

Contributions of GeoGebra to the Spatial Visualisation Skills of Secondary School Students and Teachers' Opinions*

Gülfem SARP KAYA AKTAŞ**
Furkan ERDOĞAN ***

Abstract: The aim of this study is to examine teachers' views on the use of GeoGebra software in the development of students' spatial visualization skills in the subject of "View of Objects from Different Directions" at the seventh grade level. The research was designed using simultaneous triangulation design, one of the mixed research techniques. The study group was selected by purposeful sampling method. The study group consisted of 5 secondary school mathematics teachers who actively used GeoGebra software in their classes during the 2021-2022 academic year in the İskenderun district of Hatay province, and 26 students from the schools where these teachers work, including 13 students in the experimental group who learned with GeoGebra and 13 students in the control group who did not. The data were collected through a semi-structured interview form and a spatial visualization test and analyzed by content analysis and independent samples t-test. As a result of the interviews with the teachers, it is seen that the GeoGebra application has advantages such as providing students with three-dimensional thinking skills, making students interested and attentive to the lesson, and supporting their active participation in the lesson, but it also has disadvantages such as not being suitable for every acquisition, a lack of technological facilities, and insufficient course time. It was concluded that for the development of spatial visualization skills, teachers conducted necessary activities and studies in the classroom and mostly used GeoGebra application. In the spatial visualization test, a significant difference was found between the test scores of the students in the experimental and control groups, and it was also figured out that this difference was in favor of the experimental group.

Keywords: GeoGebra, view of objects from different directions, spatial visualisation, mathematics teachers.

GeoGebra'nın Ortaokul Öğrencilerinin Uzamsal Görselleştirme Becerilerine Katkıları ve Öğretmen Görüşleri

Öz: Bu araştırmanın amacı, yedinci sınıf seviyesinde "Cisimlerin Farklı Yönden Görünümü" konusunda öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisinin gelişiminde GeoGebra yazılımının kullanımına yönelik öğretmen görüşlerini incelemektir. Araştırma karma araştırma tekniklerinden eş zamanlı üçgenleme deseni kullanılarak tasarlanmıştır. Çalışma grubu amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiştir. Çalışma grubunu 2021-2022 eğitim-öğretim yılında Hatay ilinin İskenderun ilçesinde, dersinde GeoGebra yazılımını aktif şekilde kullanan 5 ortaokul matematik öğretmeni ve bu öğretmenlerin görev yaptığı okuldan GeoGebra ile öğrenim gören 13 deney grubu ve görmeyen 13 kontrol grubu olmak üzere 26 öğrenci oluşturmaktadır. Araştırmada veriler yarı yapılandırılmış görüşme formu ve uzamsal görselleştirme testi ile toplanarak içerik analizi ve bağımsız gruplar t-testi ile analiz edilmiştir. Öğretmenlerle yapılan görüşmeler sonucunda GeoGebra uygulamasının öğrencilere üç boyutlu düşünme becerisi kazandırması, öğrencilerin derse karşı ilgili ve dikkatli olmalarını sağlaması, derse aktif katılımlarını desteklemesi gibi avantajlarının olduğu bunun yanında her kazanım için uygun olmaması, teknolojik imkân ve ders süresi yetersizliği gibi dezavantajlarının olduğu görülmektedir. Uzamsal görselleştirme becerisinin gelişimi için öğretmenlerin sınıfta gerekli etkinlik ve çalışmalar yaptıkları, çoğunlukla da GeoGebra uygulamasından faydalandıkları sonucuna ulaşılmıştır. Uzamsal görselleştirme testinde deney ile kontrol grubundaki öğrencilerin test puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ve bu farkın deney grubu lehine olduğu da tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: GeoGebra, cisimlerin farklı yönden görünümü, uzamsal görselleştirme, matematik öğretmenleri.

*Bu çalışma ikinci yazarın birinci yazar danışmanlığında tamamlanan yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

**Sorumlu yazar, Doç.Dr., Çukurova Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Adana-Türkiye, ORCID: 0000-0002-1518-2412, e-posta:gsarpkaya@cu.edu.tr

***Öğrt., Milli Eğitim Bakanlığı, Hatay-Türkiye, ORCID: 0000-0002-9269-0541, e-posta:furkanerdgann@gmail.com

Introduction

Today, the importance of technology is increasing day by day. Thanks to the development of Information and Communication Technology (ICT), people save a lot of time and labour. Technology has shown great development in the field of education as in any other field. It can be seen that the Ministry of National Education [MoNE] attaches importance to the use of technology in education with its practices (Fatih Project, EBA, etc.). As mathematics is an abstract science, students have difficulties in learning it. Traditional approaches to learning and teaching are inadequate for the development of basic mathematical skills, and therefore these approaches need to be reviewed and revised in line with the developments brought about by the age (MoNE, 2011). The applications and software developed in the field of mathematics with the developing technology have made mathematics teaching easier and the subjects more comprehensible since visualisation is involved. Geometry, which is one of the learning areas of mathematics, is among the courses that students have difficulty in (Karakuş, 2008). In order for geometry teaching to be effective, students should gain geometric skills and spatial ability in the form of meaningful learning and should not be transferred only with formulas and drawings (Şeker & Erdoğan, 2017). Because students see geometry as memorizing shapes and formulas, but attention should be drawn to the usage areas and functional aspects of geometry in daily life (Olkun & Aydoğdu, 2003). Geometry contributes to students' spatial thinking skills and is effective in developing various skills such as creativity, critical thinking, and three-dimensional thinking. It has been observed that students can learn the subjects better especially when computer-assisted instruction is included in geometry subjects (Küçük Demir & Çolakoğlu, 2018). Geometry in general, the blackboard is used during teaching in the lessons, and additional resources other than notebooks and books that would enrich learning and attract students' attention more are not used. As a result, students are expected to develop their spatial skills (Ersoy & Duatepe, 2003).

The first step in the concept of learning is to draw the student's attention to the lesson and to show desire. With the development of technology, computers are one of the technological tools that attract the most attention. For this reason, the use of computers in mathematics lessons will both attract students' attention and ensure their active and enthusiastic participation in the lesson. Computers provide a great benefit in concretizing abstract concepts, as they are graphical and computational tools and offer visualization opportunities. In this way, computers serve as an important bridge for revealing students' knowledge and skills in mathematics lessons (Baki, 2008). Studies have also shown that the use of technology in mathematics and geometry teaching increases student achievement (Botana, 2014; Erbaş & Yenmez, 2011; Şimşek & Yücekaya, 2014; Yıldız, 2009).

Many teaching software have emerged with the development of technology. Especially in the field of mathematics, dynamic geometry software (DGS) has made a great contribution to students' learning of the subject (Aktümen et al., 2011). The American National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) emphasized that materials, drawings and dynamic geometry software should be available for better understanding of geometry (NCTM, 2000). With Dynamic Geometry Software (DGS), students can create shapes more easily or examine ready-made shapes (MoNE, 2013). Thanks to DGS students can interpret shapes and with each other associate, make inferences using visuality, develop three-dimensional thinking and spatial visualisation skills, and better comprehend the properties of shapes. Thanks to these softwares, it has been observed that students' creative thinking, problem solving, association, etc. skills improve, and they exhibit positive attitudes towards mathematics (Çetin et al., 2015). These softwares save students from the classical learning process and enable them to make inferences, discover theorems and try them out (Güven & Karataş, 2005). While DGS environments enable students to reach inductive and deductive conclusions, students are able to construct knowledge and generalize (Baydaş, 2010).

GeoGebra, a dynamic geometry software, is a free software used in the learning process from the second level of primary education to university (Hohenwarter & Preiner, 2007). The GeoGebra program is advantageous for users in that it is not only easy to use both on the phone and computer but also it is translated into many languages. With the updated versions of the GeoGebra program, the ability to create three-dimensional objects has been added (Aktümen et al., 2011). GeoGebra combines Computer Algebra Systems (CAS) with symbolic computation, visualisation and symbolic computation capabilities and Dynamic Geometry Systems with interchangeability and ease of use (Hohenwarter & Lavicza, 2007). Since GeoGebra works on mathematical concepts such as points, lines, conic sections and similar mathematical concepts, it can be considered as DGS in one aspect. On the other hand, it can be considered as a CAS in the sense that points, coordinates, equations and functions can be entered directly, defined algebraically and changed dynamically (Hohenwarter & Lavicza, 2007).

The GeoGebra program allows the created shapes to be viewed from different directions, rotated and displaced. It supports students to learn mathematics through active learning. With the dynamic structure of GeoGebra, students can explain interconnected relationships by moving objects while solving problems, thus providing permanent learning opportunities. Some students have difficulty in finding the appearance of shapes from different directions when they rotate them. Therefore, it creates problems in imagination, visualisation and three dimensions. Visualisation requires

visualizing the displacement between the whole or parts of a shape (Maier, 1996). Spatial visualisation ability is significant in mathematics learning (Battista, 1990). NCTM (2003) stated that mathematics teachers should be able to use spatial visualisation skills to perceive geometric shapes and determine their properties, construct and represent 2- and 3-dimensional shapes, and think about the appearance of shapes and objects from different directions. Studies have shown that spatial visualisation skills can be developed with the use of concrete materials, games, different teaching methods and computer-assisted teaching environments (Olkun, 2003; Turğüt, 2010; Yıldız & Tüzün, 2011). In addition, many studies have shown that GeoGebra and other dynamic geometry software improve spatial visualisation skills (Elfa et al., 2021; Karaaslan, 2013; Toptaş & Karaca, 2017; Yulian et al., 2020). For this reason, it can be said that GeoGebra application is a software that can be easily used in the topic of the views of objects from different directions in the 7th grade middle school mathematics curriculum. In this geometry topic, it was observed that students could not use their spatial skills sufficiently while drawing the views of the shapes from different directions, and they lacked spatial visualisation skills while creating the shape whose views are given from different directions (Çetin et al., 2015). When reviewing the literature, the majority of studies examined the effect of GeoGebra software on students' academic performance (İçel, 2011; Khalil et al., 2017; Mercan, 2012; Şimşek & Yaşar, 2019). Very few studies have examined the opinions of teachers or students (Aktümen et al., 2011; Çörekçioğlu, 2019; Kutluca & Zengin, 2011). It is important to take the opinions of teachers, who are one of the basic elements of education and who will use the GeoGebra software more. It is important to study GeoGebra software in accordance with teachers' opinions, to emphasise its advantageous aspects such as the benefits it provides to teachers, improving students' skills and providing meaningful learning, and to popularise the use of GeoGebra in the classroom. In this study, the topic of viewing objects from different directions was limited. This topic was chosen because it was thought that students could perceive shapes better with unit cubes and develop their spatial visualisation skills faster. It was predicted that they would be able to perceive more complex shapes (prisms, pyramids, etc.) that they would encounter in the next grade more easily. The results obtained from the study are considered important in terms of providing resources for future studies on different mathematical topics, as it is believed that this deficiency will cause greater difficulties in understanding three-dimensional shapes such as prisms, pyramids, etc. in the future. For this reason, the aim is to reveal the opinions of mathematics teachers about the contribution of GeoGebra, a dynamic geometry software, to the development of students' spatial visualisation skills. For this purpose, the problem of 7th grade students' spatial visualisation skills with GeoGebra and the views of mathematics teachers were investigated. In order to find a solution to this problem, the following sub-problems were identified.

1. Is there a significant difference between the spatial visualisation skills of students of mathematics teachers who use GeoGebra software and the spatial visualisation skills of mathematics teachers who do not use GeoGebra software?
2. What is the opinion of the mathematics teachers about the use of GeoGebra software?
3. What are the views of mathematics teachers about their spatial visualisation skills?
4. What are the opinions of mathematics teachers about the effect of spatial visualisation skills on the solvability of HSTE (High School Transition Examination) mathematics questions?

Method

The study used a mixed methods approach in which qualitative and quantitative data were collected and analysed. Mixed methods research involves the collection, analysis and interpretation of qualitative and quantitative research data within a single study or studies (Leech & Onwuegbuzie, 2009). In this study, the concurrent triangulation model was used according to Creswell's (2003) typology of mixed methods research. In this design, quantitative and qualitative data are collected and analysed simultaneously. Both types of data are given equal priority. Data analysis is usually carried out separately and the data are combined in the interpretation. Aggregation is the triangulation of data, which involves discussing how closely the data agree.

Research Sample

The criterion sampling method of purposive sampling was used to determine the study group. In this context, the study group of the research consisted of 5 middle school mathematics teachers who actively used GeoGebra software in their classes in the 2021-2022 academic year in İskenderun district of Hatay province and 26 students who were and were not taught with GeoGebra from the school where these teachers worked. The names of the teachers were coded as T1, T2, T3, T4, T5. The characteristics of the teachers are shown in Table 1.

Table 1.
Characteristics of Teachers

Teachers	Features				
	Gender	Seniority Year	Class Level	School	Lesson Hours
T1	Male	4	5th, 6th and 7th grade	Center	20
T2	Female	3	6th, 7th and 8th grade	Center	19
T3	Female	4	7th and 8th grade	Center	26
T4	Female	3	5th and 7th grade	Center	21
T5	Female	9	6th and 7th grade	Center	21

Data Collection Tools

Semi-structured Interview Form

The study used a semi-structured interview form to obtain teachers' opinions. In semi-structured interviews, the researcher prepares the interview form in advance with the questions he/she intends to ask. Depending on how the interview goes, the researcher can ask alternative questions and ask the interviewee to elaborate on the questions (Bogdan & Biklen, 2007; Patton, 2002). The interview form aims to elicit teachers' views on the usefulness of the GeoGebra software, its contribution to the classroom and its impact on the development of students' spatial visualisation skills. In preparing the interview form, the literature was first reviewed and a draft form was prepared by the researcher. Three experts in mathematics education, a graduate student in mathematics education and a mathematics teacher were consulted on the form, necessary corrections were made and the interview form was finalised.

Spatial Visualisation Test

In the study, the Spatial Visualisation Test (SVT) developed by Dokumacı Sütçü (2017) was used to evaluate the spatial skills of the students who participated in the lessons of teachers who taught with GeoGebra. As a result of the reliability study, the KR-20 internal consistency coefficient for the overall test was calculated as .78 and it was stated that the test was reliable.

Application

In the study, a "semi-structured interview form" was used to investigate the opinions of teachers who know and use GeoGebra software about the effects of the software on the course process and the students. The "Spatial Visualisation Test" was used to measure the spatial visualisation skills of the students who were taught with GeoGebra software during the course. The necessary legal permissions were obtained from Hatay Provincial Directorate of National Education before the data collection. The interview form was administered to 5 secondary school mathematics teachers. After obtaining the teachers' permission, the interview was recorded. The spatial visualisation test was administered to 13 students in the class of the teachers who used the software during the lesson and 13 students in the class of the teacher who did not use the software during the lesson. The data collection process lasted approximately 2 months in April-May of the 2021-2022 academic year. The implementation steps are shown in Table 2.

Table 2.
Implementation Steps

Weeks	Applications
Week 1	Building structures with unit cubes
Week 2	Finding the number of unit cubes in structures
Week 3	Visualizing the different views of the structures formed with unit cubes from different directions
Week 4	Drawing different views of structures formed with unit cubes from different directions
Week 5	Constructing the structures in the mind given the view from different directions
Week 6	Creating structures viewed from different directions
Week 7	Implementation of the spatial visualisation test
Week 8	Conducting interviews with teachers

Data Analysis

The technique of content analysis was used to interpret the data collected as a result of interviews with mathematics teachers. Through content analysis, an attempt is made to define the data; the data that are found to be similar and related to each other are interpreted by bringing them together within the framework of certain concepts and themes. Content analysis systematically defines the content of participants' opinions (Altunışık et al., 2010). The purpose of this analysis is to define the GeoGebra application, determine its advantages/disadvantages and areas of use, and reveal its impact on spatial visualisation skills (Loeb et al., 2017). Data analysis in qualitative research involves preparing the data for analysis, coding the data, combining the codes under categories and themes, and interpreting them (Creswell, 2020). In this dissertation, after the data from the interviews were coded, the categories associated with the codes were created and analysed by determining the themes associated with the categories. This process was repeated at the end of each interview and all data were analysed together in a holistic manner.

In the coding process, the most frequently repeated words, phrases and sentences were determined by reading the interview texts. Following the frequency of the determined words and word groups, the data were selected and the concepts belonging to the subject were determined. Coding was done manually without the support of any software program.

After the manual coding process by the second author, the second step was to combine the codes and form categories. Once the categories had been determined, taking into account the similarities and differences of the concepts identified in the coding process across the pieces of text, the codes and categories were combined by the second author to arrive at the themes. For validity and reliability, some of the data were coded by the first author and the percentage of agreement [reliability = agreement/ (agreement + disagreement)] suggested by Miles and Huberman (1994) was used and as a result of the calculation it was determined that the percentage of agreement was 82%.

In order to protect the confidentiality of the participants while reflecting the results of the data obtained, the names of the teachers interviewed were coded with numbers and given as T1, T2, In the research, validity was increased by transferring the teachers' opinions, supported by direct quotations.

The themes and categories identified as a result of the content analysis of the data obtained from the semi-structured interviews in the present study are presented in Table 3 below.

Table 3.
The Themes and Categories Obtained from Semi-structured Interviews

Theme	Category
GeoGebra App	Positive/negative aspects of GeoGebra application
	Using GeoGebra application
	Shortcomings in the use of GeoGebra application
	Subjects where GeoGebra application is used
Spatial Visualisation Skills	Definition of spatial visualisation skill
	Development of spatial visualisation skills
	Measurement tool for spatial visualisation skills
	The effect of spatial visualisation skills on HSTE mathematics questions

In the spatial visualisation test, each correct answer given by the students was scored as 1 point and each incorrect answer was scored as 0 points. SPSS 25.0 was used to analyse the data obtained from the spatial visualisation test. In the analysis stage, $p < .05$ was taken as the significance level. The statistical techniques used were arithmetic mean, standard deviation, skewness and kurtosis. The skewness and kurtosis coefficient values were examined to understand whether the students' test scores showed a normal distribution. In addition, both tests can be used to calculate normal values. If the group size is smaller than 50, the Shapiro-Wilk test is applied, and if the group size is larger than 50, the Kolmogorov-Smirnov (K-S) test is applied (Büyüköztürk et al., 2016). Since the group size was smaller than 50, normality was tested using the Shapiro-Wilk test. Since the significance level of the test was accepted as 0.05, the results were interpreted accordingly.

The independent samples t-test was used to find out whether there was a significant difference between the test scores of the students of the teachers who used GeoGebra in their lessons and the students of the teachers who did not use GeoGebra.

Findings

Semi-structured Interview Form Findings

In order to determine the positive and negative aspects of using GeoGebra, the participants were asked the question "What do you think are the positive and negative aspects of using GeoGebra in the classroom? The answers given by the participants to this question are shown in Table 4.

Table 4.

What do you think are the positive and negative aspects of using GeoGebra Application in lessons? Teacher Opinions Regarding the Question

	Codes	Participant				
		T1	T2	T3	T4	T5
Positive	Three-dimensional thinking	✓	✓	✓	✓	✓
	Attracting attention and interest in the lesson				✓	✓
	Developing types of intelligence		✓			
	Learning by doing and experiencing				✓	
Negative	Difficulty of use	✓				
	Lack of technological facilities		✓			✓
	Insufficient class time					✓
	Not suitable for every achievement	✓	✓	✓	✓	✓
	Not being able to practice with every student			✓	✓	

Looking at Table 4, T1, T2, T3, T4 and T5 are as follows: GeoGebra application contributed to 3D thinking skills, T4 and T5 stated that it attracted attention and interest to the lesson, T2 stated that it developed intelligence types, T4 stated that it contributed to learning by doing and experiencing. As for the negative aspects of GeoGebra application, T1 stated the difficulty of using the application, T2 and T5 stated the insufficiency of technological facilities in schools, T5 stated the insufficiency of lesson time, T1, T2, T3, T4 and T5 stated that the application was not suitable for every learning outcome, and two participants stated that there was no opportunity for every student to practice.

Below are the responses of some of the participants.

"The positive aspects are that it enables students to visualise and imagine three-dimensional shapes. Because there are many shapes in mathematics, especially in geometry subjects, and students cannot visualise or imagine three-dimensional shapes. GeoGebra is very useful for this. It gives students three-dimensional thinking skills. As a negative aspect, at first it was difficult to use the programme while learning, but then as we learn and improve ourselves, we can make progress in the programme. I do not think it is suitable for teaching every subject because there are subjects in mathematics that do not require three dimensions. There are also subjects with more flat operations. I have not used GeoGebra in these subjects. It did not make much sense to use it." (T1).

"I think that people generally have difficulties in three-dimensional thinking. I think that the GeoGebra program is a program that facilitates us in three-dimensional thinking. As for the negative aspects, sometimes when we show the subject while explaining it, I believe that it is sufficient in terms of time, but I think that we may have difficulties in getting students to apply the GeoGebra program to all students, especially in crowded classes. I think it is more suitable for subjects that require three-dimensional thinking rather than teaching every subject" (T3).

Among the answers given, the idea that GeoGebra application contributes to three-dimensional thinking comes to the fore among the positive aspects of GeoGebra application. The idea that stands out as a negative aspect is that the GeoGebra application is not suitable for teaching every acquisition and subject.

Using Geogebra Application

In order to find out how the participants use the GeoGebra application in the classroom, the question "How do you use the GeoGebra application in your lessons? The answers of the participants to this question are shown in table 5.

When Table 5 is examined, T1, T2, T3, T4 and T5 stated that they used GeoGebra application via smart board, T5 stated that they watched videos about the application, and T4 stated that they used GeoGebra application by using the official website.

Table 5.*How do you use GeoGebra Application in your lessons? Teachers' Views on the Question*

Codes	Participant				
	T1	T2	T3	T4	T5
Smart board	V	V	V	V	V
Watching a video					V
GeoGebra official site				V	

Below are the responses of some of the participants.

"I use it on the smart board. It shows how to use it through the activities in the textbooks and I use it according to them, in accordance with them" (T3).

"I had already received training on GeoGebra in an elective course at university. I have ready-made materials that I made then. Or I can download the appropriate ones from the GeoGebra application's own site and make them from there. But I mostly use them on the smart board."(T4).

"I think that we can actually do it at home beforehand in a prepared way, record it and use it that way" (T5).

In order to find out what the participants did to overcome the deficiencies they experienced while using the GeoGebra application, the question "What do you do to overcome your deficiencies in using the GeoGebra application?" was asked. The answers of the participants to this question are given in table 6.

Table 6.*What do you do to overcome your deficiencies in the use of GeoGebra Application? Teacher Opinions Regarding the Question*

Codes	Participant				
	T1	T2	T3	T4	T5
Watch video	V		V	V	
Participation in training-seminars				V	V
Departmental cooperation		V			
Article-thesis research			V		

Looking at Table 6, we can see that T1, T3 and T4 said they watched videos, T4 and T5 attended trainings and seminars, T2 collaborated with his class and T3 got help from articles and theses to overcome the deficiencies in using GeoGebra application.

Below are the responses of some of the participants.

"Since it changes from subject to subject, sometimes there are applications that I do not know. I try to overcome my deficiency by researching and getting help from my teachers" (T2).

"I have already seen that I have deficiencies over time. I do research to overcome these deficiencies. I watch videos on the internet. If there are articles, I read them. I try to overcome them in this way" (T3).

"I do research to overcome my deficiencies. I watch videos on YouTube or try to follow seminars and trainings" (T4).

"That's why I signed up for a training about GeoGebra. It is a two-week training in Adana. It is given by an expert friend of mine. I hope to overcome my deficiencies with it" (T5).

When analysing the answers given, it was found that the participants mostly tried to overcome their deficiencies by watching videos about GeoGebra application and attending trainings and seminars about GeoGebra application.

Subjects in which GeoGebra Application is Used

In order to find out the subjects in which the participants used GeoGebra application, the question "In which subjects can you use GeoGebra application in teaching? The answers of the participants to this question are shown in table 7.

Table 7.*Which subjects can you use GeoGebra Application in teaching? Teacher Opinions Regarding the Question*

Codes	Participant				
	T1	T2	T3	T4	T5
Geometry topics	V	V	V	V	V
Prisms	V	V	V	V	V
View of objects from different directions	V	V	V	V	V
Coordinate system			V		
Fractions		V			

When Table 7 is examined, it is seen that T1, T2, T3, T4 and T5 used GeoGebra application on geometry subjects, prisms and the appearance of objects from different directions, T3 on coordinate system and T2 on fractions.

Below are the responses of some of the participants.

"... especially with three-dimensional objects, it is sometimes difficult for students to visualise an object from different directions. In other words, if we tell a student to look at this shape from behind, it may be difficult for the student to visualise it in his or her mind. In other words, instead of going behind the shape and looking at it, we make the student imagine a shape thanks to GeoGebra, and when we rotate it and see that it really is like that, the student is actually surprised that it is like that". (T1).

"While it can be used to some extent for fractions, it can be difficult to use the GeoGebra application for addition and subtraction, when explaining exponential expressions. I think seventh graders will be very good at looking at these objects from different directions. As it is a three-dimensional application, sometimes children cannot see what objects look like from different directions, the dimensions of objects located below, in the corner and inside. GeoGebra can also be used to teach three-dimensional objects such as prisms." (T2).

"I think it is more suitable for subjects that require three-dimensional thinking, rather than teaching every subject, because these are, for example, folding questions, or views of the object from different directions, coordinate system. We often see that students have difficulties with things that require three-dimensional thinking. GeoGebra allows the students to visualise this more easily in their minds. At this stage I think it is mostly used in these subjects. It allows the children to see the shapes from different directions and rotate the shape when we come to the seventh grade topic of the appearance of objects from different directions. And when they encounter it in another question, I think the students can visualise it better in their minds." (T3).

"In general I think it is more useful in geometry because in geometry it is very difficult to do drawings on the board in a limited amount of time. So I use GeoGebra more in geometry because there are ready-made drawings and we can intervene in these drawings by hand. I also use it for prisms. Even in the seventh grade we were struggling to explain how objects look when viewed from different directions. Unfortunately, it was difficult for them to visualise how we would communicate this to the students. I can say that I use it a lot in this subject." (T4).

"I use it especially in geometry subjects. I mean, if I worked in high school, these areas would have increased much more, but in the seventh grade, for example, I take cubes and give them cubes from different directions so that the materials touch their hands. Then I explain this with GeoGebra using the top view from right and left, but since I want them to be in contact with the materials first, I support the children to create a shape with those cubes themselves and to see from right and left. Of course, I use GeoGebra at the last stage" (T5).

When analysing the answers given, it can be seen that the students benefit most from using GeoGebra in geometry subjects that require three-dimensional thinking and viewing objects from different directions.

Spatial Visualisation Skills

Definition of Spatial Visualisation Skill

In order to find out what spatial visualisation skills meant to the participants, they were asked the question "What do you think spatial visualisation skills are? The participants' answers to this question are shown in Table 8. Looking at Table 8, we can see that T1, T2, T3, T4 and T5 defined spatial visualisation ability as the ability to think in 3D, T1, T2, T3 and T4 defined it as the ability to visualise and move in the mind, T2 and T3 defined it as the ability to rotate the shape in the mind, and T4 and T5 defined it as the ability to combine shapes in the mind and make their extensions.

Table 8.*What do you think Spatial Visualisation Skill is? Teacher Opinions Regarding the Question*

Codes	Participant				
	T1	T2	T3	T4	T5
Ability to think in three dimensions	V	V	V	V	V
Visualisation and movement skills	V	V	V	V	
Ability to rotate the shape in the mind		V	V		
Ability to combine shapes in the mind and make their expansions				V	V

Below are the responses of some of the participants.

"I think that spatial visualisation skill is probably the student's development of three-dimensional thinking. When I say spatial visual, I mean that I think that students visualize something that is not in front of their eyes by thinking about it in their minds and visualizing it" (T1).

"Spatial visualisation can be the ability to rotate, move and animate objects from the mind" (T2).

"It is the way students can rotate three-dimensional shapes in their minds and visualize them in their minds" (T3).

"We can say that visualising three-dimensional objects in students' minds is the skill we call spatial visualisation. In particular, seeing the different faces of objects such as three-dimensional cubes and prisms, combining them or extending them, I can say that very few of our students have this skill." (T4).

"It can be the right, left and top views of the objects or the shapes formed when they are opened in folding techniques and how the shape formed when they are closed. I also know how to combine the parts and create the shape" (T5).

Analysis of responses showed that participants generally defined spatial visualisation skills as thinking in 3D, mentally visualising shapes, performing rotation and translation operations on shapes, mentally opening closed shapes, or mentally assembling shapes from parts.

Development of Spatial Visualisation Skills

In order to find out how students can improve their spatial visualisation skills, the participants were asked the question "What can be done in the classroom to improve spatial visualisation skills? The answers given by the participants to this question are shown in Table 9.

Table 9.*What can be done in the classroom to develop spatial visualisation skills? Teacher Opinions on the Question*

Codes	Participant				
	T1	T2	T3	T4	T5
Test-worksheet	V		V		
Using materials		V	V	V	
Watching a video		V	V		V
GeoGebra application	V	V	V	V	V

When Table 9 is examined, it is seen that T1 and T3 stated that they used test-worksheet, T2, T3 and T4 used materials in the lesson, T2 and T3 watched videos, and T1, T2, T3, T4 and T5 used GeoGebra application to develop spatial visualisation skills.

Below are the responses of some of the participants.

"I give test activities related to these or I give activities to the students about rotating objects like rotating objects, opening closed shapes, etc. I also have students do activities in simple groups. Because I want to see how they do it by exchanging ideas" (T1).

"Materials can be designed for development. Videos can be watched. We can open the GeoGebra application on the smart board and enable our students to create something by themselves and learn by doing" (T2).

"Students can be given worksheets related to this. Three-dimensional visuals can be brought to the students in the classroom and shown in a concrete way. Apart from that, students can be made to watch videos related to this" (T3).

"Now, first of all, we can do this with concrete materials. With the help of paper, I cut the papers in the form of an expansion and put them back together, I make them learn by doing and experiencing by using their hand skills. I try to improve their skills by using the GeoGebra application" (T4).

Looking at the answers given, it can be seen that the participants mainly used the GeoGebra application to develop spatial visualisation skills, and also brought different materials into the classroom and did different activities with the students.

Measurement Tool for Spatial Visualisation Skills

The question "Can you examine the measurement tool to be applied to reveal students' spatial visualisation skills?" was asked to find out the participants' opinions about the questions in the measurement tool to measure spatial visualisation skills. What are your opinions about the measurement tool?" was asked. According to the participants' answers to this question, the questions in the measurement tool were categorised and shown in Table 10.

Table 10.

Could you examine the measurement tool to be applied to reveal students' spatial visualisation skills? What are your opinions about the measurement tool? Teacher Opinions Regarding the Question

Codes	Participant				
	T1	T2	T3	T4	T5
Folding questions	V	V			V
Rotation questions	V	V		V	
Counting cube questions	V	V			V
Consolidation questions	V	V		V	V
Questions on opening and closing shapes		V	V		V
View of objects from different directions questions	V		V	V	V

Looking at Table 10, T1, T2 and T5 reported that there were folding questions, T1, T2 and T4 rotation questions, T1, T2 and T5 cube counting questions, T1, T2, T4 and T5 joining questions, T2, T3 and T5 opening and closing questions, T1, T3, T4 and T5 appearing objects from different directions.

Below are the responses of some of the participants.

"Now here we actually see questions on subjects that students have difficulty with. There are questions such as folding, rotating, guessing how many cubes they consist of. Or combining shapes. As far as I look, there is a question in every field. I mean, I see folding questions, combining questions, counting the cubes in the shape, views of the shapes from different directions" (T1).

"Yes, there are questions in the test that involve combining different visuals, counting the units in them, folding and unfolding them, and rotating them. I think it is quite sufficient and appropriate for measurement" (T2).

"Yes, I think the questions were good, they went from easy to difficult. And all the questions that require students to think in three dimensions were used. Whether it's opening and closing, front, back, right and left views of shapes, the expansion of a shape. So the whole range of questions were included and the tests were done in the areas where the students were struggling. I think it is quite sufficient and good for three-dimensional thinking" (T3).

"Yes, I did my review. While reviewing, I realized that the questions go from simple to complex. There are questions such as rotating and combining shapes and the view of objects from different directions. Since it goes in certain steps to increase spatial visualisation skills in students, I think that students will gain these skills with the questions at the end. I found it sufficient" (T4).

"Looking at the test, we see that there are different sized shapes. It also seems to measure reasoning ability. Yes, there is room for combining shapes. Can I have a look, yes. The combinations again showed the paper folding techniques by folding the paper first and then unfolding the shape and showing the shape of the paper after unfolding. Yes. She talked about how many cubes, multi-cubes, unit cubes and how many cubes the three-dimensional shapes are made up of. The left and right views of the forms, the combination of the forms, the open form of the form given the closed form of the prisms, the closed form of the form given the open form. I think they are all included. It is very comprehensive. I think it is a very valid test. Good" (T5).

According to the participants' responses, the instrument had a structure ranging from simple to complex and included different types of questions (fold, combine, different views of objects from different directions, etc.). It was also seen that they stated that the measurement tool was suitable and sufficient to measure spatial visualisation skills.

The Effect of Spatial Visualisation Skills on HSTE Mathematics Questions

In order to determine the effect on solving HSTE mathematics questions, the participants were asked the question "If we improve students' spatial visualisation skills, what do you think will be the effect on solving HSTE mathematics questions?"

Below are the responses of some of the participants.

"Developing spatial visualisation skills is useful for questions. Because some of our students cannot even answer this question. But the question is not difficult. Most of them are not impossible questions. But because these skills of our students have not reached a sufficient level, they cannot do it." (T2).

"Yes, I think it can. We observe that students are quite afraid of shaped questions and we see that they are afraid of geometric geometry in itself. Once we improve these skills, I think they'll be able to solve the questions more easily because they can visualise them more easily in their minds, and confidence will settle in." (T3).

"Absolutely. It is already the most common problem we encounter with students. This kind of questions he can't understand. In other words, he cannot understand what the shape means to him. He cannot visualize it in his head. For example, he cannot visualize that a three-dimensional object can also have a back part and that it has a surface there. But I think he will gain this with this skill" (T4).

"Now in HSTE, we can say reading comprehension rather than shape questions. It is not analysis either, you know, there are very few questions with analysis and reasoning skills. I think there are also questions that exceed their purpose. Now, if we come to the questions asked about the shape, of course it will contribute a lot. Especially in geometry questions, I can say here" (T5).

Looking at the responses given by the participants, they stated that if we develop students' spatial visualisation skills, it will contribute positively to solving HSTE mathematics questions, especially since the questions containing shapes and visuals are predominant in the exam, developing this skill can guide students in solving such questions.

Other Findings about the Use of GeoGebra

They were also asked if there was anything they would like to add.

Some of those asked responded as follows:

"I think GeoGebra should be more widely used. I think that teachers should be trained to use the GeoGebra application. This training can be planned as seminars. I think that teachers should be more aware of this issue, teachers should learn how to use it and how to be more successful and effective. I hope that such trainings will take place in seminars" (T1).

"Yes, there are. Well, as you know, it is important that we in the teaching profession improve ourselves, that we do not stay in the same place, that we are dynamic. This GeoGebra There are places where we can use the application, but we can also get stuck in some parts. I think that trainings can be organised at certain times and that mathematics teachers can be trained on GeoGebra" (T2).

"Yes. I think that the use of GeoGebra should be increased and it should be encouraged in the classroom. I mean, we should give this training in the department of mathematics teaching at the university. I think that activities should be carried out to increase this use" (T3).

"Yes. Firstly, in my opinion, the number of applications like GeoGebra should increase and teachers should get more information on them. Because I know about this application because I have recently graduated. Our teacher at university mentioned it. I took an elective course on this subject, but unfortunately our teachers who are more professionally advanced do not have much knowledge about this application. I think seminars can be increased and it can be included more in textbooks. A booklet on the subject can also be developed. At the moment, for example, when I want to do research, I cannot access it directly from anywhere, there is no source for it. So a handbook can be made to help teachers get started." (T4).

"Students can be taught GeoGebra. Of course, this requires a lot of time. I think it should be given as a course at a separate time rather than during the lesson. It is not only about GeoGebra but also about dynamic geometric software such as Cabri 3D. I am also very interested in those software. I think they can inform the students about them as a course" (T5).

When analysing the answers given by the participants, it can be seen that most of them think that trainings and seminars on the use of GeoGebra should be given and that GeoGebra and similar applications should be included as a course in university education. They also stated that textbooks should include visuals and activities to support GeoGebra and encourage its use. In this way, they stated that teachers can improve themselves and use the application more effectively.

Findings on the Distribution of Spatial Visualisation Tests Results

In order to compare the results of the study and control groups on the "SVT", the assumption of a normal distributed data was first examined. In this context, descriptive statistics, skewness and kurtosis values and histogram plots of the spatial visualisation test of the study and control groups were examined. In addition, the normality assumption was tested using the Shapiro-Wilk test. Descriptive statistics, skewness, kurtosis and Shapiro-Wilk test results of the performance tests of the study and control groups are presented in Table 11.

Table 11.

Descriptive Statistics Values Related to the Scores of the SVT

Measurement	Group	N	\bar{X}	Ss	Skewness	Kurtosis	Shapiro-Wilk Test
SVT	Study	13	23.46	2.47	.113	-1.225	.927 ($p=.316$)
	Control	13	11.23	3.76	-.002	.137	.985 ($p=.995$)

Another way of determining whether the distribution of data from the study and control groups is normal is to look at the coefficients of kurtosis and skewness. For measurements with a normal distribution, it is expected that the scores will not deviate excessively from normal. Tabachnick and Fidell (2013) highlighted that if skewness and kurtosis scores were within ± 1.50 , then they were normally distributed. As seen in Table 10, when the kurtosis and skewness values are examined, the fact that the SVT test results are in the range of "+1.50" and "-1.5" in the normality test for the data of the study and control groups indicates that these values have a normal distribution.

As shown in Table 11, when examining the Shapiro-Wilk values of the study group (Shapiro-Wilk = .927, $p=.316$) and the control group (Shapiro-Wilk = .985, $p=.995$), it was determined that the SVT values of the study and control groups had a normal distribution at the significance level of $p > .05$.

To determine whether there was a significant difference between the Spatial Visualisation Test performance scores of the study and control groups, an independent samples t-test was used and the data are presented in Table 12.

Table 12.

Independent Samples T Test Results Regarding the Achievement Scores of the Groups in the SVT

Measurement	Group	N	\bar{X}	Ss	t	Sd	p
SVT test	Study	13	23.46	2.47	9.789	1.249	.000
	Control	13	11.23	3.76			

Looking at Table 12, the mean score of the study group students was $\bar{X}=23.46$, while the mean score of the control group students was $\bar{X}=11.23$. The mean achievement scores of the students in the study group were higher than the mean achievement scores of the students in the control group. Furthermore, according to the results of the t-test conducted to determine the significant difference between the mean achievement values of the study group and the control group, a significant difference was found between the means [$t(1.249) = 9.789$; $p < .05$]. The difference found is in favour of the study group. This result can be interpreted to mean that the instruction with the GeoGebra application applied to the students in the study group improved their spatial visualisation skills.

Discussion & Conclusion

Positive and Negative Aspects of GeoGebra Application

The results of the findings regarding the positive and negative aspects of the GeoGebra application can be summarised as follows: It was found that teachers think that GeoGebra application improves students' three-dimensional thinking skills in a positive way. This is because, thanks to the GeoGebra application, activities such as seeing, moving, rotating shapes in the three-dimensional plane, opening the closed shape and closing the open shape can be carried out. In addition, since it is very easy to see the views of the object constructed with unit cubes from different directions, it was concluded that it contributed significantly to the students' three-dimensional thinking skills. In their study, Zengin et al. (2013) concluded that the use of dynamic mathematical applications facilitates pre-service teachers' understanding and provides permanence, visualisation, concretisation and three-dimensional thinking. Baydaş, Göktaş, and Tatar (2010), in

their study with pre-service teachers, concluded that the GeoGebra program provides concretization due to its visualisation feature, provides convenience in drawing difficult shapes, provides an opportunity to make generalizations by moving from part to whole, improves three-dimensional thinking, and helps students move away from memorization.

It was found that the teachers found the GeoGebra application useful in attracting students' interest and attention to the lesson. Since GeoGebra is a concrete and highly visual application, it arouses students' curiosity and interest. In his study, Topuz (2017) stated that teaching with the GeoGebra program increased students' attention and interest towards the lesson, gave them the opportunity to visualise and draw shapes more easily in their minds, and facilitated students' conceptual learning. Kutluca and Zengin (2011) found in their study that teaching with the GeoGebra application in the mathematics course was more fun and interesting, and the retention of the learned information was high. Arbain and Shukor (2015), in their study investigating the effectiveness of GeoGebra on mathematics learning, showed that using GeoGebra in the classroom environment can diversify teaching and thus increase students' interest.

It was found that teachers felt that the GeoGebra application provided opportunities for learning by doing. In the GeoGebra application, teachers can create materials related to the outcomes they are going to teach, and they are always active in the teaching process thanks to activities such as moving and rotating objects, drawing their views from different directions. In addition, by giving students the opportunity to practice, they can actively involve them in the lesson. Baltacı, Yıldız, and Kösa (2015) reported that pre-service teachers felt more active in learning environments where they used GeoGebra. Based on interviews with pre-service teachers, Zengin et al. (2013) concluded that EGM applications increased students' interest in the course and provided a learning environment through learning by doing.

It was found that the teachers believed that the GeoGebra application appeals to different sensory organs and, therefore, contributes to different types of intelligence of the students. As a result of his study, Yazlık (2019) stated that the benefits of ICT in mathematics courses are to concretise concepts, provide permanent and easy learning, appeal to different types of intelligence and contribute to reasoning skills.

Regarding the negative aspects of the GeoGebra application, the teachers think that the application is difficult to use. They stated that they received very little training about GeoGebra at the university and that they tried to learn and discover the application by their own efforts, so they experienced difficulties and shortcomings in using it. They also stated that it is difficult to use the GeoGebra application in schools where there are not enough technological facilities. Although it was said that the lesson time was generally sufficient, some teachers stated that they had problems in this regard. All teachers agreed that the GeoGebra application is not suitable for every acquisition. In general, the teachers stated that they used the application more in geometry subjects and used other methods in teaching other subjects. Teachers who stated that they did not have enough time stated that they could not use the application for every student because of this. Zengin et al. (2013), in their study in which they collected the opinions of pre-service teachers about dynamic geometry applications, concluded that the difficulties of these applications are the inadequacy of computer use and the time consuming preparation of materials. Çörekçioğlu (2019), in his study, concluded that it might be more appropriate to use GeoGebra when necessary instead of using the software continuously due to the problem of time, the need for prior preparation and the intensity of the curriculum. Baydaş (2010) stated in his study that although teachers have a positive view of technology, they have problems with access to technology, which is one of the problems that prevent the use of technology in the classroom. Baltacı, Yıldız, and Kösa (2015), in their study on the opinions of pre-service teachers, stated that pre-service teachers have some difficulties with the technical features of the software and that they have difficulties in using it. As a result, pre-service teachers stated that in order to fully use the software, they had to learn all the tools in the software, which took time.

Using Geogebra Application

Teachers were asked what tools and materials they used when using the GeoGebra application. It was concluded that teachers generally used the GeoGebra application via the Smart Board. In addition, it was concluded that some teachers videotaped the activities they prepared with GeoGebra and taught the class in this way in order to use time more efficiently, while others preferred to use ready-made materials from the GeoGebra website. In general, considering that the Smart Board is an important tool to attract students' attention and because of its ease of use, it was found that it was more beneficial for teachers to use the GeoGebra application through the Smart Board. A similar result can be seen in the study of Gençoğlu (2013). In his study, Gençoğlu (2013) investigated the effect of teaching with smart board and computer on students' achievement. He found that teaching in both learning environments increased students' achievement, according to the results of the study. However, it was found that teaching using smart board increased students' achievement more.

Deficiencies in the Use of GeoGebra Application

As a result of the interviews with the teachers, it was concluded that the teachers had deficiencies in using the GeoGebra application. When asked what they did to overcome these deficiencies, some of them said that they watched videos about GeoGebra on the Internet and learned by trial and error using the application by watching the videos. Some teachers stated that they attend training sessions and seminars because they have the opportunity to ask questions about the GeoGebra application face to face and get feedback. It was concluded that some of them overcome their deficiencies in the application by exchanging ideas with their own teachers and some of them improve themselves by studying articles and theses. In their study, Kutluca and Zengin (2011) stated that MoNE should provide in-service training for teachers to use applications such as GeoGebra more effectively and efficiently. In his study, Çörekçiöğlü (2019) concluded that some of the teachers who used the GeoGebra application, but did not attend a course, learned it by researching it on the internet on their own and that seminars and courses for teachers on the GeoGebra software are insufficient, so it is appropriate that activities informing teachers on the subject should be organised and effectively delivered by experts. He also stated that it would be useful for teacher training colleges to inform their students about the software.

Subjects in which GeoGebra Application is Used

Teachers generally use the GeoGebra application in geometry subjects. It can be concluded that the reason for this is that the application provides visualisation and students can better visualise and provide meaningful learning. It was concluded that the teachers who used the application in the subject of prisms preferred the application because it enabled them to see the shapes in three dimensions, rotate, open and close them. It was found that all teachers used the GeoGebra application on the appearance of objects from different directions. This was because the students stated that they had difficulties in visualising the appearance of an object from different directions. It was concluded that thanks to the application students could easily see the appearance of the object from different directions and they could visualise it more easily while solving other questions. Some teachers also used the application in fractions and coordinate system lessons. In his study, Çörekçiöğlü (2019) found that teachers mainly used the GeoGebra application in geometry, analytical geometry, functions and parabola due to its contribution to visualisation, concretisation and increased retention of learned information. In his study, Uysal (2013) stated that teaching the topic of geometric objects in 6th grade mathematics using GeoGebra application was more useful in positively increasing students' attitudes and performance towards mathematics than traditional teaching methods. Kabaca et al. (2010) concluded in their study that while some teachers thought that GeoGebra could not be used "at all" in the learning areas of "numbers" and "statistics and probability", it could be used in almost every subject in the learning area of geometry. In their study, Şimşek and Yaşar (2019) found that in the dissertations related to GeoGebra, subjects from the geometry learning area were mostly preferred. They concluded that the most studied subject in the geometry learning domain is transformation geometry, and there are fewer studies with other learning domains and subjects. This is in line with the results of this study.

Definition of Spatial Visualisation Skill

Teachers associate spatial visualisation with the ability to think in three dimensions. Some teachers, on the other hand, believe that spatial visualisation is the ability to visualise, move and rotate shapes in the mind, and also the ability to obtain a whole by combining the given parts and to divide the given whole into parts. McGee (1979) defined spatial visualisation as the ability to mentally rotate and move given shapes. Olkun and Altun (2003) defined spatial visualisation as the ability to visualise new appearances that occur as a result of moving two- and three-dimensional objects in three-dimensional space. Tartre (1990) defined spatial visualisation as the mental movement of objects or shapes. This movement occurs in two ways. The first is to rotate the shape or object as a whole in the mind and the second is to rotate a part of the object in the mind.

When these definitions are examined, it can be seen that the definitions of spatial visualisation given by the teachers are compatible. Based on the definitions, it can be said that spatial visualisation is the ability to visualise objects in the mind, to move and rotate them, to imagine new images, to break down the whole and get the whole from the parts.

Development of Spatial Visualisation Skills

When teachers were asked to describe the environments in the classroom where students were able to develop spatial visualisation skills, they reported that they gave tests and worksheets containing questions related to spatial visualisation

skills, and that they brought three-dimensional materials and allowed students to comment on them. They reported that they asked pupils to draw the extensions of the objects on paper, cut them out and then asked them to reassemble the object, and that they enabled them to learn by doing and to experience by using their manual skills. Most of the teachers stated that using GeoGebra helped them to develop students' ability to visualise in space. This was because they stated that GeoGebra made it easier for them to get students' attention and interest in the lesson, and that the application made it easier for students to visualise different views of shapes in their minds. Studies have shown (Turğut, 2010; Olkun, 2003; Yıldız & Tüzün, 2011) that the use of concrete materials, games, different teaching methods and computer-assisted instructional environments can improve spatial visualisation skills. Dokumacı Sütçü (2017), in his study designed according to the quasi-experimental design with a pretest-posttest control group to determine the effect of intelligence games on spatial ability, concluded that the two- and three-dimensional spatial visualisation skills of students in the experimental group were significantly higher than those of students in the control group. Karaaslan (2013) stated that the activities prepared with the help of GeoGebra and GSP software had a positive effect on students' performance and spatial visualisation skills, as a result of his study in which he obtained teachers' opinions to determine the effect of activities prepared with the help of GeoGebra and GSP software on students' spatial ability for some topics in the ninth grade geometry curriculum. Elfa et al (2021) concluded that GeoGebra-supported learning improved students' spatial skills and helped them understand geometry in their study on the effect of GeoGebra-supported learning on students' spatial skills.

The GeoGebra application came to the fore when the answers given by the teachers and the studies carried out to improve students' spatial visualisation skills were examined. The reason for this is that the GeoGebra application allows students to understand both the features in which the shape changes and the features in which the shape does not change with the transformations that can occur on the shape, gives students the opportunity to encounter objects that they cannot see or examine in 3D, and removes the student from a dependent mental structure thanks to the ability to move the object. It was also concluded that spatial visualisation skills can be developed using different teaching methods, materials and computer-assisted instruction.

Measurement Tool for Spatial Visualisation Skills

When the teachers examined the tool to measure students' spatial visualisation abilities, they stated that the tool had a structure that went from simple to complex and that the test included different types of questions such as folding, turning, finding how many cube units the object is made of, finding the whole of the given form in parts, switching between open and closed forms and finding the appearance of an object from different directions. They also stated that the measurement tool is suitable for measuring students' spatial skills because it goes through certain steps to improve spatial visualisation skills. When we look in the literature for tests to measure spatial ability, we usually come across the MGMP Spatial Visualisation Test. The items in this test generally include questions about the bird's eye view of 3D objects, the view from another corner, how many cubes are used in a building made of cubes, and the mental visualisation of a building with a bird's eye view. There are also items such as the shape of the building when new cubes (floors) are added or subtracted, or when shapes made from two parts are combined. When the questions are categorised, they can be expressed as counting cubes, visualising from two to three dimensions and from three to two dimensions, decomposing the shape in the mind, integrating it in the mind and rotating it in the mind (Turğut, 2007). Yue (2006) used the Purdue Spatial Visualisation Test (PSVT) in his study. The test includes questions about 3-dimensional surface models formed by folding a two-dimensional flat pattern. Linn and Peterson (1985) used the Embedded Figures and Paper Folding tests to measure spatial visualisation ability in their study. The Embedded Figures test is used to determine how an individual's perception of an object is affected by the structure in which it is contained. In the test, complex shapes are given and the task is to find the desired simple shape within these shapes. In the paper-folding test, students have to determine the state of a piece of paper after it has been folded and holes made in different places. Sezen Yüksel (2013) used the Spatial Visualisation Test, which he developed himself, in his study. When the test questions were examined, it was found that there were questions such as identifying three-dimensional geometric shapes formed by rotating two-dimensional geometric shapes around the axes, identifying three-dimensional geometric shapes formed by rotating which two-dimensional geometric shape around any axis, recognising the closed state of a three-dimensional object given its open state, and recognising the open state of a three-dimensional object given its closed state.

In reviewing the tests in the literature for measuring spatial visualisation, it was concluded that the tests generally included questions such as mental rotation and movement, folding paper, mental integration and decomposition, viewing objects from different directions, and counting cubes. From this point of view, it can be concluded that the questions in the measurement tool and the questions in the tests in the literature are compatible.

The Effect of Spatial Visualisation Skills on HSTE Mathematics Questions

Teachers stated that developing students' spatial visualisation skills would contribute significantly to solving HSTE mathematics questions. When examining the HSTE mathematics questions, it can be seen that visuality is at the forefront and students are asked to make inferences by analysing the given figures, tables and pictures and to use skills such as three-dimensional thinking and mental visualisation. Considering that McGee (1979), Olkun and Altun (2003) and Tartre (1990) defined spatial visualisation skills as thinking in three dimensions, imagining shapes in the mind, performing rotation and translation operations with shapes, mentally opening the closed shapes or completing the shapes given in pieces by mentally combining the pieces, it can be concluded that the development of spatial visualisation skills will contribute positively to the HSTE mathematics questions. Turğut (2007) found a modest, positive, and significant relationship between spatial skills and overall math achievement, and a modest, positive, and significant relationship between spatial visualizing and spatial relations, a subset of spatial skills. Yıldırım Gül (2014) found a strong positive relationship between students' achievement in transformational geometry, their spatial ability, their level of understanding of geometry, and their attitudes. Günkaya (2018) investigated the relationship between mathematics achievement and spatial ability, and concluded that the spatial ability of students with higher levels of mathematics achievement was positively and significantly higher.

Discussion and Comments on Other Opinions Regarding the Use of GeoGebra

It was concluded that teachers think that GeoGebra and similar applications should be more widely used in education, that teachers have deficiencies related to the use of GeoGebra and that training seminars should be provided to overcome these deficiencies. It was also concluded that it would be more productive for both teachers and students if universities offered courses on the subject and ensured that prospective teachers were introduced to GeoGebra and similar applications earlier, and if MoNE offered such applications as optional courses in schools.

Discussion and Interpretation of Spatial Visualisation Test Scores

In the research, the Spatial Visualisation Test was used to determine the relationship between the spatial visualisation skills of students who were taught with GeoGebra in their classes (study group) and those who were not taught with GeoGebra in their classes (control group). The results of the paired t-test to test for significance between the study group and the control group showed that the study group scored significantly higher than the control group. Karaaslan (2013) determined that the activities implemented with the GeoGebra program had a positive effect on students' spatial visualisation skills and mathematics achievement. Altıkardeş (2018) conducted various activities with GeoGebra and Cabri 3D software to investigate the effect of teaching with dynamic geometry software on students' perceptions, spatial thinking and learning, and concluded that all students were more successful in the spatial thinking test and that teaching with applications improved students' spatial thinking. Daulay et al. (2021) conducted a study using a quasi-experimental method to investigate the development of spatial geometry skills through GeoGebra-supported learning and found that GeoGebra-supported learning was effective in developing spatial geometry skills. The results of these studies are consistent with the results of this study.

Based on the results of the study, it can be suggested that programs such as GeoGebra can be taught at the undergraduate level or in-service training can be provided to increase teachers' knowledge in the use of technology, different types of applications and materials can be developed to improve spatial visualisation skills, and students can be introduced to programs such as GeoGebra from the primary level to provide students with 21st century skills. As suggestions for future research, since this research aims to understand teachers' views in depth, since it was conducted using qualitative research methods with a small number of teachers, for more generalisable results, research can be conducted on teachers' experiences, opinions, students' achievement and students' views using quantitative research methods, and studies can be planned on other mathematics subjects using GeoGebra or different applications.

The Ethical Committee Approval

The Research and Publication Ethics Committee of Çukurova University in the field of Social Sciences and Humanities stated in its letter dated 07.03.2022 and number 340980 that the study complies with the ethical principles.

Conflict of Interest

No conflict of interest between the authors.

Financial Support

No financial support was received for this research.

Author Contributions

Each author contributed equally to this study.

References

- Aktümen, M., Yıldız, A., Horzum, T., & Ceylan, T. (2011). İlköğretim Matematik Öğretmenlerinin GeoGebra Yazılımının Derslerde Uygulanabilirliği Hakkındaki Görüşleri. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education (TURCOMAT)*, 2(2), 103–120. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/201316>
- Altınkardeş, E. (2018). *Katı cisimlerin teknoloji destekli öğretiminin 10. sınıf öğrencilerinin algılarına, uzamsal düşüncelerine ve öğrenmelerine etkisinin incelenmesi* (Tez No: 512098). [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Altunışık, R., Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S., & Yıldırım, E. (2010). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri SPSS uygulamalı* (6. Baskı). Sakarya Yayıncılık.
- Arbain, N. & Shukor, N. A. (2015). The effects of GeoGebra on students achievement. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 172, 208-214. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.356>
- Baki, A. (2008). *Öğrenen ve öğretmenler için bilgisayar destekli matematik*. Tübitak Bitav- Ceren Yayınları.
- Baltacı, S., Yıldız, A. & Kösa, T. (2015). Analitik geometri öğretiminde geogebra yazılımının potansiyeli: öğretmen adaylarının görüşleri. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 6(3), 483–505. <https://doi.org/10.16949/turcomat.32803>
- Battista, M. T. (1990). Spatial visualisation and gender differences in high school geometry. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(1), 47–60. <https://doi.org/10.2307/749456>
- Baydaş, Ö. (2010). *Öğretim elemanlarının ve öğretmen adaylarının görüşleri ışığında matematik öğretiminde GeoGebra kullanımı*. (Tez No: 269698). [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Baydaş, Ö., Göktaş, Y. & Tatar, E. (2010, Eylül). *Öğretmen adaylarının bakışıyla GeoGebra ile matematik öğretimi*. Sözel Bildiri, 9.Ulusal Fen Bilimleri ve Matematik Eğitimi Kongresi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Bogdan, R.C.& Biklen, S.K. (2007). *Qualitative research for education*. (5.Baskı). Pearson education.
- Botana, F. (2014). A parametric approach to 3D dynamic geometry. *Mathematics and Computers in Simulation*, 104, 3–20. <https://doi.org/10.1016/j.matcom.2012.12.004>
- Büyükköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö. E., Karadeniz, Ş., & Demirel, F. (2016). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (20.Baskı). Pegem Akademi.
- Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2nd ed.). Sage.
- Creswell, W.J. (2020) *Nitel araştırma yöntemleri*. (Bütün M., Demir SB, Çev. Ed.). Siyasal Kitabevi.
- Çetin, İ., Erdoğan, A., & Yazlık, D. (2015). Geogebra ile öğretimin sekizinci sınıf öğrencilerinin dönüşüm geometrisi konusundaki başarılarına etkisi. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, (4), 84–92. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/407494>
- Çörekçiöğlü, S. M. (2019). *Matematik öğretmenlerinin ve öğrencilerin geogebra yazılımının kullanılması hakkındaki görüşlerinin incelenmesi* (Tez No: 583893). [Yüksek lisans tezi, Atatürk Üniversitesi].
- Daulay, L. A., Syafipah, Nasution, A. K. P., Tohir, M., Simamora, Y., & Saragih, R. M. B. (2021). Geogebra assisted blended learning on students' spatial geometry ability. *Journal of Physics: Conference Series*, 1839. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1839/1/012009>
- Dokumacı Sütçü, N. (2017). *Zekâ oyunlarının ortaokul 7. sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine ve uzamsal yetenek öz-değerlendirmelerine etkisi* (Tez No: 472038). [Doktora Tezi, Dicle Üniversitesi].
- Elfa N., & Marwan, M. I. (2021). Students' spatial ability through Geogebra-assisted discovery learning model. *AIP Conf. Proc.*, 2331(1), 020020. <https://doi.org/10.1063/5.0045494>
- Erbaş, A. K., & Yenmez, A. A. (2011). The effect of inquiry-based explorations in a dynamic geometry environment on sixth grade students' achievements in polygons. *Computers & Education*, 57(4), 2462–2475. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.002>
- Ersoy, Y. & Duatepe, A. (5 Mart, 2003). *Teknoloji destekli matematik öğretimi*. http://www.matder.org.tr/index.php?option=com_content&view=article&catid=8:matematik-kosesimakaleleri&id=46:teknoloji-destekli-matematik-ogreetimi-&temid=38
- Gençoğlu, T. (2013). *Geometrik cisimlerin yüzey alanları ve hacmi konularının öğretiminde bilgisayar destekli öğretim ile akıllı tahta destekli öğretimin öğrenci akademik başarısına ve matematiğe ilişkin tutumuna etkisi* (Tez No: 349917). [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].
- Günkaya, B. (2018). *8. sınıf öğrencilerinin sayı hissi ile uzamsal yetenekleri arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Tez No: 526950). [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Güven, B., & Karataş, İ. (2005). Dinamik geometri yazılımı cabri ile oluşturmaya öğrenme ortamı tasarımı: Bir model. *İlköğretim Online*, 4(1), 62–72. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ilkonline/issue/8609/107243>
- Hohenwarter, M.& Preiner, J. (2007). Dynamic mathematics with geogebra. *Journal of Online Mathematics and its Applications*, 7(1), 2–12. <https://doi.org/10.12691/ajams-6-3-5>

- Hohenwarter, M., & Lavicza, Z. (2007). Mathematics teacher development with ICT: Towards an International GeoGebra Institute. *Proceedings of the British Society for Research into Learning Mathematics*, 27(3), 49–54. <https://bsrlm.org.uk/wp-content/uploads/2016/02/BSRLM-IP-27-3-09.pdf>
- İçel, R. (2011). *Bilgisayar destekli öğretimin matematik başarısına etkisi: Geogebra örneği* (Tez No: 280697). [Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi].
- Kabaca, T., Aktümen, M., Aksoy, Y. & Bulut, M. (2010). Matematik öğretmenlerinin Avrasya Geogebra toplantısı kapsamında dinamik matematik yazılımı GeoGebra ile tanıştırılması ve Geogebra hakkındaki görüşleri. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 1(2), 148–165. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/201300>
- Karaaslan, G. (2013). *Geometri dersine yönelik dinamik geometri yazılımlarıyla hazırlanan etkinliklerin öğrencilerin akademik başarısı ve uzamsal yetenekleri bağlamında incelenmesi* (Tez No: 350013). [Yüksek lisans tezi, Marmara Üniversitesi].
- Karakuş, Ö. (2008). *Bilgisayar destekli dönüşüm geometrisi öğretiminin öğrenci erişime etkisi* (Tez No: 177241). [Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi].
- Khalil, M., Farooq, R. A., Çakiroglu, E., Khalil, U. & Khan, D. M. (2017). The development of mathematical achievement in analytic geometry of grade-12 students through GeoGebra activities, *Eurasia J. Math. Sci. Technol. Educ.*, 14(4), 1453–1463. <https://doi.org/10.29333/ejmste/83681>
- Kutluca, T. & Zengin, Y. (2011). Matematik öğretiminde geogebra kullanımı hakkında öğrenci görüşlerinin değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17, 160–172. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/787040>
- Küçük Demir, B. & Çolakoğlu, S. (2018). Çember konusunun GeoGebra yazılımıyla öğretiminin 7.sınıf öğrencilerinin yaratıcı düşünme becerilerine etkisi. *Journal of Gifted Education and Creativity*, 5(1), 20–44. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/516699>
- Leech, N. L. & Onwuegbuzie, A. J. (2009). A typology of mixed methods research designs. *Qual Quant*. 43, 265–275. <https://doi.org/10.1007/s11135-007-9105-3>
- Linn, M. C., & Petersen, A. C. (1985). Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis. *Child Development*, 56, 1479–1498. <https://doi.org/10.2307/1130467>
- Loeb, S.J., Dynarski, S.M., McFarland, D.A., Morris, P., Reardon, S.F., & Reber, S.J. (2017). Descriptive analysis in education: A guide for researchers. NCEE 20174023. National Center for Education Evaluation and Regional Assistance. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED573325.pdf>
- Maier, P. H. (1996). Spatial geometry and spatial ability how to make solid geometry solid? *Proceedings of the Annual Meeting of the GDM, Developments in Mathematics Education in Germany*, 69–81.
- McGee, M.G. (1979). Human spatial abilities: Psychometric studies and environmental, genetic, hormonal and influences. *Psychological Bulletin*, 86(5), 889–918. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.86.5.889>
- Mercan, M. (2012). *İlköğretim 7. sınıf matematik dersine ait "dönüşüm geometrisi" alt öğrenme alanının öğretiminde, dinamik matematik yazılımı GeoGebra'nın kullanımının öğrenci başarısına etkisi* (Tez No: 331646). [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage.
- Milli Eğitim Bakanlığı (MoNE) (2013). *Ortaöğretim matematik dersi öğretim programı* <http://ttkb.meb.gov.tr/program2.aspx?islem=1&kno=215> (Erişim Tarihi: 07.03.2022)
- Milli Eğitim Bakanlığı (MoNE) (2011). *Ortaöğretim matematik (9,10,11 ve 12. Sınıflar) dersi öğretim programı & ortaöğretim seçmeli matematik (10,11 ve 12. Sınıflar) dersi öğretim programı*. M.E.B.
- National Council of Teachers of Mathematics (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston.
- National Council of Teachers of Mathematics (2003). *Curriculum and evaluation standards for school mathematics*. Reston.
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, 3(1), 1–10 <https://doi.org/10.1501/0003624>
- Olkun, S. & Altun, A. (2003). İlköğretim öğrencilerinin bilgisayar deneyimleri ile uzamsal düşünme ve geometri başarıları arasındaki ilişki. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(4), 87–91. <http://www.tojet.net/articles/v2i4/2413.pdf>
- Olkun, S. & Aydoğdu, T. (2003). Üçüncü uluslararası matematik ve fen araştırması (tıms) nedir? neyi sorgular? örnek geometri soruları ve etkinlikleri, *İlköğretim Online*, 2(1), 28–35. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/429499>
- Patton, M.Q. (2002). *Qualitative research and evaluation methods* (3rd Edition). Sage.
- Sezen Yüksel, N. (2013). *Uzamsal yetenek, bileşenleri ve uzamsal yeteneğin geliştirilmesi üzerine* (Tez No: 335562). [Doktora tezi, Hacettepe Üniversitesi].

- Şeker, H. B., & Erdoğan, A. (2017). GeoGebra yazılımı ile geometri öğretiminin geometri ders başarısına ve geometri öz-yeterliliğine etkisi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 7(12), 82–97. <https://doi.org/10.26466/opus.313072>
- Şimşek, E.& Yücekaya, G. (2014). Dinamik geometri yazılımı ile öğretimin ilköğretim 6. sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine etkisi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 15(1), 65–80. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1490400>
- Şimşek, N.& Yaşar, A. (2019). Geogebra ile ilgili lisansüstü tezlerin tematik ve yöntemsel eğilimleri: Bir içerik analizi. *Türk Bilgisayar ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 10(2), 290–313. <https://doi.org/10.16949/turkbilmat.450566>
- Tabachnick, B.G., Fidell, L.S. (2013). *Using multivariate statistics* (6th edition). Pearson.
- Tartre, L. A. (1990). Spatial orientation skill and mathematical problem solving. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21(3), 216–229. <https://doi.org/10.2307/749375>
- Toptaş, V.& Karaca, E. T. (2017). Geometri öğretiminde uzamsal düşünme becerisini geliştirmeye yönelik bilgisayar yazılımlarına genel bir bakış. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 8(28), 605–617. https://www.ijouss.com/Makaleler/951874997_35-%20Veli%20Topta%5c%9f%20-%20DCV-DCXVII.pdf
- Topuz, F. (2017). *Çember ve daire konusunun öğretiminde dinamik geometri yazılımı geogebra kullanımının yedinci sınıf öğrencilerinin başarılarına, geometriye yönelik tutumlarına ve öğrenmedeki kalıcılık düzeylerine etkisi* (Tez No: 467848). [Yüksek lisans tezi, Uşak Üniversitesi].
- Turğut, M. (2007). *İlköğretim II. kademe öğrencilerinin uzamsal yeteneklerinin incelenmesi* (Tez No: 211584). [Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Turğut, M. (2010). *Teknoloji destekli lineer cebir öğretiminin ilköğretim matematik öğretmen adaylarının uzamsal yeteneklerine etkisi* (Tez No: 265541). [Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi].
- Uysal, Y. (2013). *İlköğretim 6. sınıf matematik derslerinde geometrik cisimler konusunun dinamik matematik yazılımı ile öğretiminin öğrenci başarısına ve matematik dersine yönelik tutumlarına olan etkisinin belirlenmesi* (Tez No: 333421). [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].
- Yazlık, D. Ö. (2019). Ortaokul matematik öğretmenlerinin matematik öğretiminde bilgi ve iletişim teknolojilerinin kullanımına yönelik görüşleri. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 19(4), 1682–1699. <https://doi.org/10.17240/aibuefd.2019..-549044>
- Yıldırım Gül, Ç. (2014). *8. sınıf öğrencilerinin dönüşüm geometrisi başarıları ve uzamsal yetenekleri arasındaki ilişkinin incelenmesi* (Tez No: 383847). [Yüksek lisans tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi].
- Yıldız, B., & Tüzün, H. (2011). Effects of using three-dimensional virtual environments and concrete manipulatives on spatial ability. *Hacettepe University Journal of Education*, 41, 498–508. <https://yunus.hacettepe.edu.tr/~htuzun/html/academic/201141BAHADIR%20YILDIZ.pdf>
- Yıldız, Z. (2009). *Geometrik cisimlerin yüzey alanları ve hacimleri konularında bilgisayar destekli öğretimin ilköğretim 8. sınıf öğrenci tutumu ve başarısına etkisi* (Tez No: 239250). [Yüksek lisans tezi, Gazi Üniversitesi].
- Yue, J. (2006). Spatial visualisation by isometric drawing. *Proceedings of the 2006 IJME-INTERTECH Conference*, Kean University, USA. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=b13a3a6928bb8ba1323d16607341894d056f39e0>
- Yulian, V., Wahyudin, W., & Anggrayani, L. (2020). The effect of GeoGebra-based learning on students spatial ability and motivation. *Proceedings of the 7th Mathematics, Science, and Computer Science Education International Seminar, Bandung, West Java, Indonesia*. <https://doi.org/10.4108/eai.12-10-2019.2296523>.
- Zengin, Y., Kağızmanlı, B. T., Tatar, E. & İşleyen, T. (2013). Bilgisayar destekli matematik öğretimi dersinde dinamik matematik yazılımının kullanımı. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(23), 167–180. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/182934>

Genişletilmiş Özet

Giriş

Günümüzde teknolojiye verilen önem her geçen gün artmaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle en çok dikkat çeken teknolojik araçlardan olan bilgisayarlar matematik derslerinde kullanılarak hem öğrencilerin dikkatini çekecek hem de derse aktif ve istekli katılmasını sağlayacaktır. Bilgisayarlar grafik ve hesaplama araçları olmasıyla beraber görselleştirme imkânı sunmalarından dolayı soyut kavramları somutlaştırma konusunda büyük bir fayda sağlamaktadır. Bu şekilde bakıldığında bilgisayarlar öğrencilerin matematik dersindeki bilgi ve becerilerini ortaya çıkarmada önemli bir köprü görevi üstlenmektedir (Baki, 2008). Bilgisayarlardan sonra birçok öğretim yazılımı ortaya çıkmıştır. Özellikle matematik alanında ortaya çıkan dinamik geometri yazılımları (DGY) öğrencilerin konuyu öğrenmelerine büyük katkı sağlamıştır (Aktümen vd., 2011). Geometri öğretiminin etkili olabilmesi için öğrencilere geometrik becerilerin ve uzamsal yeteneğin anlamlı öğrenmeler şeklinde kazandırılmalı sadece formüller ve çizimlerle aktarılmamalıdır (Şeker ve Erdoğan, 2017). Çünkü öğrenciler geometriyi şekil ve formül ezberleme olarak görmekte oysa geometrinin günlük hayatta kullanım alanlarına ve işlevsel yönlerine dikkat çekilmelidir (Olkun ve Aydoğdu, 2003). Geometri öğrencilerin uzamsal düşünme becerisine katkı sağlayarak öğrencilerde yaratıcılık, eleştirel düşünme, üç boyutlu düşünme gibi çeşitli becerilerini geliştirmede etkili olmaktadır. Özellikle geometri konularında bilgisayar destekli öğretime yer verildiğinde öğrencilerin konuları daha iyi öğrenebildikleri görülmüştür (Küçük Demir ve Çolakoğlu, 2018). Geometri derslerinde öğretim yapılırken genel olarak yazı tahtası kullanılmakta, defter ve kitaplar dışında öğrenmeyi zenginleştirecek, öğrencilerin daha çok dikkatini çekecek ek kaynaklar kullanılmamaktadır. Bunun neticesinde ise öğrencilerin uzamsal becerilerinin gelişmesi beklenmektedir (Ersoy ve Duatepe, 2003). Amerikan Ulusal Matematik Öğretmenleri Birliği (NCTM) geometrinin daha iyi kavranabilmesi için materyal, çizim ve dinamik geometri yazılımlarının olması gerektiğini vurgulamıştır (NCTM, 2000). Dinamik Geometri Yazılımları (DGY) ile öğrenciler şekilleri daha kolay oluşturabilmekte ya da hazır olan şekiller üzerinde incelemeler yapabilmektedir (MEB, 2013). DGY sayesinde öğrenciler şekilleri yorumlayabilme ve birbiri ile ilişkilendirebilme, görselliği kullanarak çıkarımlara varabilme, üç boyutlu düşünme ve uzamsal görselleştirme becerisini geliştirerek şekillerin özelliklerini daha iyi kavrayabilme imkânı elde edebilmektedirler. Bu yazılımlar öğrencileri klasik öğrenme sürecinden kurtarıp çıkarım yapmalarına, teoremleri keşfederek bunları denemelerini sağlamaktadırlar (Güven ve Karataş, 2005). DGY'dan olan GeoGebra programı ilköğretimin ikinci kademesinden üniversiteye kadar öğrenme sürecinde kullanılan ücretsiz bir yazılımdır (Hohenwarter ve Preiner, 2007). GeoGebra programının hem telefon hem de bilgisayar üzerinden kullanım kolaylığı sağlaması ve birçok dile çevrilmesi yönüyle kullanıcılara avantaj sağlamaktadır. GeoGebra programının güncellenen versiyonlarıyla birlikte üç boyutlu cisimler oluşturabilme özelliği eklenmiştir (Aktümen vd., 2011). GeoGebra, sembolik hesaplama kabiliyeti, görselleştirme ve sembolik hesaplama yetenekleri olan Bilgisayar Cebiri Sistemleri (BCS) ile değişebilirlik ve kullanım kolaylığı yeteneği olan Dinamik Geometri Sistemlerini birleştirmektedir (Hohenwarter ve Lavicza, 2007). GeoGebra, nokta, doğru, konik kesitler ve benzeri matematiksel kavramlar üzerinde çalıştığı için bir bakıma Dinamik Geometri Sistemi (DGS) olarak değerlendirilebilir. Diğer yandan, noktaların, koordinatların, denklemlerin ve fonksiyonların doğrudan girilebilmesi, cebirsel olarak tanımlanabilmesi ve dinamik olarak değiştirilebilmesi özellikleriyle de Bilgisayar Cebir Sistemi (BCS) olarak ele alınabilir (Hohenwarter ve Lavicza, 2007).

GeoGebra programı; oluşturulan şekillerin farklı yönlerden görülebilmesine, döndürülmesine ve yer değiştirilmesine imkân sağlamaktadır. Öğrencilerin matematiği aktif öğrenme yoluyla öğrenmesini destekler. GeoGebra'nın dinamik yapısı ile öğrenciler problemleri çözerken nesnelere hareket ettirerek birbirine bağlı ilişkileri açıklayabilir ve bu sayede kalıcı öğrenme fırsatı sağlar. Bazı öğrenciler şekilleri döndürdükleri zaman farklı yönlerden görünümünü bulmakta zorlanmaktadır. Dolayısıyla gözünde canlandırma, görselleştirme ve üç boyutta sorun oluşturmaktadır. Görselleştirme, bir şeklin bütünü veya parçaları arasındaki yer değiştirmeyi göz önünde canlandırmayı gerektirir (Maier, 1996). Matematik öğrenmede de uzamsal görselleştirme yeteneği büyük bir öneme sahiptir (Battista, 1990). NCTM (2003) matematik öğretmenlerinin geometrik şekilleri algılayabilmeleri ve özelliklerini belirleyebilmeleri için uzamsal görselleştirme becerisini kullanabilme, 2 ve 3 boyutlu şekilleri inşa edip gösterimini yapabilme, şekillerin ve nesnelere farklı yönlerden görünümünü düşünebilme gibi becerilere sahip olmaları gerektiğini açıklamıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde somut materyal kullanımı, oyunlar, farklı öğretim yöntemleri ve bilgisayar destekli öğretim ortamları ile uzamsal görselleştirme yeteneğinin gelişebileceğini göstermiştir (Olkun, 2003; Turğut, 2010; Yıldız ve Tüzün, 2011). Ayrıca yapılan birçok çalışmada GeoGebra ve diğer dinamik geometri yazılımlarının uzamsal görselleştirme becerisini geliştirdiği görülmektedir (Elfa ve diğerleri, 2021; Karaaslan, 2013; Toptaş ve Karaca, 2017; Yulian vd., 2019). Bu nedenle 7. sınıf ortaokul matematik müfredatında yer alan cisimlerin farklı yönden görünümü konusunda GeoGebra uygulamasının rahatlıkla kullanılabilir bir yazılım olduğu söylenebilir. Bu geometri konusunda öğrencilerin şekillerin farklı yönden görünümünü çizerken uzamsal becerilerini yeteri kadar kullanamadıkları, farklı yönden görünümü verilen şekli oluştururken uzamsal görselleştirme becerilerinde eksiklik olduğu görülmüştür (Çetin vd., 2015). Literatür incelendiğinde yapılan çalışmaların

büyük çoğunluğu GeoGebra yazılımının öğrencilerin akademik başarılarına etkisini incelemiştir (İçel, 2011; Khalil vd., 2017; Mercan, 2012; Şimşek ve Yaşar, 2019). Çok az sayıdaki çalışmalarda öğretmen veya öğrenci görüşleri incelenmiştir (Aktümen vd., 2011; Çörekçioğlu, 2019; Kutluca ve Zengin, 2011). Eğitim-öğretimin temel unsurlarından biri olan ve GeoGebra yazılımını daha çok kullanacak olan öğretmenlerin görüşlerinin alınması önemli görülmektedir. GeoGebra yazılımının öğretmen görüşleri doğrultusunda incelenip, öğretmenlere sağladığı faydalar, öğrencilerin becerilerini geliştirmesi ve anlamlı öğrenmeyi sağlaması gibi açılardan avantajlı yönlerinin ön plana çıkarılarak derslerde GeoGebra kullanımının yaygınlaştırılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada cisimlerin farklı yönden görünüşleri konusunda sınırlı kalmıştır. Bu konunun seçilme amacı öğrencilerin birim küplerle şekilleri daha iyi algılayarak uzamsal görselleştirme becerilerini daha hızlı geliştirebilecekleri düşünülmüştür. Bir sonraki sınıf seviyesinde karşılaşacakları daha karmaşık şekilleri (prizma, piramit vs.) daha kolay algılayabilecekleri ön görülmüştür. Araştırmadan elde edilecek sonuçlar ileride farklı matematik konularında yapılacak çalışmalara kaynak sağlaması açısından önemli görülmektedir. Bu eksikliğin ileride yer alan prizmalar, piramit vs. gibi üç boyutlu şekillerin anlaşılmasında daha büyük zorluklar ortaya çıkaracağı düşünülmektedir. Bu sebeple matematik öğretmenlerinin, bir dinamik geometri yazılımı olan GeoGebra'nın derslerde uygulanmasının öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisinin gelişimine katkısı hakkındaki görüşlerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda 7. sınıf öğrencilerinin GeoGebra ile uzamsal görselleştirme becerisi ve matematik öğretmenlerinin görüşleri nedir? problemi incelenmiştir. Bu probleme çözüm bulmak amacıyla aşağıdaki alt problemler belirlenmiştir.

1. GeoGebra yazılımı kullanan matematik öğretmenlerinin öğrencilerinin uzamsal görselleştirme becerileri ile kullanmayan matematik öğretmenlerinin uzamsal görselleştirme becerileri arasında anlamlı farklılık var mıdır?
2. Matematik öğretmenlerinin GeoGebra yazılımı kullanımı ile ilgili görüşleri nelerdir?
3. Matematik öğretmenlerinin uzamsal görselleştirme becerileri ile ilgili görüşleri nelerdir?
4. Matematik öğretmenlerinin uzamsal görselleştirme becerisinin Liselere Giriş Sınavı (LGS) matematik sorularının çözülebilirliğine etkisi ile ilgili görüşleri nelerdir?

Yöntem

Çalışmada, nitel ve nicel verilerin birlikte toplandığı ve analiz edildiği karma yöntemden eşzamanlı üçgenleme modeli tercih edilmiştir. Bu modelde, nicel ve nitel veriler aynı anda toplanıp analiz edilir. Her iki veri türüne de eşit derecede önem verilir. Veri analizi genellikle ayrı ayrı gerçekleştirilir ve veriler yorumlama aşamasında birleştirilir. Bu birleştirme süreci, verilerin birbirine ne kadar yakın olduğunu tartışan bir üçgenleme işlemidir (Creswell, 2003). Araştırmanın örnekleme amaçlı örneklemeden ölçüt örnekleme yöntemi kullanılarak Hatay ili İskenderun ilçesinde 2021-2022 eğitim-öğretim yılında dersinde GeoGebra yazılımını aktif şekilde kullanan 5 ortaokul matematik öğretmeni ve bu öğretmenlerin görev yaptığı okuldan GeoGebra ile öğretim gören ve görmeyen 26 öğrenci oluşturmaktadır. Öğretmenlerin isimleri Ö1, Ö2, Ö3, Ö4, Ö5 şeklinde kodlanarak verilmiştir. Öğretmenlerden 4 dü kız biri erkektir. Kıdem yılları 3 ile 9 arasında değişmektedir. 5 öğretmenin hepsi 7. Sınıf düzeyinde öğretim yapmakla beraber 5. 6. ve 8. Sınıf seviyelerinde de ders yürütmektedirler. Ayrıca ders saatleri 19 ile 26 saat arasında değişmektedir.

Araştırma da veri toplama araçları olarak öğretmenlerin görüşlerinin alınması için yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Bu form ile GeoGebra yazılımının kullanışlılığı, derse katkısı ve öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisinin gelişimine etkisine yönelik öğretmen görüşlerinin ortaya çıkarılması amaçlanmaktadır. Görüşme formunun hazırlanmasında ilk olarak alan yazın taranmış ve araştırmacı tarafından taslak bir form hazırlanmıştır. Form hakkında üç matematik eğitimi alan uzmanından, bir matematik eğitimi yüksek lisans öğrencisinden ve bir matematik öğretmeninden görüş alınarak formda düzeltmeler yapılmış ve görüşme formu uygulanabilecek şekle getirilmiştir. Ayrıca GeoGebra ile ders anlatan öğretmenlerin derslerine katılan öğrencilerin uzamsal becerilerini değerlendirmek amacıyla da Dokumacı Sütçü (2017) tarafından geliştirilen Uzamsal Görselleştirme Testi (UGT) kullanılmıştır. Güvenirlik çalışması sonucunda, testin geneline ait KR-20 iç tutarlılık katsayısı 78 olarak hesaplanmış ve testin güvenilir olduğu doğrulanmıştır. Veriler toplanmaya başlamadan önce MEB'den gerekli resmi izinler alınmıştır. Görüşme formu 5 ortaokul matematik öğretmenine uygulanmıştır. Öğretmenlerin izinleri alındıktan sonra görüşme kayıt altına alınmıştır. Ders sürecinde yazılımı kullanan öğretmenlerin dersine girdiği 13 öğrenciye ve ders sürecinde yazılımı kullanmayan öğretmenin girdiği sınıftan da 13 öğrenciye UGT uygulanmıştır. Veri toplama süreci 2021-2022 eğitim-öğretim yılı Nisan-Mayıs ayında yaklaşık 2 ay sürmüştür.

Verilerin Analizi

Matematik öğretmenleri ile yapılan görüşmeler neticesinde toplanan verilerin yorumlanmasında içerik analizi tekniği kullanılmıştır. İçerik analizi yoluyla veriler açıklanmaya çalışılır; benzerlik gösteren ve birbirleriyle ilişkili olan veriler belirli kavramlar ve temalar etrafında toplanarak değerlendirilir. İçerik analizi ile katılımcıların görüşlerinin içerikleri sistematik bir şekilde tanımlanır (Altunışık ve diğerleri, 2010). Bu analizdeki amaç, GeoGebra uygulamasını tanımlamak,

avantaj/dezavantajlarını ve kullanım alanlarını belirlemek ve uzamsal görselleştirme becerisine etkisini ortaya çıkarmaktır (Loeb vd., 2017). Herhangi bir yazılım programından destek alınmadan elle kodlama yoluna gidilmiştir.

İkinci yazar tarafından elle yapılan kodlama işleminin ardından ikinci basamak, kodların birleştirilerek kategorilerin oluşturulmasıdır. Kategoriler, kodlama sürecinde belirlenen kavramların metin parçalarındaki benzerlikleri ve farklılıkları dikkate alınarak belirlendikten sonra ikinci yazar tarafından kodlar ve kategoriler birleştirilerek temalara ulaşılmıştır. Geçerlik ve güvenilirlik için verilerin bir kısmı ilk yazar tarafından kodlanarak Miles ve Huberman'ın (1994) önerdiği uyuşum yüzdesi kullanılarak %82 olduğu belirlenmiştir. Araştırmada öğretmenlerin görüşlerinin direkt doğrudan alıntılar ile desteklenerek aktarılması ile geçerlilik arttırılmıştır. Yarı yapılandırılmış görüşmelerden elde edilen veriler için yapılan içerik analizi sonucunda belirlenen temalar "GeoGebra Uygulaması" ve "Uzamsal Görselleştirme Becerisi" dir. Bu temaların alt kategorileri ise "GeoGebra uygulamasının olumlu/olumsuz yönleri", "GeoGebra uygulaması kullanımı", "GeoGebra uygulaması kullanımındaki eksiklikler", "GeoGebra uygulamasının kullanıldığı konular" ve "Uzamsal görselleştirme becerisinin tanımı", "Uzamsal görselleştirme becerisinin gelişimi", "Uzamsal görselleştirme becerisine yönelik ölçme aracı", "Uzamsal görselleştirme becerisinin LGS matematik sorularına etkisi" şeklindedir.

UGT'de öğrencilerin verdikleri her doğru cevap 1 puan, her yanlış cevap ise 0 puan şeklinde incelenmiştir. UGT'den elde edilen verilerin analizinde SPSS 25.0 paket programı kullanılmıştır. Analiz aşamasında anlamlılık düzeyi olarak $p < .05$ ölçüt alınmıştır. İstatistiksel teknik olarak verilerin çözümlenmesinde, aritmetik ortalama, standart sapma, Skewness (çarpıklık) ve Kurtosis (basıklık) değerleri hesaplanmıştır. Öğrencilerin test sonuçlarının normal dağılım gösterip göstermediğini anlamak amacıyla Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır (Büyüköztürk ve diğerleri, 2016).

Derslerinde GeoGebra kullanan öğretmenlerin öğrencileri ve GeoGebra kullanmayan öğretmenlerin öğrencilerinin test puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını öğrenmek amacıyla bağımsız örneklem t-testi uygulanmıştır.

Bulgular

Yarı Yapılandırılmış Görüşme Formu Bulguları

Katılımcılara GeoGebra uygulamasının olumlu ve olumsuz yönlerini belirlemek amacıyla "Derslerde GeoGebra uygulaması kullanmanın olumlu ve olumsuz yönleri sizce nelerdir?" sorusu yöneltilmiştir. Öğretmenler GeoGebra Uygulaması Kullanmanın Olumlu yönleri olarak üç boyutlu düşünmeyi sağlama, derse dikkat ve ilgi çekme, zeka türlerini geliştirme ve yaparak-yaşayarak öğrenme sağlama olarak olumsuz yönlerini ise kullanımının zorluğu, teknolojik imkan yetersizliği, ders süresinin yetersizliği, her kazanıma uygun olmaması ve her öğrenciye uygulama yaptırılmama şeklinde belirtmişlerdir. Verilen cevaplar içerisinde, GeoGebra uygulamasının olumlu yönleri içinde üç boyutlu düşünmeye katkı sağladığı fikri öne çıkmaktadır. Olumsuz yönü olarak öne çıkan fikir ise GeoGebra uygulamasının her kazanımın ve konunun öğretimine uygun olmaması olduğu görülmüştür.

Geogebra Uygulaması Kullanımı

Katılımcılara GeoGebra uygulamasını sınıfta nasıl kullandıklarını belirlemek amacıyla "Derslerinizde GeoGebra uygulamasını nasıl kullanıyorsunuz?" sorusu yöneltilmiştir. Ö1, Ö2, Ö3, Ö4 ve Ö5 GeoGebra uygulamasını akıllı tahta aracılığı ile kullandığını, Ö5 uygulama ile ilgili videolar izlediğini, Ö4 ise GeoGebra uygulamasının resmi sitesinden yararlanarak kullandığını belirtmiştir. Öğretmenlerden Ö3 "Akıllı tahta üzerinden kullanıyorum. Ders kitaplarında etkinlikler üzerinden nasıl kullanıldığını gösteriyor ve onlara göre, onlara uygun olarak kullanıyorum" şeklinde ifade ederek akıllı tahtadan Geogebra'nın kullanımında yararlandığını belirtmektedir.

Katılımcıların GeoGebra uygulaması kullanırken yaşadıkları eksiklikleri gidermek için ne yaptıklarını öğrenmek amacıyla "GeoGebra uygulaması kullanımındaki eksikliklerinizi gidermek için ne yapıyorsunuz?" sorusu yöneltilmiştir. GeoGebra uygulaması kullanımındaki eksiklikleri gidermek için Ö1, Ö3 ve Ö4 video izlediğini, Ö4 ve Ö5 eğitim ve seminerlere katıldığını, Ö2 zümresi ile iş birliği yaptığını, Ö3 ise makale ve tezlerden yardım aldığını belirtmiştir. Öğretmenlerden Ö4 "Eksikliklerimi gidermek için araştırma yapıyorum. YouTube'dan videolar izliyorum ya da seminerler ve eğitimleri takip etmeye çalışıyorum" şeklinde ifade ederek video ve seminerlerle eksikliklerini gidermeye çalıştığını belirtmiştir.

GeoGebra Uygulamasının Kullanıldığı Konular

Katılımcıların GeoGebra uygulamasını kullandığı konuları öğrenmek amacıyla "Hangi konuların öğretiminde GeoGebra uygulamasını kullanabiliyorsunuz?" sorusu yöneltilmiştir. GeoGebra uygulamasını Ö1, Ö2, Ö3, Ö4 ve Ö5 geometri konuları, prizmalar ve cisimlerin farklı yönden görünümü konusunda, Ö3 koordinat sistemi, Ö2 ise kesirler konusunda kullandığını belirtmiştir. Öğretmenlerin çoğunlukla üç boyutlu düşünme gerektiren geometri konularında ve cisimlerin farklı yönden görünümü konusunda GeoGebra uygulamasından faydalandıkları görülmektedir.

Uzamsal Görselleştirme Becerisinin Tanımı

Katılımcılara uzamsal görselleştirme becerisinin onlar için ne anlam ifade ettiğini öğrenmek amacıyla “Uzamsal görselleştirme becerisi sizce nedir?” sorusu yöneltilmiştir. Uzamsal görselleştirme becerisini Ö1, Ö2, Ö3, Ö4 ve Ö5 3 boyutlu düşünme yeteneği, Ö1, Ö2, Ö3 ve Ö4 zihinde canlandırma ve hareket becerisi, Ö2 ve Ö3 zihinde şekli döndürme becerisi, Ö4 ve Ö5 ise zihinde şekilleri birleştirme ve açılımlarını yapabilme becerisi olduğunu belirtmiştir. Öğretmenlerden Ö2 “*Uzamsal görselleştirme zihinden cisimlerin döndürülmesi, hareketi ve canlandırılması becerisi olabilir*” şeklinde ifade ederek üç özelliğe vurgu yapmıştır. Öğretmenler genel olarak uzamsal görselleştirme becerisini üç boyutlu düşünme, zihinde şekilleri hayal etme, şekillerle döndürme ve öteleme işlemleri yapma, kapalı halleri verilen şekilleri zihinden açabilme ya da parçalar halinde verilen şekillerin zihinden parçaları birleştirerek tamamlayabilme olarak tanımladıkları görülmüştür.

Uzamsal Görselleştirme Becerisinin Gelişimi

Katılımcılara öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisini nasıl geliştirebileceklerini öğrenmek amacıyla “Uzamsal görselleştirme becerisini geliştirmeye yönelik sınıfta neler yapılabilir?” sorusu yöneltilmiştir. Uzamsal görselleştirme becerisini geliştirmeye yönelik Ö1 ve Ö3 test-çalışma kağıdı verme, Ö2, Ö3 ve Ö4 derste materyal kullanma, Ö2 ve Ö3 video izletme, Ö1, Ö2, Ö3, Ö4 ve Ö5 ise GeoGebra uygulamasını kullandıklarını belirtmiştir. Öğretmenlerden Ö3 “*Öğrencilere bununla alakalı çalışma kağıtları dağıtılabilir. Üç boyutlu görseller öğrencilere sınıfta getirilip somut bir şekilde gösterilebilir. Onun haricinde bununla alakalı videoları izlettirilebilir öğrencilere*” şeklinde ifade etmiştir. Öğretmenlerin uzamsal görselleştirme becerisini geliştirmek için çoğunlukla GeoGebra uygulaması kullandıkları ayrıca sınıfa çeşitli materyal getirerek öğrencilerle çeşitli etkinlikler yaptıkları görülmektedir.

Uzamsal Görselleştirme Becerisine Yönelik Ölçme Aracı

Katılımcılara uzamsal görselleştirme becerisini ölçmeye yönelik ölçme aracı yer alan sorularla ilgili düşüncelerini öğrenmek amacıyla “Öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerilerini ortaya çıkarmaya yönelik uygulanacak olan ölçme aracını inceler misiniz? Ölçme aracı hakkındaki görüşleriniz nelerdir?” sorusu yöneltilmiştir. Ölçme aracı Ö1, Ö2 ve Ö5 katlama soruları, Ö1, Ö2 ve Ö4 döndürme soruları, Ö1, Ö2 ve Ö5 küp sayma soruları, Ö1, Ö2, Ö4 ve Ö5 birleştirme soruları, Ö2, Ö3 ve Ö5 şekilleri açma ve kapama soruları, Ö1, Ö3, Ö4 ve Ö5 cisimlerin farklı yönden görünümü soruları olduğunu belirtmiştir. Öğretmenlerden Ö4 “*Evet incelememi yaptım. İnceleme yaparken şunu fark ettim sorular basitten karmaşığa gidiyor. Şekilleri döndürme, birleştirme ve cisimlerin farklı yönden görünümü gibi sorulara yer verilmiş. Öğrencide uzamsal görselleştirme becerisini artırmaya yönelik belli adımlarla gittiği için en sondaki sorularla birlikte öğrencilerin bu becerileri kazanacağını düşünüyorum. Yeterli buldum*”(Ö4). Şeklinde ifade etmiştir. Öğretmenler ölçme aracının basitten karmaşığa giden bir yapısının olduğunu, içerisinde farklı tür sorulara yer verildiğini (katlama, birleştirme, cisimlerin farklı yönden görünümü, ...) ifade ettikleri görülmüştür. Ayrıca ölçme aracının uzamsal görselleştirme becerisini ölçmeye uygun ve yeterli olduğunu belirttikleri görülmüştür.

Uzamsal Görselleştirme Becerisinin LGS Matematik Sorularının Çözümüne Etkisi

Katılımcılara öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerilerini geliştirdiğimizde LGS (Liseye Geçiş Sınavı) matematik sorularının çözümünde ne gibi etkisi olduğunu belirlemek amacıyla “Öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisini geliştirdiğimizde LGS matematik sorularına etkisi sizce ne olur?” sorusu yöneltilmiştir. Öğretmenler öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisini geliştirdiğimizde LGS matematik sorularını çözebilmede olumlu katkı sağlayacağını, özellikle sınavda şekil ve görsel içeren sorular ağırlıklı olduğu için bu becerinin gelişimi bu tarz soruların çözümünde öğrencilere bir yol gösterebileceğini belirtmişlerdir.

GeoGebra Kullanımına İlişkin Diğer Görüş Bulguları

Katılımcılara sorduğumuz sorular dışında kendi düşüncelerini belirlemek amacıyla “Sizin eklemek istediğiniz bir şey var mı?” sorusu yöneltilmiştir. Katılımcı öğretmenlerin çoğunun GeoGebra uygulaması ile ilgili eğitim ve seminerlerin verilmesi gerektiğini düşündükleri ayrıca üniversitede eğitim verilirken GeoGebra ve onun gibi uygulamaların ders olarak yer alması gerektiğini belirtmişlerdir. Ders kitaplarında da GeoGebra’yı destekleyecek ve kullanımını teşvik edecek görsel ve etkinliklere yer verilmesini belirtmişlerdir. Bu sayede öğretmenlerinde kendilerini daha iyi geliştirebileceklerini ve uygulamayı daha etkin kullanabileceklerini belirtmişlerdir. Örneğin öğretmen Ö1 düşüncelerini “*GeoGebra’nın daha yaygın bir şekilde kullanılması gerektiğini düşünüyorum. Öğretmenlere bir eğitim verilmesini düşünüyorum GeoGebra uygulamasının kullanımı ile ilgili olarak. Seminer şeklinde planlanarak yapılabilir bu eğitimler. Öğretmenlerin bu konuda daha bilinçlendirilmesi, öğretmenlerin nasıl kullanılacağını nasıl daha başarılı etkili olabileceğini öğrenmeleri gerektiğini düşünüyorum. İnşallah böyle eğitimler seminerlerde olur diye düşünüyorum*” şeklinde ifade etmiştir.

Uzamsal Görselleştirme Testi Puanlarının Dağılımına İlişkin Bulgular

Deney ve kontrol gruplarının "UGT" ne ilişkin puanlarının karşılaştırılabilmesi için öncelikle verilerin normal dağılım gösterip göstermediği varsayımı incelenmiştir. Bu kapsamda Deney ve kontrol gruplarının uzamsal görselleştirme testine ilişkin betimsel istatistik değerleri, çarpıklık ve basıklık değerleri ile histogram grafik incelemesi yapılmıştır. Ayrıca bunlara ek olarak normallik varsayımı Shapiro- Wilk testi ile sınanmıştır. Deney (Shapiro-Wilk = .927, $p = .316$) ve kontrol (Shapiro-Wilk = .985, $p = .995$) gruplarının Shapiro- Wilk değerleri incelendiğinde Deney ve kontrol gruplarının UGT puanlarının $p > .05$ anlamlılık düzeyine göre normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

Deney ve kontrol gruplarının Uzamsal Görselleştirme Testi başarı puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek amacıyla bağımsız örneklem t testi uygulanmış olup veriler Tablo 1 'de sunulmuştur.

Tablo 1.

Grupların Uzamsal Görselleştirme Testi Başarı Puanlarına İlişkin Bağımsız Örneklem T Testi Sonuçları

Ölçüm	Grup	N	\bar{X}	Ss	t	Sd	p
UGT testi	Deney	13	23.46	2.47	9.789	1.249	.000
	Kontrol	13	11.23	3.76			

Tablo 1 incelendiğinde deney grubu öğrencilerinin puan ortalaması $\bar{X}=23.46$, kontrol grubu öğrencilerinin puan ortalaması ise $\bar{X} = 11.23$ bulunmuştur. Deney grubu öğrencilerinin başarı puan ortalamaları kontrol grubu öğrencilerinin başarı puan ortalamalarından yüksek çıkmıştır. Ayrıca deney ve kontrol gruplarının başarı puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını anlamak için yapılan t testi sonucuna göre, puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur [$t(1.249) = 9.789$; $p < .05$]. Bulunan fark deney grubu lehinedir. Bu sonuç deney grubu öğrencilerine uygulanan GeoGebra uygulaması kullanılarak yapılan öğretimin, öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisini artırdığı şeklinde yorumlanabilir.

Tartışma ve Sonuç

Araştırmadan elde edilen, GeoGebra uygulamasının olumlu ve olumsuz yönlerine, kullanımına ve kullanıldığı matematik konularına yönelik sonuç ve tartışmalar ayrıca uzamsal görselleştirme becerisinin tanımı, gelişimi, LGS'deki önemi ve Geogebra uygulaması ile ilişkisi ile ilgili sonuç ve tartışmalar sırası ile verilmiştir.

GeoGebra uygulamasının olumlu yönleri içinde üç boyutlu düşünmeye katkı sağladığı fikri öne çıkmaktadır. Olumsuz yönü olarak öne çıkan fikir ise GeoGebra uygulamasının her kazanımın ve konunun öğretimine uygun olmaması olduğu görülmüştür. GeoGebra uygulaması sayesinde üç boyutlu düzlemde şekilleri görme, hareket ettirme, döndürme, kapalı hali verilen şekli açabilme ve açık hali verilen şekli kapatabilme gibi etkinlikler yapılabilmektedir. Ayrıca birim küplerle inşa edilen cismin farklı yönlerden görünümünü çok rahat bir şekilde görebilme imkânı olduğundan dolayı öğrencilerin üç boyutlu düşünme becerisine önemli derecede katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer sonuçlar Baydaş ve diğerleri (2010) ve Zengin ve diğerleri (2013)' nin öğretmen adayları ile yaptıkları çalışmalarda rastlanmaktadır. Genel olarak öğretmenler uygulamayı geometri konularında daha çok kullandıklarını ve diğer konuların öğretiminde başka yöntemler kullandıklarını belirtmişlerdir.

Öğretmenlerin genel olarak akıllı tahta aracılığı ile GeoGebra uygulaması kullandıkları sonucuna ulaşılmıştır. Akıllı tahtanın öğrencilerin dikkatini çekmede önemli bir araç olduğu göz önüne alındığında ve kullanım kolaylığından dolayı öğretmenlerin GeoGebra uygulamasını akıllı tahta aracılığı ile kullanmalarının daha faydalı olduğu söylenebilir. Benzer bir sonuç Gençoğlu'nun (2013) çalışmasında görülmektedir.

Öğretmenlerin GeoGebra uygulaması kullanımında eksiklikleri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu eksiklikleri gidermek için internette GeoGebra ile ilgili videolar izlediklerini ve videolara bakarak uygulama üstünde deneme-yanılma yoluyla öğrenme gerçekleştirmektedirler. Bazı öğretmenler ise GeoGebra uygulaması ile ilgili yüz yüze soru sorabilme ve dönüt alabilme şansları oldukları için eğitim ve seminerlere katıldıklarını belirtmişlerdir. Yeri geldiğinde kendi zümreleri ile fikir alış-verişi yaparak uygulamadaki eksikliklerini giderdikleri bir kısmının ise makale ve tezleri inceleyerek kendilerini geliştirdikleri sonucuna varılmıştır. GeoGebra gibi uygulamaların daha etkin ve verimli kullanılabilmesi için öğretmenlere MEB tarafından hizmet içi eğitimler verilmesi faydalı olabilmektedir (Kutluca ve Zengin, 2011).

Öğretmenler genel olarak GeoGebra uygulamasını geometri konularında kullanmaktadır. Bunun nedeni olarak ise uygulamanın görselleştirme imkanı vermesi ve öğrencilerin daha iyi zihinlerinde canlandırıp anlamlı öğrenme sağlamaları olabilir. Prizmalar konusunda uygulamayı kullanan öğretmenler, uygulama sayesinde şekilleri üç boyutlu görme, döndürme, açıp-kapama imkanı sağlamasından dolayı tercih ettikleri sonucuna ulaşılmıştır. Bazı öğretmenlerin ise kesirler ve koordinat sistemi konularında da uygulamayı kullandıkları belirlenmiştir. Öğretmenlerin GeoGebra uygulamasını görselleştirme, somutlaştırma ve öğrenilen bilgilerin kalıcılığını artırmaya sağladığı katkılardan dolayı daha çok geometri (Çörekçioğlu, 2019; Kabaca vd., 2010; Şimşek ve Yaşar, 2019; Uysal, 2013) konularında kullandıkları söylenebilir.

Öğretmenlerin uzamsal görselleştirme becerisini üç boyutlu düşünme yeteneği ile bağdaştırdıkları ortaya çıkmaktadır. Bazı öğretmenler ise şekilleri zihinde canlandırma ve hareket ettirme, döndürme becerisi olduğunu ayrıca verilen parçaları birleştirerek bütün elde etme ve bütün şekilde verilen cisimleri parçalara ayırabilme yeteneği olarak da düşünmektedirler. McGee (1979) uzamsal görselleştirmeyi verilen şekilleri zihinde döndürme ve hareket ettirme yeteneği olarak tanımlamıştır. Olkun ve Altun (2003) ise uzamsal görselleştirmeyi, iki ve üç boyutlu nesnelerin üç boyutlu uzayda hareket ettirilmesi sonucu oluşacak yeni görünümlerin zihinde canlandırılması yeteneği olarak tanımlamıştır. Tartre (1990) uzamsal görselleştirmeyi, nesne veya şekilleri zihinsel olarak hareket ettirme olarak tanımlamıştır. Bu hareket ettirme iki şekilde gerçekleşmektedir. İlki şekil veya nesneyi bütün olarak zihinde döndürmek diğeri ise nesnenin bir kısmını zihinde döndürmektir. Bu tanımlara bakıldığında öğretmenlerin ifade ettikleri uzamsal görselleştirme tanımlarının uyumlu olduğu görülmektedir. Tanımlardan yola çıkılarak uzamsal görselleştirme nesnelere zihinde canlandırabilme, onları hareket ettirme ve döndürme, oluşan yeni görüntüleri hayal edebilme, bütünü parçalayabilme parçalardan bütünü elde edebilme becerisi olduğu söylenebilir.

Öğretmenlerin sınıfta öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisini geliştirebilecekleri ortamlara yönelik düşünceleri sorulduğunda uzamsal görselleştirme becerisi ile ilgili sorular içeren test ve çalışma yaprakları verdiklerini, üç boyutlu materyaller getirilerek öğrencilerin yorum yapmalarını sağladıklarını ifade etmişlerdir. Kâğıt yardımıyla cisimlerin açılımlarını çizip kestikten sonra cismi geri birleştirmelerini istediklerini onların da el becerilerini kullanarak yaparak yaşayarak öğrenmelerini sağladıklarını belirtmişlerdir. Öğretmenlerin çoğunluğu GeoGebra uygulamasını kullanarak öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisini geliştirdiklerini söylemiştir. Çünkü GeoGebra sayesinde öğrencilerin derse olan dikkatini ve ilgisini daha kolay sağladıklarını ve uygulama sayesinde öğrencilerin şekillerin farklı görünümlerini zihinde daha rahat canlandırabildiklerini ifade etmişlerdir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde somut materyal kullanımı, oyunlar, farklı öğretim yöntemleri ve bilgisayar destekli öğretim ortamları uzamsal görselleştirme yeteneğinin gelişebileceğini göstermiştir (Turğut, 2010; Olkun, 2003; Yıldız ve Tüzün, 2011)

Öğretmenler öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisini ölçmeye yönelik olan ölçme aracını incelediklerinde basitten karmaşığa giden bir yapısının olduğunu ve testin içinde katlama, döndürme, cismin kaç birim küpten oluştuğunu bulma, parçalar halinde verilen şeklin bütünü elde etme, açık ve kapalı halleri verilen şekillerin arasında geçiş yapabilme, bir cismin farklı yönlerden görünümünü bulma gibi farklı türden sorulara yer verildiğini belirtmişlerdir. Ayrıca ölçme aracının uzamsal görselleştirme becerisini artırmaya yönelik belli adımlarla gittiği için öğrencilerin uzamsal becerisini ölçmek için uygun olduğunu ifade etmişlerdir. Uzamsal görselleştirmeyi ölçmeye yönelik alan yazında yer alan testler incelendiğinde genel olarak testlerde zihinsel döndürme ve hareket, kâğıt katlama, zihinde bütünleme ve ayırıştırma, cisimlerin farklı yönlerden görünümü, küp sayma gibi sorular yer aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Buradan hareketle ölçme aracında yer alan sorularla alan yazındaki testlerde yer alan soruların uyuştukları sonucuna ulaşılabilir.

Öğretmenler öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerisinin geliştirilmesinin LGS matematik sorularının çözümünde öğrencilere önemli derecede katkı sağlayacağını belirtmişlerdir. LGS matematik sorularına bakıldığında genel olarak görselliğin ön planda olduğu ve öğrencilerin verilen şekil, tablo ve resimleri analiz ederek çıkarımlarda bulunmaları, üç boyutlu düşünme ve zihinde canlandırma gibi becerileri kullanmaları istenmektedir. McGee (1979), Olkun ve Altun (2003) ve Tartre (1990)' nin uzamsal görselleştirme becerisini üç boyutlu düşünme, zihinde şekilleri hayal etme, şekillerle döndürme ve öteleme işlemleri yapma, kapalı halleri verilen şekilleri zihinden açabilme yada parçalar halinde verilen şekillerin zihinden parçaları birleştirerek tamamlayabilme olarak tanımladıkları göz önüne alındığında uzamsal görselleştirme becerisinin gelişiminin LGS matematik sorularına olumlu katkı sağlayacağı sonucuna ulaşılabilir. Daha önce yapılan çalışmalarda uzamsal yetenek ile matematik başarısı arasında genel olarak orta düzeyde, pozitif ve anlamlı bir ilişki (Günkaya, 2018; Turğut, 2007) ve dönüşüm geometrisi başarıları ile uzamsal yetenekleri arasında pozitif yönde güçlü bir ilişki mevcuttur.

Yapılan araştırma da derslerinde GeoGebra ile öğretim gören (deney grubu) ve görmeyen (kontrol grubu) öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerileri arasındaki ilişkiyi belirlemek için Uzamsal Görselleştirme Testi uygulanmıştır. Deney ve kontrol gruplarının başarı puan ortalamaları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını anlamak için yapılan t testi sonucuna göre, puan ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık bulunmuş ve bu fark Deney grubu lehine olmuştur. Benzer sonuçlar alanyazında yer almaktadır (Altıkardaş, 2018; Daulay vd., 2021; Karaaslan, 2013).

Araştırmanın sonuçlarından yola çıkılarak GeoGebra kullanımı ile ilgili olarak, GeoGebra gibi programların lisans düzeyinde verilmesi ya da hizmet içi eğitimle öğretmenlerin teknoloji kullanımı bilgilerinin artırılması sağlanabilir, uzamsal görselleştirme becerisini geliştirmeye yönelik farklı tür uygulama ve materyaller geliştirilebilir, ilköğretim kademesinden itibaren GeoGebra gibi programlarla öğrencilerin tanışması sağlanarak öğrencilerin 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılması sağlanabilir önerileri verilebilir. İleriye dönük araştırma önerileri olarak da, bu araştırma öğretmen görüşlerine yönelik derinlemesine anlamayı amaçladığından az sayıda öğretmenle nitel araştırma yöntemleri ile yapıldığından daha genellenebilir sonuçlar için nicel araştırma yöntemlerinde kullanıldığı öğretmen deneyimlerine, görüşlerine, öğrenci

başarisına ve oğrenci görüşlerine yönelik araştırma yapılabilceği, matematiğin diğer konuları ile ilgili GeoGebra ya da farklı uygulamaların kullanıldığı çalışmaların planlanabileceği verilebilir.