencilerden bu soruları yanıtlamaları istenmiştir. Birinci görüşme sorusuna ait görüşler Tablo 9'da sunulmuştur.

Tablo 9

Sanal Manipülatif Etkinlikleri İle Zenginleştirilmiş Öğretim Hakkındaki Görüşleri-1

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Maddeleri	Görüşler	f
	Ders eğlenceliydi ve işleniş ilgimi çekti.	2
1. Cebirsel ifadeler ve denklemlere yönelik hazırlanan sanal manipülatif etkinlikleri ile ilgili düşüncelerin nelerdir?	Adım adım ilerlemesi konuyu öğrenmemi kolaylaştırdı.	3
	Yeni bir öğrenme biçimi farklı buldum.	2
	Konu çok basit anlatıldı. Sınavlarda bu şekilde çıkmıyor.	1
	Herhangi bir düşüncem yok.	1
	Bazı bölümlerde kafam karıştı.	1
Toplam		10

Tablo 9’da öğrencilerin cebirsel ifadeler ve denklemlere yönelik hazırlanan sanal manipülatif etkinlikleri ile ilgili düşüncelerinin neler olduğuna dair cevapların büyük çoğunluğunun (f=7) öğretim süreci hakkında öğrencilerin olumlu düşünceye sahip olduğunu göstermektedir. Genel olarak öğrenciler sanal manipülatif etkinlikleri ile zenginleştirilmiş öğretimi eğlenceli ve ilgi çekici bulduklarını, yeni bir öğrenme biçimi olarak farklı geldiğini ve adım adım ilerlemesinin öğrenmelerini kolaylaştırdığını belirten öğrencilerden biri (Ö1) “...Bu şekilde anlatılan ders merak uyandırdı ve ilgimi çekti, ilgim arttıkça etkinlikler eğlenceli hale geldi ve severek etkinliklerimi tamamladım...” diyerek görüşünü ifade etmiştir. Bir diğer öğrenci ise (Ö2) “Eğlenceli olduğunu düşündüm, mutlu oldum” demiştir. Sanal manipülatif etkinlikleri ile konunun öğretiminin adım adım ilerlemesi temasında yer alan öğrencilerden biri (Ö3) “...dersler bu şekilde daha aşamalı olarak ve ezbere dayalı olmayan her aşamada dikkat isteyen anlaşılır bir yöntemdir” demiştir. Bazı öğrenciler (f=1) konunun çok basit anlatıldığını ve sınavlarda bu şekilde çıkmadığını belirten öğrenci düşüncesini (Ö7) “dersin bu şekilde anlatılması kolay olmasına rağmen test soruları çok zor oluyor.” şeklinde belirtmiştir. Sanal manipülatif etkinlikleriyle işlenen dersler sonucunda, cebir öğrenme alanında yaşamış olduğun yanlışlara yönelik öğrenci düşünceleri Tablo 10’da sunulmuştur.

Tablo 10

Sanal Manipülatif Etkinlikleri İle Zenginleştirilmiş Öğretim Hakkındaki Görüşleri-2

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Maddeleri	Görüşler	f
	Cebirsel kavramları doğru bir şekilde anlamama neden oldu.	2
	Var olan hatalarım doğru yönde değişti.	2
2. Sanal manipülatif etkinlikleriyle işlenen dersler sonucunda, cebir öğrenme alanında yaşamış olduğun yanlışlara yönelik düşüncelerinde ne gibi değişiklikler oldu?	Cebirsel ifadelerden korkuyordum.	
	Bu yöntem sayesinde kolay öğrendim ve daha çok sevdim.	3
	Etkilemedi.	2
	Herhangi bir yanlışığa sahip değilim.	1
Toplam		10

Tablo 10’da öğrencilerin sanal manipülatif etkinlikleriyle işlenen dersler sonucunda, cebir öğrenme alanında yaşamış olduğun yanlışlara yönelik düşüncelerinde ne gibi değişiklikler olduğu sorulmuş; cevapların büyük çoğunluğunda (f=7) sanal manipülatifler ile öğretim sürecinin öğrencilerin cebirsel ifadelerde bulunan kavram yanlışlarını azalttığı ve cebire karşı daha istekli oldukları görüşlerine ulaşılmıştır. Bu görüşlerden bazılarında (Ö1) “görsel şekiller cebir harflerini anlamamda kolaylık sağladı. Etkinlikler eğlenceliydi ve dikkatimi dağıtmadan konunun anlaşılmasını sağladı.” derken, (Ö4) “matematiksel ifadeler ve görseller açık ve net bir şekilde anlaşılıyordu. Etkinlikleri kalem kullanmadan dinamik olarak yapmak konuya dair yanlışlarımı yok etmeye ve işlemsel karmaşalarını düzeltmeye yaradı.” görüşlerini paylaşmıştır. Görüşmeye katılan 10 öğrenciden yalnızca üçü sanal manipülatif etkinlikleri ile zenginleştirilmiş öğretim içeriklerinin yanlışları giderme açısından bir etkisinin olmadığını veya yanlışlarının bulunmadığını ifade etmiştir.

Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada sanal manipülatif etkinlikleri ile zenginleştirilmiş öğretim içeriklerinin mevcut öğretim içeriklerine göre kavram yanlışlarını giderme sürecindeki etkisi incelenmiştir. Mevcut araştırmada deney ve kontrol grubunda gerçekleştirilen uygulama süreci sonrasında öğrencilerin sahip olduğun kavram yanlışları önce bütüncül bir yaklaşımla ve istatistiksel açıdan anlamlı bir

farkın olup-olmadığına yönelik olarak incelenmiş daha sonra ilgili kavram yanılgıları betimsel istatistik yardımıyla karşılaştırmalı olarak yorumlanmıştır. Bu anlamda öncelikle öğrencilerin cebirsel ifadeler ve denklemler konusunda kavram yanılıgısına sahip olup olmadığı ve bu yanılgıların uygulama gruplarına göre nasıl farklılaştığı tespit edilmiştir. Çalışma sonuçları, uygulama öncesinde gruplar arasında kavram yanılıgısı belirleme ölçeği ön test puan ortalamaları açısından anlamlı bir farklılık olmadığını göstermiştir. Bu sonuç, her iki grubun da öğretim uygulaması öncesinde benzer hazırbulunuşluk seviyelerine sahip olduğunu göstermektedir. Uygulama öncesinde, kavram yanılıgısı belirleme ölçeğindeki 19 sorudan deney grubunda 7 ile 26 arasındaki öğrencinin kontrol grubunda ise 9 ile 20 arasındaki öğrencinin cebirsel ifadeler ve denklemler konusunda kavram yanılıgısına sahip olduğu belirlenmiştir. Katılımcı sayısının her bir grupta 30 kişi olduğu göz önünde bulundurulduğunda uygulama öncesinde cebirsel ifadeler ve denklemler konusunda katılımcıların önemli bir bölümünün kavram yanılıgısına sahip olduğu söylenebilir. Nitekim mevcut durumu belirlemek amacıyla yapılan çalışmalardan birinde Akkaya'da (2006) ortaokul öğrencilerinin harflerin cebirdeki yerini anlama, değişkenleri kullanma ve denklemleri çözerken cebirsel kuralları kullanma başlıkları altında bazı zorluklar yaşadığını tespit etmiştir.

Ortaokul matematiği düzeyinde cebirsel ifadeler ve denklemler alt öğrenme alanındaki içerikleri odağında bulunduran bu araştırmada, mevcut yanılgıları belirlemenin ötesinde, ilgili kavram yanılgılarının etkileşimli uygulamalar sonrasında ne ölçüde değiştiği üzerinde durulmuştur. Çalışma sonuçları, hem deney hem de kontrol grubundaki öğretim uygulamaları sonrasında kavram yanılgılarını giderme açısından ön-son test puanlarının grup içi karşılaştırmasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğunu göstermiştir. Bir diğer ifadeyle hem deney hem de kontrol grubundaki öğrencilerde öğretim uygulaması öncesinde mevcut olan yanılgılar dikkate değer oranda azalmıştır. Her iki öğretim sürecinin etkinlik temelli olarak yürütülmesi öğrencilerde var olan yanılgıların belirli oranlarda azalmasına katkı sağlamış olabilir. Bu anlamda 7.sınıf öğrencilerinin cebir öğrenme alanındaki kavram yanılgılarını inceleyen Erdem ve Sarpkaya Aktaş (2018) da etkinliklere dayalı öğrenme ortamlarının kavram yanılgılarını giderme sürecinde önemli avantajlar sunduğunu belirtmiştir.

Bu araştırmanın odaklandığı temel durum sanal manipülatifler ile yapılan öğretim uygulamasının etkisini incelemektir. Deney ve kontrol grubundaki öğretim uygulamaları sonrasında gruplar arasında kavram yanılgılarını belirlemeye yönelik yapılan son test puan ortalamaları açısından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğunu göstermiştir. Deney ve kontrol grubu kavram yanılgılarını belirleme son test puan ortalamaları arasındaki farkın sanal manipülatif etkinlikleri ile zenginleştirilmiş öğretim içeriklerinin kullanıldığı deney grubu lehine olduğu tespit edilmiştir. Betimsel bulgularda da, ilgili literatürde ifade edilen 19 kavram yanılıgısından 15'inde deney grubundaki uygulamaların daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Nitekim ön-son test bulguları birçok yanılıgı türünde deney grubundaki öğrencilerin kavram yanılgılarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek düzeyde azaldığını göstermiştir. Deney grubundaki öğrenciler sanal manipülatif ile zenginleştirilmiş etkinlikler ile kontrol grubundaki öğrenciler ise EBA ve ders kitabında mevcut olan etkinlikler ile karşılaştırılmıştır. Bu bulgudan hareketle, cebir öğrenme alanında sanal manipülatif etkinlikleri ile zenginleştirilmiş öğretim içeriği kullanımının, kavram yanılgılarını giderme açısından, mevcut öğretim içeriklerinin kullanıldığı durumlara göre daha etkili olduğu söylenebilir. Alanyazında yapılan sanal manipülatif kullanımının matematiğe yönelik tutum (Alshehri, 2017; Lee ve Chen, 2015; Olkun ve Altun, 2003; Samioğlu ve Siniksaran, 2016) ve akademik başarı (Demir, 2019; Moyer ve Bolyard, 2002; Samioğlu ve Siniksaran, 2016; Yeniçeri, 2013) gibi bileşenler

üzerindeki etkisini inceleyen diğer bazı çalışmalar da öğretim uygulaması sonrasında öğrencilerin bu bileşenler açısından gelişim gösterdiklerini ortaya koymuştur.

Bu araştırmanın önceki çalışmalardan farkı öğretim sürecinin tamamen çevrimiçi ortamlarda gerçekleşmesidir. Bu anlamda Covid-19 pandemisinde tüm eğitim-öğretim süreçlerinin çevrimiçi olduğu bir dönemde öğrencilerin matematik etkinliklerini kendi öğrenme hızına göre yürütmeleri ve sanal manipülatifler aracılığıyla etkinlikteki görevleri doğrudan deneyimlemeleri kavram yanlışlarının indirgenmesinde etkili olabilir. Cebirsel ifadeler ve denklemler alt öğrenme alanında sanal manipülatif etkinlikleri desteği ile öğrenim gören deney grubu öğrencileri, araştırmacılar tarafından geliştirilmiş olan web destekli uygulama içerisindeki etkinlikleri kendi kişisel bilgisayarından gerçekleştirebilmekte ve yeni etkinlikler geliştirebilmektedir. Dolayısıyla deney grubundaki öğrencilere yöneltilen etkinliklerin etkileşimli, esnek ve geliştirilmeye açık olduğu söylenebilir. Sanal manipülatif destekli matematik öğretimi uygulamasına ilişkin görüşme sonuçları da öğrencilerin kendi öğrenme hızına göre uygulama ve tekrar yapma imkânı sağladığından dolayı bu uygulamalara olumlu yaklaştıklarını göstermiştir. Öğrenciler manipülatifleri kullanırken başarılı hissetme, eğlenme duyguları hissettiklerini ve cebir konularına bakış açılarının olumlu yönde geliştiğini belirtmiştir. Öğrenciler, sanal manipülatiflerin konunun daha iyi anlaşılmasını sağladığını, işlem becerilerini artırdığını, düşünmeyi etkilediğini, başarıyı artırdığını ve kalıcılığı sağladığını belirtmişlerdir. Ayrıca manipülatiflerin eğlence, merak ve ilgi gibi duyuşsal özelliklere katkısından da bahsetmişlerdir. Manipülatif ile tanışan hemen hemen tüm öğrencilerin matematiğe karşı olumlu duygular beslemesi tutumla ilgili nicel verileri desteklemektedir. Ders kitabındaki cebirsel ifadeler ve denklemler alt öğrenme alanında yer alan etkinlikler genellikle öğretmen kontrolünde sunulmuş, bu noktada kontrol grubundaki öğrenciler dinamik yapıya sahip olmayan etkinlikler üzerinden çözüm ve tartışma yapmışlardır. Ayrıca kontrol grubundaki öğrencilerde mevcut olan kavram yanlışlarının öğretim süreci sonrasında azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak ön-son test arasındaki farka rağmen kontrol grubunun son test bulgularında sınıfın yaklaşık yarısının hala çeşitli kavram yanlışına sahip olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubundaki öğretim uygulaması sonrasında kavram yanlışlarının devam ediyor olma nedeni, öğrencilerin uzaktan eğitim sürecinde yapılan etkinlikleri doğrudan deneyimleyememesiyle ilgili olabilir. Sınıf ortamında etkinlikleri grup arkadaşlarıyla tartışan ve bu etkinlikleri gerçekleştirmek için ortak çaba sarf eden öğrencilerin uzaktan eğitim sürecinde, bu etkinlikleri bilgisayar ekranından bir izleyici olarak görmesi ve etkileşim sınırlılığı kontrol grubunda bazı yanlışların devam etmesine gerekçe olabilir. Araştırma sonuçlarını destekleyen birçok çalışma bulunmaktadır (Akkan ve Çakıroğlu, 2011; Çetin ve Günay, 2011; Güllük, 2013). Örneğin, Akkan ve Çakıroğlu'nun (2011) 8. sınıf öğrencileri ile yaptıkları çalışmalar sonucunda öğrenciler somut/fiziksel manipülatifleri sıkıcı, sanal manipülatifleri daha eğlenceli ve dikkat çekici bulmuşlardır. Deneysel süreç sonrasında yapılan görüşmelerden de sanal manipülatif etkinliklerinin öğrencilerin derse olan ilgilerini de artırdığı söylenebilir.

Öğrencilerin çoğu manipülatiflerin hem matematikte hem de diğer derslerde kullanılmasını istemektedir. Öğrencilerin özelde cebir ve genelde matematik öğrenmeye yönelik olumlu tutumlarının başarılarını artırmada olumlu etkisi olduğu düşünülmektedir. Sevimli (2022), çevrimiçi ortamlarda kullanılacak öğrenme araçları ile hazırlanmış etkinliklerde bulunması gereken özellikleri; öğrencilerin etkileşimli katılımı, kavramların çoklu temsili ve gerçek yaşam problemlerinin sınıf içerisinde kullanılabilmesi şeklinde sıralamıştır. Bu bağlamda, bu çalışmada kullanılan sanal manipülatiflerin de hem öğrencilerin ders boyunca aktif kalmasını sağladığı hem de onlara somut bir deneyim yaşattığı düşünüldüğünde, öğrencilerin etkinliklere yönelik olumlu

tutumlarının olduğu söylenebilir. Nitekim olumlu görüşlerin yanı sıra öğrencilerin bir kısmı sanal manipülatifler ile yapılacak bilgisayar destekli etkinliklerin karmaşık olduğunu ve sınav başarılarına olumlu bir etkisi olmayacağını ifade etmiştir. Bu bulgu ile ilgili olarak Speer (2009), sanal manipülatiflerin kullanımının etkilerini belirlemeyi amaçladığı çalışmasında bilgisayarı yeterli düzeyde kullanamayan öğrencilerin manipülatif kullanımında zorluk yaşayabilecekleri, yapılan uygulamaların derse aktarımında sorunlarla karşılaşabileceğini bunun da öğrencilerin olumsuz görüş geliştirmelerine neden olabileceğini belirtmiştir. Sanal manipülatiflerin kullanımını karmaşık gören öğrenciler; sanal manipülatifleri bir oyun gibi değerlendirip öğretim amacı dışında kullanıldığını düşünmüş olabilir.

Bu çalışmanın sonuçları, cebirsel ifadeler ve denklemler konusunun öğretiminde sanal manipülatif kullanımının, kavram yanılgılarını giderme sürecinde öğrencilere fayda sağlayabileceğini ortaya koymuştur. Mevcut araştırmadaki öğretim deneyinin; örneklem, veri toplama araçları ve demografik değişken çeşitlemesi ile tekrar gerçekleştirilmesi durumunda daha kapsamlı sonuçlara ulaşılabilir. Bu bağlamda gelecekte yapılabilecek; (i) öğretmen ve öğretmen adaylarının sanal manipülatiflere yönelik farkındalıklarını artıracak eğitimler sonrasında matematik öğretimine ilişkin tutum ve inançlardaki değişimi; (ii) sanal manipülatiflere yönelik tutumu geliştirmek için uygun tasarım süreçlerinin belirlenmesi, (iii) bu araştırma kapsamında geliştirilen manipülatif portalının farklı konu ve kazanımlardaki etkisinin incelenmesi, konu veya başlıklarındaki araştırmaların alanyazına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Etik Kurul Onayı: Çalışmanın uygulama aşamasında etik ilke ve hususlara dikkat edilmiş olup, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu'ndan 11.03.2021 tarih ve 01-19 sayılı toplantısı ile Etik Kurul Kararı alınmıştır.

Araştırmacıların Katkı Oranı: Çalışma sürecinde, araştırmacıların katkı oranları eşit düzeydedir.

Çatışma Beyanı: Yazarlar arasında bu çalışma kapsamında potansiyel hiçbir çıkar çatışması yoktur.

References

- Akkan, Y., & Çakıroğlu, Ü. (2011, February). *Using virtual manipulative and concrete materials in mathematics education: Teachers and pre-service teachers' perspectives* [Conference presentation]. 11th International Educational Technology Conference, (IETC), İstanbul.
- Akkaya, R. (2006). Misconceptions of primary school 6-8 students in the field of learning algebra. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31, 9.
- Akkaya, R., & Durmuş, S. (2006). Misconceptions of primary school 6th-8th grade students in the field of learning algebra. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31, 1-12.
- Akın, F. (2002). *Examining the attitudes of primary school 4th, 5th, 6th, 7th and 8th grade students towards mathematics course according to various variables*. [Unpublished master's dissertation]. Pamukkale University.

- Akkoç, H. (2008). Using technology in mathematics education for conceptual understanding. In M. F. Özmantar, E. Bingölbali & H. Akkoç (Ed.), *Mathematical Misconceptions and Solution Suggestions* (pp. 361–392). Pegem Akademi.
- Alkan, S., & Ada, T. (2015, May). *Designing a virtual dynamic manipulative in probability education and student opinions about the manipulative* [Conference presentation]. Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Sempozyumu [International Symposium of Turkish Computer and Mathematics Education], Adıyaman.
- Alshehri, S. (2017). *The Comparison of Physical/Virtual Manipulative on Fifth-Grade Students' Understanding of Adding Fractions*. [Unpublished doctoral dissertation]. Cincinnati University.
- Ayyıldız, N., & Altun, S. (2013). Examining the effect of learning diaries in eliminating misconceptions about mathematics course. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 28(2), 71-86.
- Birgin, O., Kutluca, T., & Gürbüz, R. (2008). *The Effect of Computer Aided Instruction on Student Achievement in Seventh Grade Mathematics Class* [Conference presentation]. 8th International Educational Technology Conference (s. 879-882), Eskişehir.
- Brown, S. E. (2007). Counting Blocks or Keyboards? A Comparative Analysis of Concrete Versus Virtual Manipulatives in Elementary School Mathematics Concepts.
- Büyüköztürk, Ş., Kılıç, E. K., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2017). *Scientific Research Methods*. Pegem A.
- Camci, F. (2018). *Mathematical abstraction processes in a teaching experiment designed within the framework of sixth grade students' predictive learning road map* [Unpublished master's dissertation]. Anadolu Üniversitesi.
- Clements, D. H., & McMillen, S. (1996). Rethinking concrete manipulatives. *Teaching Children Mathematics*, 2(5), 270–279. <https://doi.org/10.5951/TCM.2.5.0270>
- Clements, D. H. (1999). Concrete manipulatives, concrete ideas. *Contemporary Issues in Early Childhood*, 1(1), 45-60.
- Çavuş-Erdem Z., & Gürbüz R. (2017). An investigation on students' errors and misconceptions: Equation example. *YYÜ Eğitim Fakültesi Dergisi*, 14(1), 640-670. <https://dergipark.org.tr/en/pub/yyuefd/issue/28496/340179>
- Çetin, H., Aydın, S., & Yazar, M.İ. (2019). Examining the attitudes and needs of secondary school mathematics teachers regarding the use of manipulatives. *Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi*, 10(17), 1180-1200.
- Çetin, O., & Günay, Y. (2011). Preparation of a sample web-based teaching material for science education and evaluation of this material in line with teacher and student opinions. *Ahi Evran Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 12(2), 175-202.
- Dede, Y., & Argün, Z. (2003). Why is algebra difficult for students?. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 24, 180-185.
- Demir, Ö. (2019). *The effect of using concrete materials in teaching geometric objects on students' success, attitudes and self-efficacy* [Unpublished master's dissertation]. Bartın University.
- Durmuş, S., & Karakırık, E. (2006). Virtual manipulatives in mathematics education: A theoretical framework. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 5(1), 12.
- Eğitim Bilişim Ağı (EBA), EBA. <http://www.eba.gov.tr/>
- Erbaş, A. K., & Ersoy, Y. (2002). Ninth grade students' success in solving equations and possible misconceptions. *UFBMEK-5 Bildiri Kitabı* (pp.16-18). Devlet Kitapları.

- Erbaş, A. K., & Ersoy, Y. (2003). Success and learning difficulties of a group of Turkish students in the Kassel project algebra test. *İlköğretim Online Dergisi*, 4(1), 18-39.
- Erdem, Ö., & Sarpkaya Aktaş, G. (2018). Evaluation of Activity-Based Teaching in Eliminating Misconceptions Experienced by Secondary School 7th Grade Students in the Field of Algebra Learning. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 9(2), 312-338. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.333612>
- Fitzallen, N. (2015). STEM education: What does mathematics have to offer? In M. Marshman, V. Geiger, & A. Bennison (Eds.), *Mathematics education in the margins (Proceedings of the 38th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia)*, (pp. 237-244). Sunshine Coast:MERGA.
- Gülkılık, H. (2013). *The role of representations in mathematical understanding: Virtual and physical manipulatives* [Unpublished doctoral dissertation]. Gazi University.
- Işıksal, M., & Aşkar, P. (2005). The effect of spread sheet and dynamic geometry software on the achievement and self-efficacy of 7th -grade student's. *Educational Research*, 47(3), 333-350.
- İşleyen, T., & Işık, A. (2003). Conceptual and procedural learning mathematics. *Journal of the Korea Society of Mathematical Education Series D: Research in Mathematical Education*, 7(2), 91-99.
- Kaf Y. (2007). *The effect of using models in mathematics on 6th grade students' algebra achievement* [Unpublished master dissertation]. Hacettepe University.
- Karakırık, E., & Çakmak, E. (2009). *Primary education 1-8. Development of a Turkish Virtual Manipulative Set to Support the Grades Mathematics Curriculum*. TÜBİTAK Projesi.
- Kaş, S. (2010). *The effect of teaching with worksheets on algebraic thinking and problem solving skills in eighth grades* [Unpublished master's dissertation]. Marmara Universtiy.
- Kaya, D. (2015). *An investigation on the effects of multiple representation-based teaching on students' algebraic reasoning skills, algebraic thinking levels and attitudes towards mathematics* [Unpublished doctoral dissertation]. Dokuz Eylül University.
- Lee, C. Y., & Chen, M.-J. (2015). Effects of worked examples using manipulatives on fifth graders' learning performance and attitude towards mathematics. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(1), 264–275. <https://doi.org/10.2307/jeductechsoci.18.1.264>
- Lesh, R. (1990). Computer-based assessment of higher order understandings and processes in elementary mathematics, in G. Kulm (Ed.), *Assessing Higher Order Thinking in Mathematics* (s. 81-110). American Association for the Advancement of Science.
- Malara, N. A., & Navarra G. (2003). *Aral project: arithmetic pathways towards pre-algebraic thinking*. Pitagora Editrice.
- MoNE. (2018). *Primary and Secondary School Mathematics curriculum*. Talim Terbiye Kurulu.
- Moyer-Packenham, P. S., Westenskow, A., & Salkind, G. (2012). Effects of virtual manipulatives on mathematics learning and student achievement. *Manuscript under review*.
- Moyer-Packenham, P. S., Salkind, G., & Bolyard, J. J. (2008). Virtual manipulatives used by K-8 teachers for mathematics instruction: Considering mathematical, cognitive, and pedagogical fidelity. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 8(3), s. 202-218.
- Moyer-Packenham, P. S., Bolyard, J. J., & Spikell, M. A. (2002). What are virtual manipulatives? *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 372–377.
- NCTM, (2012). *Statement of Beliefs*. <http://www.nctm.org/beliefs.aspx>.
- NCTM, (2000). Principles and standarts for school mathematics. *National Council of Teacher of Mathematics*, Reston, VA.

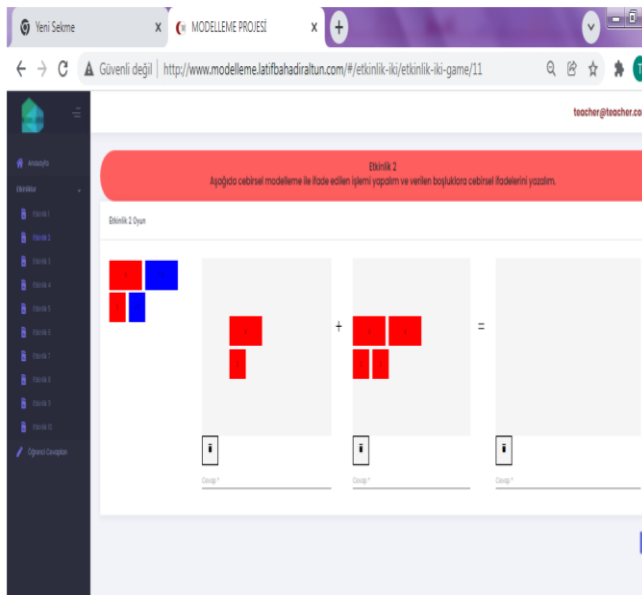
- NLVM, (2017). *National Library of Virtual Manipulatives (NLVM)*. NLVM, Amerikan Ulusal. (<http://nlvm.usu.edu/>)
- Olkun, S., & Altun, A. (2003). The relationship between primary school students' computer experiences and their spatial thinking and geometry achievements. *The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET*, 2(4).
- Olkun, S., & Toluk-Uçar, Z. (2006). *Contemporary approaches to teaching mathematics in primary education in the light of new primary education programs and teacher competencies*. Ekinoks.
- Perso, T. (1992). Using diagnostic teaching to overcome misconceptions in algebra. *The Mathematical Association of Western Australia*.
- SAMAP, (2017). <http://www.erolkarakirik.com/samap/>
- Samioğlu, M., & Siniksaran, E. (2016). Embedding virtual manipulatives into middle school mathematics curriculum. *The Anthropologist*, 25(3), 207–213. <http://dx.doi.org/10.1080/09720073.2016.11892108>
- Sert Çelik, H., & Masal, E. (2018). A perspective on seventh grade students' learning about equations and equality from the student component perspective. *Sakarya University Journal of Education*, 8(2), 168-186. <https://doi.org/10.19126/suje.418532>
- Sevimli, E. (2022). Evaluation of the activities developed by mathematics teachers using an online statistics learning platform. *Journal of History School*, 60, 3033-3067. <http://dx.doi.org/10.29228/Joh.57806>
- Sitrava, R. T. (2017). Pre-service mathematics teachers' concept images of algebraic expressions and equations. *Cumhuriyet International Journal of Education*, 6(2), 249–268. <https://doi.org/10.30703/cije.331098>
- Soylu, Y. (2008). 7th grade students' interpretation of algebraic expressions and letter symbols (variables) and the mistakes made in this interpretation. *Selçuk Üniversitesi Ahmet Keleşoğlu Eğitim Dergisi*, 25, 237-248.
- Speer, W. (2009). Virtual manipulatives: Potential instructional hazards and possible design-based solutions. In *epiSTEME-3: International conference to review research in science, technology, and mathematics education* (pp. 162-167).
- Stacey, K., & Macgregor, M. (2000). Learning the algebraic method of solving problems. *Journal of Mathematical Behaviour*, 18(2), 149-167.
- Stacey, K., Chick, H., & Kendal, M. (2004). *The future of the teaching and learning of Algebra*. Kluwer Academic Publishers.
- Tall, D. O. (2005). The Transition From Embodied Thought Experiment and Symbolic Manipulation to Formal Proof. Proceedings of Kingfisher Delta'05. *Fifth Southern Hemisphere Symposium on Undergraduate Mathematics and Statistics Teaching and Learning*. 1-16.
- Uzundağ, K. (2016). *Primary school students' errors in arithmetic operations, ordering, equation and inequality solutions*. [Unpublished master dissertation]. Adnan Menderes University.
- Van Amerom, B. A. (2002). *Reinvention of early algebra: Developmental research on the transition from arithmetic to algebra*. [Unpublished doctoral dissertation]. University of Utrecht.
- Van de Walle, J. A. (2007). *Elementary and middle school mathematics*. Pearson.
- WisWeb, (2017). http://www.fi.uu.nl/wisweb/applets/mainframe_en.html
- Yeniçeri, Ü. (2013). *The effect of using virtual manipulatives on students' success in teaching fractions sub-learning domain outcomes in the primary school 6th grade mathematics curriculum*. [Unpublished master's dissertation]. Gazi University.

- Yenilmez, K., & Yaşa, E. (2008). Primary school students' misconceptions in geometry. *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 21(2), 461-483.
- Yıldızhan, B., & Şengül, S. (2017). [Examining 6th grade students' misconceptions about the meaning of letters in the context of the transition process from arithmetic to algebra and comparing them with students' mathematics attitudes and self-efficacy. *The Journal of International Lingual, Social and Educational Sciences*, 3(2), 249-268.

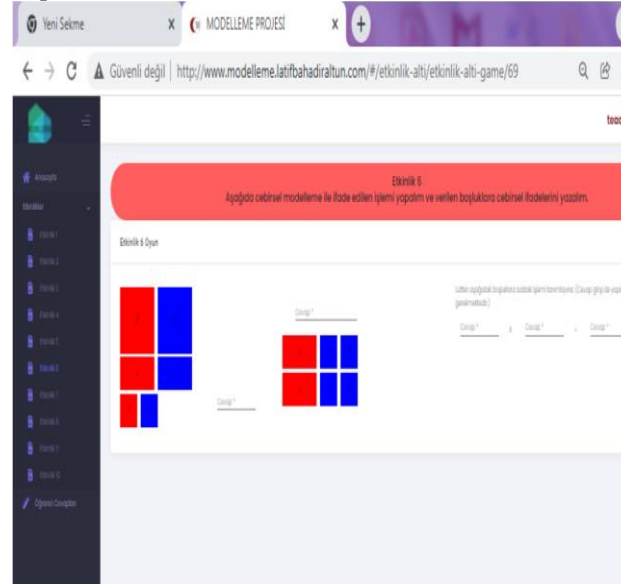
APPENDIX A

Virtual Manipulative Activity Examples

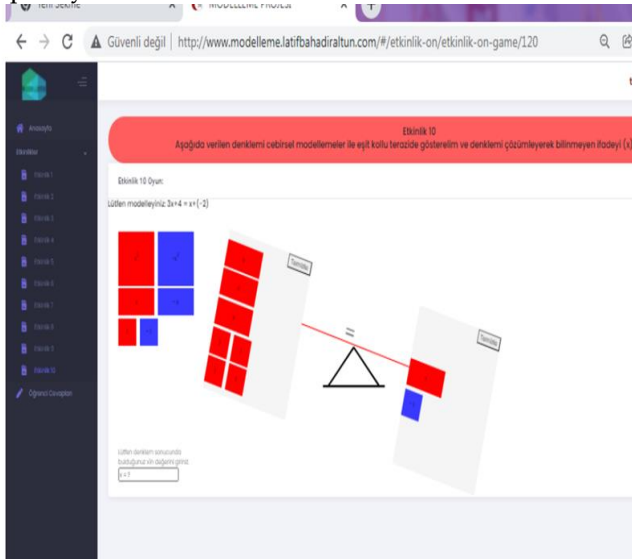
1) Performs addition and subtraction operations with algebraic expressions.



2) Multiplies a natural number and an algebraic expression.



3) Understands the principle of conservation of equality.



4) Solve first degree equations with one unknown.

