



Investigation of the Relationship between Visual Estimation Skills and Spatial Reasoning Skills of Primary School Students *

Emel ÇİLİNGİR ALTINER ^{a*} (ORCID ID - 0000-0002-8085-553X)

M. Cihangir DOĞAN ^b (ORCID ID - 0000-0003-1473-7866)

^a Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi, Adana/Türkiye

^b Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi, İstanbul/Türkiye



Article Info

DOI: 10.14812/cufej.821127

Research Article

Article history:

Received 04.11.2020

Revised 15.03.2021

Accepted 17.03.2021

Keywords:

Visual estimation skills,
Spatial Reasoning Skills,
Primary School Students,
Spatial Visualization,
Spatial Orientation,
Mental Rotation.

Abstract

This study aims to examine primary school fourth grade students' visual estimation and spatial reasoning skills. 445 (219 boys and 226 girls) primary school students participated in the study. Correlational model, one of the quantitative research methods, was used to determine the relationship between students' visual estimation skills and spatial reasoning skills. In addition, Spatial Reasoning Skills and Visual Estimation Skills tests were used as data collection tools. Before applying these tests, validity-reliability analyzes were made. The data obtained from the sub-problems of the study were analyzed using different statistical methods such as including one-way multivariate analysis of variance (MANOVA), correlation and path analysis. According to the results of the research, the visual estimation skills and spatial reasoning skills of the students do not differ according to their gender. In addition, it was observed that the scores of the students' spatial reasoning test positively predicted the scores they got from the visual estimation skills test.

İlkokul Öğrencilerinin Görsel Tahmin Becerileri ile Uzamsal Akıl Yürütme Becerileri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi

Makale Bilgisi

DOI: 10.14812/cufej.821127

Araştırma Makalesi

Makale Geçmişi:

Geliş 04.11.2020

Düzeltilme 15.03.2021

Kabul 17.03.2021

Anahtar Kelimeler:

Görsel Tahmin Becerileri,
Uzamsal Akıl Yürütme Becerileri,
İlkokul Öğrencileri,
Uzamsal Görselleştirme,
Uzamsal Yönelme,
Zihinsel Döndürme

Öz

Bu çalışma, ilkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin görsel tahmin ve uzamsal akıl yürütme becerilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Araştırmaya 445 (219 erkek ve 226 kız) ilkokul öğrencisi katılmıştır. Nicel araştırma yöntemlerinden ilişkiyel tarama modeli öğrencilerin görsel tahmin becerileri ile uzamsal akıl yürütme becerileri arasındaki ilişkiyi belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca veri toplama aracı olarak Uzamsal Akıl Yürütme Becerileri ve Görsel Tahmin Becerileri testleri kullanılmıştır. Bu testleri uygulamadan önce geçerlilik-güvenirlilik analizleri yapılmıştır. Araştırmanın alt problemlerinden elde edilen veriler, tek yönlü çoklu varyans analizi (MANOVA), korelasyon ve yol analizi olmak üzere farklı istatistiksel yöntemler kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre öğrencilerin görsel tahmin becerileri ve uzamsal akıl yürütme becerileri cinsiyetlerine göre farklılaşmamaktadır. Ayrıca öğrencilerin uzamsal akıl yürütme testinden aldıkları puanların, görsel tahmin becerileri testinden aldıkları puanları pozitif yönde anlamlı bir şekilde yordadığı görülmüştür.

*This study is a part of the doctoral dissertation of Emel Çilingir Altiner under the supervision of Prof. M. Cihangir Doğan..

* Author: ecilingir@cu.edu.tr

Introduction

Estimation skills have taken their place in many learning areas of mathematics such as measurement, geometry, angles and counting. Similarly, estimation has been claimed to have beneficial effects on many mathematical skills such as mental computing, number perception, and spatial visualization (Opfer & Siegler, 2007). Estimation is the task of measuring, comparing, using mental and visual information while performing these operations without using any measuring instruments. Students generally use their own calculation skills or visual skills when answering questions that require guesswork (Çilingir-Altiner, 2018a).

Estimation skills learned through trial and error are skills that develop as predictions are made, and then feedback is obtained by checking their accuracy. The experiences and mental criteria (reference frames) developed as a result of these experiences are necessary to approach the correct result and be a good predictor. Studies show that practices that create mental criteria for measurements and use them in classroom activities develop much better predictors than those who do not (Joram, Gabriele, Bertheau, Gelman, & Subrahmanyam, 2005). The mental criteria created by students are usually visual elements. With reference to these visual elements, students make estimations. Visual estimation skill can be expressed as the ability to use mental criteria acquired from visual elements in daily life through trial and error.

The spatial arrangement of the items presented is one of the other factors affecting performance when asked to make estimations. Elements of similar spatial arrangements are easier to predict than newly encountered spatial arrangements (Markovits & Hershkowitz, 1993). For example, a student practicing estimating the number of beads in the shape of a square has less difficulty estimating the number of paper clips shaped as a square. According to the standards of mathematics programs developed by the National Council of Mathematics Teachers (NCTM), they emphasized that spatial sense is just as important as the number sense that is part of the estimate. Spatial sense is defined as "an intuitive sensation for its surroundings and the objects within it" (NCTM, 1989). Spatial sense and skills, which are also thought to have an impact on people's estimating, are a common and used skill in everyday life.

Spatial skills are the ability to interpret and draw, to create mental representations, to imagine objects in different dimensions, to visualize and differentiate changes, to take perspective. It includes topics such as understanding, using and modifying complex data and converting these concepts into concrete ideas and generalizing to other situations in the environment. However, spatial reasoning, also known as spatial thinking or more broadly spatial cognition, is a way of thinking that covers all subject areas and provides a deeper understanding (Thom, 2018). Spatial reasoning includes assembling furniture, navigating using the map, using the phone, planning what to do tomorrow, choosing the right container for leftover food.

Given the importance of spatial skills in many activities of daily life such as environmental learning, academic competences such as science and mathematics, or motor skills, it is very important to determine whether these skills are interchangeable and at what age they develop. According to Thom (2018), spatial reasoning is something learned, it is variable, and all people, regardless of age, can develop this skill. Spatial reasoning has not yet entered school mathematics programs as an independent learning domain. However, spatial reasoning is integrated with all types of learning and cognition (Kell, Lubinski, Benbow, & Stieger, 2013) and supports all STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) disciplines (Thom, 2018). There is also evidence that spatial reasoning programs (including disadvantaged children) supported in early childhood can improve learning and predict better success (Verdine, Golinkof, Hirsh-Pasek, Newcombe, Filipowicz, & Chang, 2014).

Visual Estimation Skills

Visual estimation occurs when it is desired to evaluate the number, length, quantity and other qualitative characteristics of large pictures and objects in a short time. Visual estimation also contains elements such as evaluating relative angle sizes, making comparisons with lengths, and imagining

folding or opening pieces of paper. Visual perception and experiences play an important role in visual estimation skills, the ability to get as close to the exact number as possible when guessing. It is also stated that working with continuous measurement devices prevents the development of students' visual estimations (Markovits & Hershkowitz, 1993). However, visual estimation skill is a great way to predict the correct, fast and reliable measurement at that time (Brydges, 2013).

Students use strategies when making visual estimations. These strategies are as follows:

- Mental criteria developed by students. For example, a student who knows that the size of his height is one meter can guess the door length.
- Separating or grouping objects. By estimating the approximate length of the windows when estimating the length of an apartment building, it is counted how many windows there are, and the length of the approximate apartment building can be estimated by multiplying the estimated length by the number of windows. Beads can be grouped according to the previously known spatial shape and estimated according to the number of groups.
- Comparison. By looking at the two pictures (of candy), they can interpret which one contains more sugar.
- Visualization. When a student is asked a guessing question, it is to visualize the object being asked and perform mental processing. For example, a centipede estimates the number of feet. When asked about the number of wheels on a vehicle, they can make an estimate by visualizing the vehicle and complementing its rear or invisible wheels with their imagination.
- An estimate of situations that are constantly exposed and familiar. For example, an attendant who allows a weight-based device to be boarded at an amusement park can now guess his weight by looking at the person and decide whether to get on the recreational device.
- Counting. It is trying to count a large number of objects during the allowed time period. For example, when you're driving around and you're guessing the number of apples on a tree, you can count as many as you can and guess the rest and say an approximate value (Çilingir-Altiner, 2018).

Visual estimation skills are very important not only for daily life but also for professional groups. For example, a midwife nurse should be able to estimate the amount of bleeding of a woman who gives birth (Küçüköğlü, 2019), a dietitian needs to be able to estimate the amount of portion he recommends to his client (Kawasaki and others, 2016) and how many calories his plate will have, the plastic surgeon may need to make a visual estimate to calculate the angle between the fingers (Rose, Nduka, Pereira, Pickford, and Belcher, 2002), visual estimating skills are again used to determine whether water is sufficient in field irrigation (Jones, 1979).

In addition, the use of visual estimation skills in many areas (e.g. education, physics, mathematics, medicine, physical therapy, diet ...) shows that it is an important content for STEM education. This suggests that the acquiring of this skill will be helpful in interdisciplinary fields and not in a single field.

Spatial Reasoning

Spatial reasoning is a term that encompasses many different abilities that include the mental representation and manipulation of spatial information such as object rotation, mental folding, scaling, perspective taking, and navigating (Van der Heyden, Huizinga, Kan & Jolles, 2016). Spatial reasoning skill is a feature that can be developed to improve students' learning outcomes (Ramful, Lowrie, & Logan, 2017). This has been cited as one of the goals of mathematics education from kindergarten to university to ensure excellence in different fields and prepare students for the future (Cheng & Mix, 2014).

Considering the studies, history and increasing importance of recent years, it is understood that spatial reasoning is an important skill both in mathematics, in other disciplines and outside of school. Additionally, there are some reasons why it is still inadequate for studies on spatial reasoning. The first of these reasons is the lack of consensus in terms of the spatial reasoning elements and the structures

that make up the spatial reasoning. Second, little is known about the developmental progression of spatial ability from adolescence to adulthood. However, although studies generally draw attention to preschool years (Sinclair & Bruce, 2014), the intensity of main studies is on undergraduate students (Uttal et al., 2013) and studies at primary school level are limited.

Morris (2018) examined five interchangeable skills in spatial reasoning processes in his study. These; spatial relations, spatial perspective, mental rotation, spatial orientation and spatial visualization. Lowrie, Logan and Ramful (2016) discussed only three dimensions of spatial reasoning skills. They have developed a test that contains mental rotation, spatial orientation and spatial visualization skills. In this research, the studies of Lowrie and others (2016, 2017) were referenced and these three skills were studied, which were emphasized in the mathematics teaching program.

Estimation and Spatial Reasoning

Chrysostomou, Pitta-Pantazi, Tsingi, Cleanthous, and Christou (2012) found that pre-service teachers with a spatial representation cognitive style were more successful in number sense and mathematical reasoning. Accordingly, it has been claimed that the use of familiar spatial structures for children will contribute to children's sense of number and their understanding of the relationships between numbers.

In the studies conducted by Möhring, Frick, and Newcombe (2018), the role of spatial scaling and proportional reasoning skills used by children aged five to seven years was examined in predicting the number line. At the end of the study, it was revealed that spatial skills were related to students' estimations. In the study, it was stated that children who have the skills to visualize and transform (for example, zoom) spatial information are more successful in estimating numerical sizes. It was determined that students who are successful in spatial skills, regardless of age, are also successful in estimating skills. In another study, researchers studied spatial operations and split spatial operations into spatial estimation and spatial scaling (Newcombe, Möhring, & Frick, 2018). According to the researchers, spatial estimation is a skill that exists even in infancy and develops with age. In the research, in the activity related to spatial estimation, it is desired to estimate the position of the hidden toy in the sandbox. The fact that the child creates categories and codes regarding the location of the toy and makes estimations close to the real position gives more accurate results with age.

Current Research

Visual estimation skills are considered to be a skill that needs to be developed in order to make correct decisions and judgments in our daily life and future professional life. The fact that there are not enough researches on mathematics emphasizing "visual estimation", and the fact that studies on this concept cannot be found among the sources examined in the field of education in our country have created the need for studies in this field. Thus, it is thought that this study will give researchers new ideas about visual estimation in their studies and this skill will gain a place in larger and applied areas.

It is thought that estimation skills will have beneficial effects on many other mathematical skills such as mental calculation, spatial visualization, and measurement. Considering that students need visual representations more at the primary school level, there is a need for a learning environment with visualization and estimation. Therefore, it was tried to determine how the descriptive analysis related to visual estimation that emerged with this study affects other skills and which variables are affected. At the same time, this study is important in terms of adding studies on visual estimation to the literature and raising awareness in this field. In addition, when the studies on visual estimation were examined abroad, it was seen that the studies were generally outside the field of education. It was noteworthy that these studies were mostly conducted in the fields of science, medicine, agriculture and food sector.

Another variable in the research, spatial reasoning, has a limited interest in classroom practices (Mulligan, Woolcott, Mitchelmore & Davis, 2018). In their meta-analysis study, Uttal and others (2013) showed that spatial skills are greatly improvable thanks to educational practices. It's worth to note that only 53 of the 206 studies in the study were conducted with children under the age of 13. Similarly,

Morris (2018) stated that a limited amount of work has been done on mathematical spatial skills for students in the second, third, fourth and fifth grades. Although spatial reasoning is a critical concept for early childhood, there are few evaluations that focus on measuring these structures in young children (Perry, 2016).

Although there is convincing evidence that spatial skills at levels from pre-school to university are a reliable recorder of mathematical achievement, there is a lack of research investigating the relationship between spatial and mathematical achievement during primary school years (Gilligan, Flouri & Farran, 2017; Young, Levine & Mix, 2018; Moris, 2018). It is thought that the study will contribute to this deficiency in terms of conducting the study with primary school fourth grade students.

The main purpose of this study is to examine the relationship between primary school students' spatial reasoning skills and visual estimation skills. For this purpose, answers for the following questions were investigated:

1. Do spatial reasoning skills and visual estimation skills of students differ by gender?
2. What is the relationship between spatial reasoning skills and visual estimation skills of students?

Method

In line with the purpose of the study, correlational model, one of the quantitative research methods, was used. The correlational models are models in which relational statistics types are used to measure and define the relationship between two or more variables (Creswell, 2014).

Participants

In the study, appropriate sampling was preferred from non-random sampling techniques. Appropriate sampling is the inclusion of people who are already willing, volunteers or who can easily be included in the study (Christensen, Burke, & Turner, 2015). The sample of the study consists of a total of 445 fourth grade students studying at four different public schools in the 2017-2018 academic year. 219 of the students are boys and 226 of them are girls.

Data Collection Tools

Two data collection tools were used in the study. These are Visual Estimation Skills Test and Spatial Reasoning Test.

Based on the work of some researchers (Markovits & Hershkowitz, 1997; Markovits & Hershkowitz, 1993; Ansari, Donlan & Karmiloff-Smith, 2007), a 30-question test was originally developed for the Visual Estimation Skills Test. Half of these questions are about guessing on the shape (guessing the marked point on the number line, estimating the angle, proportion - estimating how much is used, estimating the amount, estimating the size of the shape using the reference ...) and the other half involving the number of points used by other researchers. It is about guessing (from 1 to 20). A PowerPoint presentation was prepared for each question and expert opinions were received on how to organize and present the questions. For each slide, the times determined by Healey, Booth and Enns (1996) and Ansari et al. (2007) were determined as 250 milliseconds. This period is an ideal time to prevent the student from choosing to count instead of guessing. After the student sees the slide he will guess, a blank slide appears on the screen, and the student is given time to say his estimation.

Initially, 66 students were asked 30 questions, with a time of 250 milliseconds for each slide to be predicted with a 15-inch computer. The test is given two points for each correct answer, one point for partially correct answers, and zero points for incorrect answers. Partially correct answers were determined according to the students' answers and partially correct answer range for each question standardized according to the degree of proximity to the correct answer.

The item analysis was made by examining the answers to 30 questions. As a result of the item analysis, item difficulty indexes were calculated and a test of 20 questions was obtained by dropping items above .30. The Cronbach's Alpha value of the created test was found to be .67. Tavşancıl (2006)

and Özdamar (2002, p. 667) stated that the test is reliable when the Cronbach's Alpha coefficient is between .60 and .79. Lawshe analysis was conducted to ensure the content validity of the test. Confirmatory factor analysis, another factor analysis, was used to determine the structural validity of the test after the arrangements from the experts were made. As a result of the confirmatory factor analysis, it was determined that the fit indices of the test were among the limit values (χ^2 (244) = 190,182, $p = .058$; GFI = .93; AGFI = .91; CFI = .85; SRMR = .056; RMSEA = .027).

The second test used in the study is the Spatial Reasoning Test. The Spatial Reasoning Test developed by Ramful, Lowrie, and Logan (2017) was used to measure students' spatial reasoning skills. The test consists of 3 categories: spatial visualization (10 questions), mental rotation (10 questions) and spatial orientation (10 questions). The test is prepared for primary school students. The item difficulty indexes were calculated as a result of the initially 30-question test, item analysis (spatial visualization (6 questions), mental rotation (7 questions) and spatial orientation (7 questions)), and a test of 20 questions was obtained by dropping items above 30. then the KR-20 value, which indicates the test is reliable, was calculated as 71.

Collection of Data

Quantitative data collection tools were used to achieve the targeted purpose in the study. After the development of data collection tools, testing their structural suitability, and carrying out validity-reliability studies, the implementation process started. In this process, first of all, necessary permissions were obtained from the Ministry of National Education (Ministry of National Education) and working groups were determined. Later, the teachers who will be practiced in their classes were informed about the purpose of the study, application and data collection processes. It was ensured that the student who did not want to participate in the study was not included in the process. The Spatial Reasoning Test was applied to determine the spatial reasoning skills of the students. This test was completed in a 40-minute class hour. In order to determine visual estimation skills, Visual Estimation Skills Test was applied with the help of Power Point presentation. The data of this test were collected by calling the students one by one in an environment that the school administration deemed appropriate (classroom, activity class, guidance counselor's room). Care was taken that there was no material in the environment that could distract the student. With a 15-inch computer brought by the researcher, the students were provided with estimations by showing the previously prepared Powerpoint slides for an average of 250 milliseconds. The estimations made by the students were noted by the researcher. Each student took an average of 6 minutes to answer the questions.

Data Analysis

Whether the students' spatial reasoning skills and visual estimation skills differ according to their gender was examined according to the one-way MANOVA analysis. Whether there is a relationship between spatial reasoning skill and visual estimation skill was decided by looking at the correlation matrices. IBM SPSS 24.0 program was used to make these analyzes. It was observed that the variables were distributed normally, so the analysis methods used for parametric tests were preferred. In addition, Path Analysis was used to test the hypothesis that "Spatial reasoning skills of students significantly predict visual estimation skills". Path analyzes are carried out in order to analyze the relationships of the variables in the hypothesized model and their effects on each other simultaneously and to examine whether the developed path model is suitable (Muthén & Muthén, 2006). The standard Maximum Likelihood Estimation method is used to assess model fit to estimate free parameters in structural equation models. Accordingly, an insignificant chi-square (χ^2), as well as the Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA) of 05 or less, and a Comparative Fit Index (CFI) value above 95 indicates a strong fit (Kline, 2005).

Findings

One different MANOVA analysis was used to examine whether the students' spatial reasoning skills and visual estimation skills differed by gender. A single use MANOVA is used to test whether a single independent variable is true for more than one variable (Kalaycı, 2010). The normality with variable

variables, which is one of the assumptions of one-way MANOVA, was seen as normal. For multivariate normality, Mahalanobis distances of variables were examined, extreme values were seen, and multivariate normality of variables was observed. Other assumptions need to be a varying relationship between variable variables, and variable matrices of different categories to dependent variables must be homogeneous. It was revealed that the variables showed a positive relationship by calculating multiple correlation coefficients whether there was a correct relationship for the dependent variable. To test the homogeneity of variance-covariance matrices, Box's M Test and Levene Test were also found to be homogeneous during the analysis. Since Box's M test result was greater than .05, Wilk's Lambda test result was preferred as a multiple comparison test. The Wilk's Lambda Test results did not create a list in the category of associative components of problem solving, visual estimation skills and spatial reasoning scores ($\lambda = .996$, $F(1,443) = .574$, $p = .633$). Descriptive analysis of variables according to students' gender is useful in Table 1.

Table 1.*Descriptive Analysis of Variables According to Gender*

Variables	Gender	\bar{X}	s	N
Spatial Reasoning Skills	Boy	12.10	4.03	219
	Girl	11.97	3.79	226
	Total	12.04	3.91	445
<i>Mental rotation</i>	Boy	3.91	1.73	219
	Girl	3.84	1.61	226
	Total	3.88	1.67	445
<i>Spatial visualization</i>	Boy	3.31	1.50	219
	Girl	3.44	1.44	226
	Total	3.37	1.47	445
<i>Spatial orientation</i>	Boy	4.79	1.81	219
	Girl	4.65	1.71	226
	Total	4.72	1.76	445
Visual Estimation Skills	Boy	18.62	4.95	219
	Girl	18.61	5.05	226
	Total	18.61	4.99	445

When Table 1 is examined, the average of boy students in the spatial reasoning test is 12.10, while the average of girl students is 11.97. When the averages were examined, it was seen that the men had a higher average in the spatial reasoning test. In mental rotation, which is one of the spatial reasoning skills, the average of boys is 3.91, the average of girls is 3.84; In spatial visualization, the average of the boys is 3.31, the average of the girls is 3.44; In spatial orientation, the average of boys is 4.79 and the average of girls is 4.65. Accordingly, the average of boys is higher in mental rotation and spatial orientation skills while the average of girls is higher in spatial visualization skills. In the visual estimation skills test, the average of the boys is 18.62, while the average of the girls is 18.61. When the averages were examined, it was found that boy students had a higher average in the visual estimation skills test.

Table 2 shows the MANOVA test results in terms of gender of students' spatial reasoning, visual estimation, and problem-solving success scores.

Table 2.*MANOVA Test Results*

Dependent Variables	Gender	N	\bar{X}	s	sd	F	p	ηp^2
Spatial Reasoning Skills	Boys	219	12.10	4.03	1-443	.117	.732	.00
	Girls	226	11.97	3.79				
Visual Estimation Skills	Boys	219	18.62	4.95	1-443	.001	.975	.00
	Girls	226	18.61	5.05				

When Table 2 is examined, no significant difference was found between the genders of the students. When the results of the dependent variables were considered separately in the MANOVA analyzes, it

was observed that the spatial reasoning skills scores of the students did not differ significantly in terms of gender ($M(1.443) = .117, p > .05$). It was determined that the scores of visual estimation skills did not change according to gender ($F(1.443) = .001, p > .05$).

In order to determine the relationship between students' spatial reasoning skills and visual estimation skills, the mean and standard deviation of these variables were examined first. Descriptive analysis of variables is shown in Table 3.

Table 3.
Mean and Standard Deviation of Variables (N= 445)

	Variables	\bar{X}	s	N
Tests Used in Research	Spatial Reasoning Test	12.04	3.91	445
	<i>Mental rotation</i>	3.88	1.67	445
	<i>Spatial visualization</i>	3.37	1.47	445
	<i>Spatial orientation</i>	4.72	1.76	445
	Visual Estimation Skill Test	18.61	4.99	445

According to Table 3, the averages and standard deviations of the students according to the scores they got from the tests. While the average of their scores from the spatial reasoning test was 12.04, the average of their scores from the visual estimation skill test was 18.61. Multiple correlation analysis is used to examine the relationship between two or more variables. In Table 4, multiple correlation matrices are given to look at the relationship between all these variables.

Table 4.
Correlation Matrix for Four Variables

Variable	1	2	3	4	5
Spatial Reasoning Test	-				
<i>Mental rotation</i>	.810*	-			
<i>Spatial visualization</i>	.755*	.488*	-		
<i>Spatial orientation</i>	.790*	.460*	.405*	-	
Visual Estimation Skill Test	.568*	.466*	.482*	.392*	-

* $p < .01$ (adjusted for multiple tests.)

When Table 4 is examined, it is seen that there is a positive significant relationship between spatial reasoning skill and visual estimation skill ($r = .568, p < .01$). In addition to this relationship, between visual estimation skill and mental rotation ($r = .466, p < .01$), spatial visualization ($r = .482, p < .01$) and spatial orientation ($r = .392, p < .01$), a positive and significant relationship was found. Considering the correlation matrices, the strongest relationship between visual estimation skills and spatial skills compared to others is between spatial visualization.

Hypothesis: Students' spatial reasoning skills significantly predicted their visual estimation skills.

The model obtained from spatial reasoning and problem-solving variables to test the path model is presented in Figure 1.

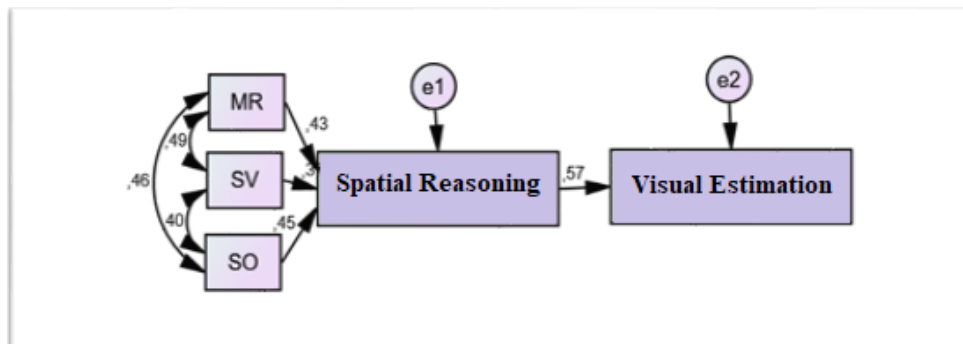


Figure 1. Path Model (MR: Mental Rotation, SV: Spatial Visualization, SO: Spatial Orientation)

As seen in Figure 1, when the path model created with the variables of spatial reasoning skill and visual estimation skill is analyzed, the results obtained in terms of the relationship between the variables of spatial reasoning skill and visual estimation skill were found to be statistically significant. When the values for this path model are examined, it is seen that it mostly corresponds to good fit ($\chi^2(8) = 6.96$, $p > .05$; RMSEA = .05; SRMR = .02; GFI = .99; CFI = .99). The virtuousness of fit values of the path model are shown in Table 5.

Table 5.
Path Model of Fit Indices

Goodness of Fit Indices	Second Path Model	Good Fit *	Acceptable Compliance *
χ^2/df	2.32	$0 \leq \chi^2/df \leq 2$	$2 \leq \chi^2/df \leq 5$
GFI	.99	$.95 \leq GFI \leq 1$	$.85 \leq GFI \leq .95$
AGFI	.96	$.95 \leq AGFI \leq 1$	$.85 \leq AGFI \leq .95$
CFI	.99	$.95 \leq CFI \leq 1$	$.80 \leq CFI \leq .95$
SRMR	.020	$0 \leq SRMR \leq .05$	$.05 \leq SRMR \leq .08$
RMSEA	.05	$0 \leq RMSEA \leq .05$	$.05 \leq RMSEA \leq .08$

When Table 5 was examined, the result showed that the scores of the students' spatial reasoning test positively predicted the scores they got from the visual estimation skills test ($\beta_{\text{spatial intelligence} \rightarrow \text{Estimation}} = .57$).

Discussion & Conclusion

There is no significant difference between students' spatial reasoning skills according to their gender. When the average scores of the spatial reasoning skills test are examined, the average of the boys is higher. However, this situation does not create a significant difference. Voyer, Voyer, and Bryden (1995) stated that the gender difference in spatial skills cannot occur until the age of 10. Similarly, Rutherford, Karamarkovich, and Lee (2018) worked with three different age groups. In their study with fifth, fourth, and third grade students, they found that gender was not effective in determining spatial skills and there was no significant difference in students' spatial reasoning skills according to gender. In other studies, conducted with fourth-grade students, it was stated that gender is not a moderator in spatial thinking skills (Çilingir-Altiner, 2018; Olkun & Altun, 2003). Despite these findings, some researchers have stated that there are gender differences in spatial skills tests in early childhood, the beginning of primary school, childhood and adolescence (Lockman, Fears, & Lewis, 2018).

There is an extensive literature examining performance differences between school age boys and girls in spatial activities. Although some studies have emphasized that gender differences have decreased in the last 10 years (Spelke, 2005), other studies have stated that there are differences in favor of men (Hill, 2011; Thomson, De Bortoli, Nicholas, Hillman, & Buckley, 2010). Therefore, it is considered important to repeat the studies with the gender variable. In different current studies examined, there is no clear and definite result regarding whether the gender variable in spatial skills makes a difference.

According to another finding obtained in the study, it was seen that the gender of the students did not make a difference in visual estimation skills. When the average scores were examined, a very small difference was found between the averages of boy and girl students in favor of boys, but this did not show a significant difference. Since there was no study on visual estimation skills and gender variable in the analyzed literature, studies on estimation and number meaning were examined. Accordingly, a similar result was obtained in studies in terms of number and it was stated that the gender variable did not make a significant difference (Mullis, Martin, Gonzalez, & Chrostowski, 2004; Yun-hing, 2007; Kayhan-Altay, 2010). Similarly, Tekinkır (2008) stated that gender has no effect on measurement estimation skill. However, LeFevre et al. (2013) stated in their study at the second, third and fourth grade levels that boys performed better than girls in predicting the number line. Brydges (2013) found

that both age and gender were statistically significant in the visual estimation of eighth grade and university-level angles.

In the study, a positive significant relationship was found between spatial reasoning skill and visual estimation skill. According to the studies examined to support this finding, Thorndyke and Goldin (1983) stated that individuals frequently use their spatial performance and estimation skills in every environment in their daily life. According to the researchers, they defined the spatial ability to predict distances along a route or between the place where the crows fly, predicting the origin of an invisible location from the current location. In addition, studies (Shumway, 2013; Coffman-Wolph, Gray, & Pool, 2018) show that students with strong spatial reasoning skills have a better "number sense" and at the same time, these students have shown that they "see" (visualize) the mathematics in their minds. They stated that it was more successful in quantities. The reason for the close relationship between spatial reasoning skill and number line estimation skill was shown as the realization of both skills in students' minds (Möhring et al., 2018). For example, the student needs to understand the size of the number at a point on the number line and map the possible number ranges for this size flexibly in their minds. Such mapping may also be required during spatial scaling. For example, the child uses the size of an area taken as another reference to determine the size of an area shown on a small map. The ability to flexibly transform this size information can be seen as an important link combining spatial reasoning and estimation skill (Mix & Cheng, 2012). Hogan and Brezinski (2003) drew attention to the importance of spatial skills in measurement estimates. Ansari et al. (2007) stated that visual-spatial operations are very important in determining numerical quantities when making visual estimates. This shows that the results obtained from other studies support the results of this study and that similar theories have been put forward.

The hypothesis that "students' spatial reasoning skills significantly predicted their visual estimation skills" suggested in the path model was confirmed ($\beta = .57$). According to the result, it was shown that the spatial reasoning skills of the students positively predicted their visual estimation skills. Jones, Gardner, Taylor, Forrester, and Andre (2012) also stated that visual-spatial skills can contribute to estimation. In some studies, it has been determined that spatial skills predict increasing the ability to estimate the number line ($\beta = .69$) (LeFevre et al., 2013), ($\beta = .37$) (Frick, 2018).

Conclusion and Recommendations

As a result, the gender factor was not found to be effective in this study. When other studies are considered, it cannot be said that the gender factor is a definite determinant. Because, in these studies, there is no extensive research about the education students received in their past lives. It has been stated that receiving education has great success in reducing gender differences in children with low spatial performance (Lockman et al., 2018). In the study of Joh (2016), although there was a difference in spatial reasoning skills in terms of gender when children received additional education, it was observed that there was no significant difference between their genders when they did not receive additional education. The gender gap is thought to be related to education and learning opportunities. Therefore, it may be a mistake to generalize without knowing the experiences of the students in their past lives and the education they received.

It was found that the spatial reasoning skills of the students were correlated with their visual estimation skills, and it was found that spatial reasoning skills predicted their visual estimation skills. While supporting spatial reasoning skills that seem to affect various disciplines (e.g. STEM); Again, it is important to support visual estimation skills that are thought to affect various disciplines (eg science, mathematics, medicine). By doing more studies on visual estimation skills in the field of education, other variables that affect this skill can be determined.

Acknowledgment: This study is a part of the doctoral dissertation of Emel Çilingir Altiner under the supervision of Prof. M. Cihangir Doğan. It was funded by grant no. 1649B031500067 from the 2211-A Domestic PhD Scholarship Program 2015/1 at TUBITAK, Ankara, Turkey.

Türkçe Sürümü

Giriş

Tahmin becerileri ölçme, geometri, açılar, sayma gibi matematiğin birçok öğrenme alanlarında yerini almıştır. Benzer olarak yine tahminin, zihinsel hesaplama, sayı hissi, uzamsal görselleştirme gibi birçok matematiksel beceri üzerinde de faydalı etkileri olduğu iddia edilmektedir (Opfer ve Siegler, 2007). Tahmin herhangi bir ölçme aleti kullanmadan ölçüm yapma, karşılaştırma yapma ve bu işlemleri yaparken zihinsel ve görsel bilgileri kullanma işidir. Öğrenciler, tahmin gerektiren sorulara cevap vereceği zaman, genellikle kendi geliştirdikleri hesaplama becerilerini ya da görsel becerilerini kullanmaktadırlar (Çilingir-Altiner, 2018a).

Deneme-yanılma yoluyla öğrenilen tahmin becerileri, tahmin yapılıp ardından doğruluğu kontrol edilip geri bildirim aldıkça gelişen bir beceridir. Doğru sonuca yaklaşmak ve iyi bir tahmin edici olmak için deneyimler ve bu deneyimler sonucu geliştirilen zihinsel ölçütler (referans çerçeveleri) gereklidir. Araştırmalar, ölçümler için zihinsel ölçütler oluşturan ve bunları sınıf aktivitelerinde kullanan uygulamaların, kullanmayanlara göre çok daha iyi tahmin ediciler geliştirdiğini göstermektedir (Joram, Gabriele, Bertheau, Gelman ve Subrahmanyam, 2005). Öğrencilerin oluşturduğu zihinsel ölçütler genellikle görsel öğelerdir. Bu görsel öğeleri referans olarak öğrenciler tahminde bulunur. Görsel tahmin becerileri de bu deneme yanılma yoluyla görsel öğelerden edinilen zihinsel ölçütleri günlük yaşamda kullanma becerisi olarak ifade edilebilir.

Tahmin yapılması istendiğinde performansı etkileyen diğer faktörlerden birisi de sunulan öğelerin uzamsal düzenlemesidir. Benzer uzamsal düzenlemedeki öğelerin tahmini yeni karşılaşılan uzamsal düzenlemelerden daha kolaydır (Markovits ve Hershkowitz, 1993). Örneğin kare şeklinde dizilmiş boncukların sayısının tahmini ile alıştırmaya yapan öğrencinin daha sonra kare şeklinde dizilmiş ataşların sayısını tahmin etmede daha az zorlanmaktadır. Matematik Öğretmenleri Ulusal Konseyi'nin (NCTM) geliştirdiği matematik programları standartlarına göre, tahminin bir parçası olan sayı hissini olduğu gibi uzamsal hissini de önemli olduğunu vurgulamıştır. Uzamsal hissi, "çevresi ve içindeki nesnelere için sezgisel bir his" olarak tanımlanmıştır (NCTM, 1989). İnsanların tahmin etmelerinde de etkisi olduğu düşünülen uzamsal his ve becerileri, günlük hayatta sıkça rastlanılan ve kullanılan bir beceridir.

Uzamsal beceriler, yorumlama ve çizim yapma, zihinsel temsiller oluşturma, nesnelere farklı boyutlarda hayal etme, yapılan değişiklikleri görselleştirme, farklılaştırma, perspektiflerini alma yeteneğidir. Karmaşık verileri anlama, kullanma ve değiştirme ve bu kavramları somut fikirlerle dönüştürme ve çevredeki başka durumlara genelleştirme gibi konuları içerir. Bununla birlikte, uzamsal düşünme veya daha kapsamlı olarak, uzamsal biliş olarak da bilinen uzamsal akıl yürütme, tüm konu alanlarını kaplayan ve daha derinlemesine anlaşılmasını sağlayan bir düşünme şeklidir (Thom, 2018). Uzamsal akıl yürütme becerisi mobilya montajını, haritayı kullanarak yön bulmayı, telefon kullanmayı, yarın ne yapacağını planlamayı, arta kalan yiyecekler için doğru kap seçmeyi içerir.

Uzamsal becerilerin, çevre öğrenimi, fen ve matematik gibi akademik yeterlilikler veya motor beceriler gibi günlük yaşamın birçok aktivitesindeki önemi göz önünde bulundurulduğunda, bu becerilerin değiştirilebilir olup olmadığını ve hangi yaşta geliştiklerini belirlemek çok önemlidir. Thom'a (2018) göre uzamsal akıl yürütme öğrenilen bir şeydir, değiştirilebilirdir ve yaşa bakılmaksızın tüm insanlar bu beceriyi geliştirebilir. Uzamsal akıl yürütme henüz okul matematiği programlarına tek başına bir öğrenme alanı olarak girememiştir. Halbuki uzamsal akıl yürütme, her türlü öğrenme ve bilişle ayrılmaz bütündür (Kell, Lubinski, Benbow ve Stieger, 2013) ve STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik) disiplinlerinin tamamını desteklemektedir (Thom, 2018). Erken çocuklukta desteklenen uzamsal akıl yürütme ile ilgili öğretim programlarının (dezavantajlı çocuklar da dahil olmak üzere), öğrenmeyi iyileştirebileceğini ve daha iyi bir başarıyı öngörebildiğini gösteren kanıtlar da bulunmaktadır (Verdine, Golinkof, Hirsh-Pasek, Newcombe, Filipowicz ve Chang, 2014).

Görsel Tahmin Becerileri

Görsel tahmin, büyük bir resim, obje, nesne sunulup; kısa bir süre içinde sayılarının, uzunluklarının, miktarlarının ve diğer niteliksel özelliklerinin değerlendirilmesi istendiğinde ortaya çıkar. Görsel tahmin, göreceli olarak açı boyutlarını değerlendirmek, uzunluklar ile karşılaştırmalar yapmak ve kağıt parçalarının katlanması veya açılmasını hayal etmek gibi öğeleri de içinde barındırır. Görsel tahmin becerilerinde, tahmin yaparken tam sayıya mümkün olduğunca yaklaşabilme becerisinde, görsel algı ve deneyimler önemli bir rol oynar. Ayrıca özellikle sürekli ölçme aletleriyle çalışılması, öğrencilerin görsel tahminlerinin gelişmesine engel olduğu ifade edilmiştir (Markovits ve Hershkowitz, 1993). Oysaki görsel tahmin becerisi o anda doğru, hızlı ve güvenilir ölçüm öngörmek için harika bir yoldur (Brydges, 2013).

Görsel tahmin yaparken öğrenciler bazı stratejiler kullanırlar. Bu stratejiler şöyledir:

- Öğrencilerin geliştirdiği zihinsel ölçütler. Örneğin boyunun ölçüsünün bir metre olduğunu bilen bir öğrenci kapı boyunu tahmin edebilir.
- Nesneyi parçalara ayırma veya gruplama yapma. Bir apartmanın boyunu tahmin ederken pencerelerin yaklaşık uzunluğunu tahmin ederek, kaç pencerenin olduğu sayılır ve tahmin edilen uzunluğun pencere sayısı ile çarpımı ile yaklaşık apartmanın boyu tahmin edilebilir. Boncuklar daha önce bilinen uzamsal şekle göre gruplandırılıp grup sayısına göre tahminde bulunulabilir.
- Karşılaştırma. İki resme bakarak hangisinde daha fazla şeker olduğuna dair yorum yapabilirler.
- Gözde canlandırma. Öğrenci bir tahmin sorusu sorulduğunda sorulan nesneyi gözünde canlandırıp zihinsel işlem yapmasıdır. Örneğin bir kırkayağın ayak sayısı tahmininde olduğu gibi. Bir aracın teker sayısı sorulduğunda, aracı gözde canlandırıp arka veya gözükmeyen tekerlerini de hayal gücüyle tamamlayarak tahminde bulunabilirler.
- Sürekli maruz kalınmış ve aşına olunmuş durumların tahmini. Örneğin bir lunaparkta kiloya göre bir alete binilmesine izin veren bir görevli artık kişiye bakarak kilosunu tahmin edebilir ve eğlence aletine binip binmemesine karar verebilir.
- Sayma. İzin verilen süre boyunca çok sayıda nesneyi saymaya çalışmaktır. Örneğin arabayla giderken bir ağacın üstündeki elma sayısı hakkında tahminde bulunurken görebildikleri kadarını sayıp kalanını tahmin edip yaklaşık bir değer söylemedir (Çilingir-Altiner, 2018).

Görsel tahmin becerisi sadece günlük yaşam için değil aynı zamanda meslek grupları için de çok önemlidir. Örneğin bir ebe hemşirenin doğum yapan kadının kanamasının ne kadar olduğunu yaklaşık olarak tahmin edebilmesi gerekir (Küçüköğlü, 2019), bir diyetisyenin danışanına önerdiği porsiyonun miktarını (Kawasaki ve diğerleri, 2016) ve tabağındakinin kaç kalori olacağını tahmin edebilmesi gerekir, plastik cerrahın parmaklar arasındaki açığı hesaplaması için görsel tahminde bulunması gerekebilir (Rose, Nduka, Pereira, Pickford, ve Belcher, 2002), tarla sulamalarında suyun yeterli olup olmadığının belirlenmesinde yine görsel tahmin becerileri kullanılmaktadır (Jones, 1979). Bunu yanında görsel tahmin becerilerinin birçok alanda (ör., eğitim, fizik, matematik, tıp, fizik tedavi, diyet...) kullanılıyor olması STEM eğitimi için önemli bir içerik olduğunu göstermektedir. Bu da bu becerinin kazanılması tek bir alanda değil disiplinler arası alanda başarı sağlayacağını düşündürmektedir.

Uzamsal Akıl Yürütme

Uzamsal akıl yürütme, nesneyi döndürme, zihinsel katlama, ölçekleme, perspektif alma ve navigasyon gibi uzamsal bilgilerin zihinsel temsili ve manipülasyonunu içeren birçok farklı yeteneği kapsayan bir terimdir (Van der Heyden, Huizinga, Kan, ve Jolles, 2016). Uzamsal akıl yürütme becerisi, öğrencinin öğrenme sonuçlarını iyileştirmek için geliştirilebilir bir özelliktir (Ramful, Lowrie ve Logan, 2017). Bu, uzamsal akıl yürütme becerilerinin gelişiminin, farklı alanlarda mükemmellik sağlamak ve öğrencileri geleceğe hazırlamak için anaokulundan üniversiteye kadar matematik eğitiminin hedeflerinden biri olarak ifade edilmiştir (Cheng ve Mix, 2014).

Son yıllarda yapılan çalışmalara, tarihine ve artan önemine bakılacak olursa uzamsal akıl yürütmenin hem matematikte, hem diğer disiplinlerde, hem de okulun dışında önemli bir beceri olduğu anlaşılmaktadır. Bunun yanında uzamsal akıl yürütme ile ilgili çalışmalara hala yetersiz olduğuna dair bazı gerekçeler vardır. Bu gerekçelerden birincisi, uzamsal akıl yürütme unsurları üzerinde ve uzamsal akıl yürütmeyi oluşturan yapılar açısından fikir birliği bulunmamasıdır. İkincisi, ergenlikten yetişkinliğe kadar uzamsal becerinin gelişimsel olarak ilerlemesi hakkında çok az şey bilinmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalar genel olarak okul öncesi eğitim yıllarına (Sinclair ve Bruce, 2014) bir derece dikkat çekilmesine rağmen asıl çalışmaların yoğunluğu lisans düzeyindeki öğrenciler üzerinedir (Uttal ve diğerleri, 2013) ve ilkökul düzeyinde çalışmalar sınırlıdır.

Morris (2018) çalışmasında, uzamsal akıl yürütme süreçlerinde birbirinin yerine de geçen beş beceriyi incelemiştir. Bunlar; uzamsal ilişkiler, uzamsal perspektif, zihinsel döndürme, uzamsal yönelme ve uzamsal görselleştirme. Lowrie, Logan ve Ramful (2016) ise uzamsal akıl yürütme becerilerinden sadece üç boyutunu ele almışlardır. Zihinsel döndürme, uzamsal yönelme ve uzamsal görselleştirme becerilerini içine alan bir test geliştirmişlerdir. Bu çalışmada da Lowrie ve diğerlerinin (2016, 2017) çalışmaları referans alınarak, matematik öğretimi programında da önemine vurgu yapılan bu üç beceri üzerinde çalışılmıştır.

Tahmin ve Uzamsal Akıl Yürütme

Chrysostomou, Pitta-Pantazi, Tsingi, Cleanthous ve Christou (2012) yaptığı çalışmada uzamsal temsil bilişsel siviline sahip öğretmen adaylarının sayı hissi ve matematiksel akıl yürütmede daha başarılı oldukları görülmüştür. Bu doğrultuda çocuklar için bilindik uzamsal yapıların kullanılmasının çocukların sayı hissini ve sayılar arasındaki ilişkileri anlamalarında katkıda bulunacağı iddia edilmiştir.

Möhring, Frick ve Newcombe (2018) çalışmalarında beş ve yedi yaş aralığındaki çocukların sayı doğrusu tahminlerinde bulunurken kullandıkları uzamsal ölçekleme ve orantısal akıl yürütme becerilerinin rolü incelenmiştir. Araştırmanın sonunda uzamsal becerilerin öğrencilerin tahminleriyle ilişkili olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmada uzamsal bilgiyi (örneğin, yakınlıkta) görselleştirmede ve dönüştürmede yetenekli olan çocukların, sayısal büyüklükleri tahmin etmede daha başarılı oldukları belirtilmiştir. Yaştan bağımsız olarak uzamsal becerilerde başarılı olan öğrencilerin tahmin becerilerinde de başarılı olduğu belirlenmiştir. Araştırmacılar bir diğer çalışmada uzamsal işlemler üzerinde çalışmışlar ve uzamsal işlemleri uzamsal tahmin ve uzamsal ölçeklendirme olarak ikiye ayırmışlardır (Newcombe, Möhring ve Frick, 2018). Araştırmacılara göre uzamsal tahmin bebeklik dönemlerinde bile var olan ve yaş ilerledikçe daha da gelişen bir beceridir. Araştırmada uzamsal tahmin ile ilgili etkinlikte kum havuzuna gizlenen oyuncağın konumunun tahmin edilmesi istenmektedir. Çocuğun oyuncağın yeri ile ilgili kategoriler ve kodlamalar oluşturması, gerçek konuma yakın tahminlerde bulunması yaşla birlikte daha doğru sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır.

Mevcut Araştırma

Günlük yaşantımızda ve gelecek mesleki yaşantımızda doğru kararlar ve yargılar oluşturmak için görsel tahmin becerilerinin gelişmesi gereken bir beceri olduğu düşünülmektedir. 'Görsel tahminin' vurgulandığı matematik ile ilgili araştırmaların yeterli sayıda bulunmaması, ülkemizde bu kavramla ilgili yapılmış çalışmaya eğitim alanında incelenen kaynaklar içinde rastlanılamaması bu alanda çalışma yapılması ihtiyacını doğurmuştur. Böylece bu çalışmanın araştırmacılara, yapacakları çalışmalarda görsel tahminle ilgili yeni fikirler vereceği ve bu becerinin daha geniş çaplı ve uygulamalı alanlarda yer edineceği düşünülmektedir.

Tahmin becerilerinin zihinsel hesaplama, uzamsal görselleme, ölçme gibi diğer birçok matematiksel becerilerin üzerinde de yararlı etkileri olacağı düşünülmektedir. Öğrencilerin görsel temsillere ilkökul düzeyinde daha çok ihtiyaç duyduğu da göz önünde bulundurulduğunda görselleme ve tahminin bulunduğu bir öğrenme ortamının oluşmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmayla ortaya çıkan görsel tahminle ilgili betimsel analizlerin diğer becerileri nasıl etkilediği ve hangi değişkenlerden etkilendiği belirlenmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda alan yazına görsel tahminle ilgili çalışmaların eklenmesi ve bu alanda farkındalık kazanılması bakımından bu çalışma önemli görülmektedir. Ayrıca

yurtdışında görsel tahminle ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların genellikle eğitim alanı dışında olduğu görülmüştür. Bu çalışmaların çoğunlukla fen, tıp, tarım ve gıda sektörü alanlarında yapıldığı dikkati çekmiştir.

Araştırmadaki bir başka değişken olan uzamsal akıl yürütmenin rolü sınıf uygulamalarında sınırlı bir ilgi görmektedir (Mulligan, Woolcott, Mitchelmore ve Davis, 2018). Uttal ve diğerleri (2013) yaptıkları meta-analiz çalışmasında, eğitim uygulamaları sayesinde uzamsal becerilerin büyük oranda geliştirilebilir olduğunu göstermiştir. Araştırmadaki 206 çalışmanın sadece 53'ünün 13 yaşın altındaki çocuklarda yapıldığı dikkati çekmektedir. Benzer olarak Morris (2018), ikinci, üçüncü, dördüncü ve beşinci sınıflardaki öğrenciler için matematiksel uzamsal beceriler üzerinde sınırlı miktarda çalışma yapıldığını belirtmiştir. Uzamsal akıl yürütme erken çocukluk için kritik bir kavram olsa da, küçük çocuklarda bu yapıları ölçmeye odaklanan az sayıda değerlendirme vardır (Perry, 2016).

Okul öncesinden üniversiteye kadar olan seviyelerde uzamsal becerilerin matematik başarısının güvenilir bir yordayıcısı olduğuna dair ikna edici kanıtlar olmasına rağmen, ilkokul yıllarında uzamsal ve matematik başarısı arasındaki ilişkiyi araştıran bir araştırma eksikliği vardır (Gilligan, Flouri ve Farran, 2017; Young, Levine ve Mix, 2018; Moris, 2018). Çalışmanın ilkokul dördüncü sınıf öğrencileriyle yürütülmesi bakımından bu eksikliğe katkı sunacağı düşünülmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı ilkokul öğrencilerinin uzamsal akıl yürütme becerileri ve görsel tahmin becerileri arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu amaç doğrultusunda öğrencilerin;

1. uzamsal akıl yürütme becerileri, görsel tahmin becerileri cinsiyetlerine göre farklılaşmakta mıdır?
2. uzamsal akıl yürütme becerileri, görsel tahmin becerileri arasındaki ilişki nedir? sorularına cevap aranmıştır.

Yöntem

Araştırmanın amacı doğrultusunda nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. İlişkisel tarama modelleri, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek ve tanımlamak için ilişkisel istatistik türlerinin kullanıldığı modellerdir (Creswell, 2014).

Katılımcılar

Araştırmada tesadüfi olmayan örnekleme tekniklerinden uygun örnekleme tercih edilmiştir. Uygun örnekleme, hali hazırda var olan istekli, gönüllü ya da kolaylıkla örnekleme dahil edilebilecek kişileri araştırmaya katmadır (Christensen, Burke ve Turner, 2015). Araştırmanın örneklemi 2017-2018 eğitim-öğretim yılında dört ayrı devlet okulunda öğrenim gören, toplam 445 dördüncü sınıf öğrencisinden oluşmaktadır. Öğrencilerin 219'u erkek, 226'sı kızdır.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada iki veri toplama aracı kullanılmıştır. Bunlar, Görsel tahmin Becerileri Testi ve Uzamsal Akıl Yürütme Testidir.

Görsel Tahmin Becerileri Testi için bazı araştırmacıların (Markovits ve Hershkowitz, 1997; Markovits ve Hershkowitz, 1993 ve Ansari, Donlan ve Karmiloff-Smith, 2007) çalışmalarına dayanarak, başlangıçta 30 soruluk bir test geliştirilmiştir. Bu soruların yarısı şekil üzerinden tahminle ilgilidir (sayı doğrusunda işaretli noktayı tahmin etme, açıyı tahmin etme, orantı - ne kadar kullanıldığını tahmin etme, miktarı tahmin etme, referansı kullanarak şeklin boyutunu tahmin etme ...) ve diğer yarısı, diğer araştırmacılar tarafından da kullanılan nokta sayısını (1'den 20'ye kadar) tahmin etmekle ilgilidir. Her soru için bir PowerPoint sunumu hazırlanmış ve soruların düzenlenmesi ve nasıl sunulacağı konusunda uzman görüşleri alınmıştır. Her slayt için Healey, Booth ve Enns'in (1996) ve Ansari ve diğerlerinin (2007) çalışmalarında belirlemiş olduğu süreler dikkate alınarak 250 milisaniye olarak belirlenmiştir. Bu süre öğrencinin tahmin yerine saymayı tercih etmesini engellemek için belirlenen ideal bir süredir. Öğrenci tahmin edeceği slaytı gördükten sonra ekranda boş slayt belirlemekte öğrencinin tahminini söylemesi için öğrenciye süre tanınmaktadır.

Başlangıçta 66 öğrenciye 15 inçlik bir bilgisayarla tahminde bulunulacak her slayt için 250 milisaniyelik bir süre tanınan 30 soru sorulmuştur. Testte her tam doğru cevap için iki puan, kısmen doğru cevaplar için bir puan ve yanlış cevaplar için sıfır puan verilmiştir. Kısmen doğru cevaplar öğrencilerin cevapları doğrultusunda doğru cevaba yakınlık derecesine göre standartlaştırılmış her soru için kısmen doğru cevap aralığı belirlenmiştir.

30 soruya verilen cevaplar incelenerek madde analizi yapılmıştır. Madde analizi sonucunda madde güçlük indeksleri hesaplanmış ve ,30 üzerindeki maddeler atılarak 20 soruluk bir test elde edilmiştir. Oluşturulan testin Cronbach's Alpha değeri ,67 olarak bulunmuştur. Tavşancıl (2006) ve Özdamar (2002, s. 667) testin Cronbach's Alpha katsayısının ,60 ile ,79 olması durumunda testin güvenilir olduğunu belirtmişlerdir. Testin kapsam geçerliliğini sağlamak için Lawshe analizi yapılmıştır. Uzmanlardan gelen düzenlemeler yapıldıktan sonra testin yapısal geçerliliğini belirlemek için diğer bir faktör analizi olan doğrulayıcı faktör analizi kullanılmıştır. Doğrulayıcı faktör analizi sonucunda testin uyum indekslerinin sınır değerleri arasında olduğu belirlenmiştir ($\chi^2(244) = 190,182$, $p = ,058$; GFI = ,93; AGFI = ,91; CFI = ,85; SRMR = ,056; RMSEA = ,027).

Araştırmada kullanılan ikinci test, Uzamsal Akıl Yürütme Testidir. Ramful, Lowrie ve Logan (2017) tarafından geliştirilen Uzamsal Akıl Yürütme Testi öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerilerini ölçmek için kullanılmıştır. Test 3 kategoriden oluşmaktadır: uzamsal görselleştirme (10 soru), zihinsel döndürme (10 soru) ve uzamsal yönelme (10 soru). Test, ilkökul seviyesindeki öğrenciler için hazırlanmıştır. Başlangıçta 30 sorudan oluşan test, madde analizi (uzamsal görselleştirme (6 soru), zihinsel rotasyon (7 soru) ve uzamsal yönelim (7 soru) sonucunda madde güçlük indeksleri hesaplanmış ve ,30'un üzerindeki maddeler atılarak 20 soruluk bir test elde edilmiştir. Daha sonra testin güvenilir olduğunu gösteren KR-20 değeri ,71 olarak hesaplanmıştır.

Verilerin Toplanması

Araştırmada hedeflenen amaca ulaşmak için nicel veri toplama araçları kullanılmıştır. Veri toplama araçlarının geliştirilmesi, yapısal uygunluklarının test edilmesi, geçerlik-güvenirlik çalışmalarının yapılmasının ardından uygulama sürecine geçilmiştir. Bu süreçte öncelikle MEB'den (Milli Eğitim Bakanlığı) gerekli izinler alınmış, çalışma grupları belirlenmiştir. Daha sonra sınıflarında uygulama yapılacak öğretmenlerin çalışmanın amacından, uygulama ve veri toplama süreçlerinden haberdar edilmiştir. Araştırmaya katılmak istemeyen öğrencinin sürece dâhil edilmemesi sağlanmıştır. Öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerilerini belirlemeye yönelik Uzamsal Akıl Yürütme Testi uygulanmıştır. Bu test 40 dakikalık bir ders saatinde tamamlanmıştır. Görsel tahmin becerilerini belirlemek için ise Power Point sunumu yardımıyla Görsel Tahmin Becerileri Testi uygulanmıştır. Bu testin verileri okul idaresinin uygun gördüğü bir ortamda (derslik, etkinlik sınıfı, rehber öğretmen odası) öğrencilerin tek tek çağırılmasıyla toplanmıştır. Ortamda öğrencinin dikkatini dağıtacak herhangi bir materyalin olmamasına dikkat edilmiştir. Araştırmacının getirdiği 15 inçlik bir bilgisayarla daha önceden hazırlanmış ortalama 250 milisaniyelik süreyle Powerpoint slaytları gösterilerek öğrencilerin tahminde bulunmaları sağlanmıştır. Öğrencilerin yaptıkları tahminler araştırmacı tarafından not alınmıştır. Her bir öğrencinin soruları cevaplama süresi ortalama 6 dk sürmüştür.

Veri Analizi

Öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerilerinin ve görsel tahmin becerilerinin cinsiyetlerine göre farklılaşıp farklılaşmadığı Tek yönlü MANOVA analizine göre incelenmiştir. Uzamsal akıl yürütme becerisi ile görsel tahmin becerisi arasında ilişki olup olmadığına ise korelasyon matrislerine bakılarak karar verilmiştir. Bu analizleri yapmak için IBM SPSS 24,0 programı kullanılmıştır. Değişkenlerin normal dağıldığı gözlenmiş, bu yüzden de parametrik testler için kullanılan analiz yöntemleri tercih edilmiştir. Bunun yanında "Öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerileri görsel tahmin becerilerini anlamlı bir şekilde yordamaktadır" hipotezini test etmek için Yol Analizi kullanılmıştır. Yol analizleri, hipotezi kurulan modeldeki değişkenlerin eş zamanlı olarak ilişkilerini ve birbirlerine olan etkilerini analiz etmek ve geliştirilen yol modelinin uygun olup olmadığını incelemek amacıyla yapılmaktadır (Muthén ve Muthén, 2006). Yapısal eşitlik modellerinde serbest parametreleri tahmin etmek için standart Maksimum

Likelihood Estimation yöntemi, model uyumunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Buna göre, anlamlı olmayan bir ki-kare (χ^2), bunun yanında ,05 veya daha düşük bir hata karelerinin ortalamasının karekökü (RMSEA) ve ,95'in üzerindeki bir Karşılaştırmalı Uyum İndeksi (CFI) değeri güçlü bir uyumu gösterir (Kline, 2005).

Bulgular

Öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerileri ve görsel tahmin becerileri cinsiyetlerine göre farklılaşmış olduğunu incelemek için tek yönlü MANOVA analizi kullanılmıştır. Birden fazla bağımlı değişkene tek bir bağımsız değişkenin anlamlı farklılık gösterip göstermediğini test etmek amacıyla tek yönlü MANOVA kullanılmaktadır (Kalaycı, 2010). Tek yönlü MANOVA'nın sayıtlarından biri olan bağımlı değişkenlerin tek değişkenli normalliği sağladığı görülmüştür. Çok değişkenli normallik için değişkenlerin Mahalanobis uzaklıklarına bakılmış, uç değerlerin olmadığı görülmüş ve değişkenlerin çok değişkenli normalliği sağladığı görülmüştür. Diğer sayıtlar ise bağımlı değişkenler arasında doğrusal bir ilişki olması ve bağımlı değişkenlere ilişkin puanların varyans kovaryans matrisleri homojen olması gerekmektedir. Bağımlı değişken için doğrusal bir ilişkinin olup olmadığına çoklu korelasyon katsayıları hesaplayarak değişkenlerin pozitif yönde doğrusal bir ilişki gösterdikleri ortaya çıkmıştır. Varyans-kovaryans matrisleri homojenliğini test etmek için, analiz sırasında Box's M Testi ve Levene Testi kullanılmış bu matrislerin homojen olduğu görülmüştür. Box's M testi sonucu ,05'ten büyük olduğu için, çoklu karşılaştırma testi olarak Wilk's Lambda testi sonucu tercih edilmiştir. Wilk's Lambda Testi sonuçları, öğrencilerin problem çözme, görsel tahmin becerileri ve uzamsal akıl yürütme becerisi puanlarının doğrusal kombinasyonlarının cinsiyetleri açısından anlamlı bir farklılık oluşturmadığını göstermiştir ($\lambda = ,996$, $F(1,443) = ,574$, $p = ,633$). Öğrencilerin cinsiyetlerine göre değişkenlerin betimsel analizi Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1.
Cinsiyetlerine Göre Değişkenlerin Betimsel Analizi

Değişkenler	Cinsiyet	\bar{X}	s	N
Uzamsal Akıl Yürütme Becerileri	Erkek	12,10	4,03	219
	Kız	11,97	3,79	226
	Toplam	12,04	3,91	445
<i>Zihinsel döndürme</i>	Erkek	3,91	1,73	219
	Kız	3,84	1,61	226
	Toplam	3,88	1,67	445
<i>Uzamsal görselleştirme</i>	Erkek	3,31	1,50	219
	Kız	3,44	1,44	226
	Toplam	3,37	1,47	445
<i>Uzamsal yönelme</i>	Erkek	4,79	1,81	219
	Kız	4,65	1,71	226
	Toplam	4,72	1,76	445
Görsel Tahmin Becerileri	Erkek	18,62	4,95	219
	Kız	18,61	5,05	226
	Toplam	18,61	4,99	445

Tablo 1 incelendiğinde uzamsal akıl yürütme testinde erkek öğrencilerin ortalaması 12,10 olurken, kız öğrencilerin ortalaması 11,97'dir. Ortalamalar incelendiğinde uzamsal akıl yürütme testinde erkeklerin daha yüksek ortalamaya sahip olduğu görülmüştür. Uzamsal akıl yürütme becerilerinden olan zihinsel döndürmede erkeklerin ortalaması 3,91, kızların ortalaması 3,84; uzamsal görselleştirmede erkeklerin ortalaması 3,31, kızların ortalaması 3,44; uzamsal yönelmede erkeklerin ortalaması 4,79, kızların ortalaması 4,65'tir. Buna göre erkeklerin ortalaması zihinsel döndürmede ve uzamsal yönelme becerilerinde daha yüksek iken kızların ortalaması uzamsal görselleştirme becerilerinde daha yüksektir. Görsel tahmin becerileri testinde erkeklerin ortalaması 18,62 iken, kızların ortalaması ise 18,61'dir. Ortalamalar incelendiğinde görsel tahmin becerileri testinde erkek öğrencilerin daha yüksek ortalamaya sahip olduğu ortaya çıkmıştır.

Tablo 2, öğrencilerin uzamsal akıl yürütme, görsel tahmin ve problem çözme başarı puanlarının cinsiyetleri açısından MANOVA test sonuçlarını göstermektedir.

Tablo 2.
MANOVA Testi Sonuçları

Bağımlı Değişkenler	Cinsiyet	N	\bar{X}	s	sd	F	p	η^2
Uzamsal Akıl Yürütme Becerileri	Erkek	219	12,10	4,03	1-443	,117	,732	,00
	Kız	226	11,97	3,79				
Görsel Tahmin Becerileri	Erkek	219	18,62	4,95	1-443	,001	,975	,00
	Kız	226	18,61	5,05				

Tablo 2 incelendiğinde, öğrencilerin cinsiyetleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmamıştır. MANOVA analizlerinde bağımlı değişkenlerin sonuçları ayrı ayrı ele alındığında öğrencilerin Uzamsal akıl yürütme becerileri puanlarının cinsiyet açısından anlamlı bir farklılık göstermediği gözlenmiştir (F (1,443)= ,117, $p > ,05$). Görsel tahmin becerileri puanlarının cinsiyete göre değişmediği belirlenmiştir (F (1,443)= ,001, $p > ,05$).

Öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerileri ve görsel tahmin becerileri arasındaki ilişkiyi belirlemek için öncelikle bu değişkenlerin ortalamalarına ve standart sapmalarına bakılmıştır. Tablo 3'te değişkenlerin betimsel analizi gösterilmiştir.

Tablo 3.
Değişkenlerin Ortalamaları ve Standart Sapmaları (N= 445)

		Değişkenler	\bar{X}	s	N
Araştırmada Kullanılan Testler		Uzamsal Akıl Yürütme Testi	12,04	3,91	445
		<i>Zihinsel döndürme</i>	3,88	1,67	445
		<i>Uzamsal görselleştirme</i>	3,37	1,47	445
		<i>Uzamsal yönelme</i>	4,72	1,76	445
		Görsel Tahmin Becerisi Testi	18,61	4,99	445

Tablo 3'e göre öğrencilerin yapılan testlerden aldıkları puanlara göre ortalamaları ve standart sapmaları verilmiştir. Uzamsal akıl yürütme testinden aldıkları puanların ortalaması 12,04 olurken, görsel tahmin becerisi testinden aldıkları puanların ortalaması 18,61'dir. İki ya da daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi incelemek için çoklu korelasyon analizi kullanılır. Tablo 4'te tüm bu değişkenler arasındaki ilişkiye bakmak için çoklu korelasyon matrisleri verilmiştir.

Tablo 4.
Dört Değişken için Korelasyon Matrisi

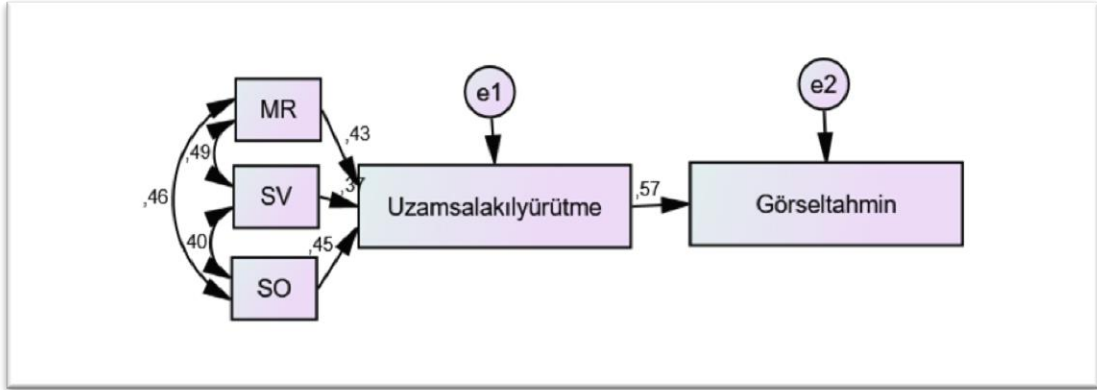
Değişken	1	2	3	4	5
Uzamsal Akıl Yürütme Testi	-				
<i>Zihinsel döndürme</i>	,810*	-			
<i>Uzamsal görselleştirme</i>	,755*	,488*	-		
<i>Uzamsal yönelme</i>	,790*	,460*	,405*	-	
Görsel Tahmin Becerisi Testi	,568*	,466*	,482*	,392*	-

* $p < ,01$ (çoklu testler için ayarlandı.)

Tablo 4 incelendiğinde uzamsal akıl yürütme becerisi ve görsel tahmin becerisi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki olduğu görülmektedir ($r = ,568$, $p < ,01$). Bu ilişkinin yanında görsel tahmin becerisi ile zihinsel döndürme ($r = ,466$, $p < ,01$), uzamsal görselleştirme ($r = ,482$, $p < ,01$) ve uzamsal yönelme ($r = ,392$, $p < ,01$) arasında da pozitif yönlü manidar bir ilişki tespit edilmiştir. Korelasyon matrisleri dikkate alındığında, görsel tahmin becerileri ile uzamsal beceriler arasından diğerlerine göre en güçlü ilişki uzamsal görselleştirme arasındadır.

Hipotez: Öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerileri görsel tahmin becerilerini anlamlı bir şekilde yordamaktadır.

Yol modelini test etmek için uzamsal akıl yürütme ve problem çözme değişkenlerinden elde edilen model Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. Yol Modeli (MR: Zihinsel Döndürme (Metal Rotation), SV: Uzamsal Görselleştirme (Spatial Visualization), SO: Uzamsal Yönelme (Spatial Orientation))

Şekil 1’de görüldüğü üzere, uzamsal akıl yürütme becerisi ve görsel tahmin becerisi değişkenleri ile oluşturulan yol modeli analiz edildiğinde uzamsal akıl yürütme becerisi ve görsel tahmin becerisi değişkenleri arasında kurulan ilişki bakımından elde edilen sonuçların istatistiksel olarak anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır. Elde edilen bu yol modeline ilişkin değerler incelendiğinde çoğunlukla iyi uyuma karşılık geldiği görülmektedir ($\chi^2(8) = 6,96, p > ,05$; RMSEA = ,05; SRMR = ,02; GFI = ,99; CFI = ,99). Tablo 5’te yol modeline ait uyum iyiliği değerleri gösterilmektedir.

Tablo 5.
Yol Modeli Uyum İyiliği İndeksleri

Uyum İyiliği İndeksleri	İkinci Yol Modeli	İyi Uyum*	Kabul Edilebilir Uyum*
χ^2/df	2,32	$0 \leq \chi^2/df \leq 2$	$2 \leq \chi^2/df \leq 5$
GFI	,99	$,95 \leq GFI \leq 1$	$,85 \leq GFI \leq ,95$
AGFI	,96	$,95 \leq AGFI \leq 1$	$,85 \leq AGFI \leq ,95$
CFI	,99	$,95 \leq CFI \leq 1$	$,80 \leq CFI \leq ,95$
SRMR	,020	$0 \leq SRMR \leq ,05$	$,05 \leq SRMR \leq ,08$
RMSEA	,05	$0 \leq RMSEA \leq ,05$	$,05 \leq RMSEA \leq ,08$

Tablo 5 incelendiğinde elde edilen sonuç, öğrencilerin uzamsal akıl yürütme testinden aldıkları puanların, görsel tahmin becerileri testinden aldıkları puanları pozitif yönde anlamlı bir şekilde yordadığını göstermiştir ($\beta_{uzamsalakil \rightarrow G\oerseltahmin} = ,57$).

Tartışma ve Sonuç

Öğrencilerin cinsiyetlerine göre uzamsal akıl yürütme becerileri arasında anlamlı bir farklılık yoktur. Uzamsal akıl yürütme becerileri testinden aldıkları puan ortalamaları incelendiğinde erkeklerin ortalaması daha yüksektir. Ancak bu durum anlamlı bir farklılığı doğurmamaktadır. Voyer, Voyer ve Bryden (1995) uzamsal becerilerdeki cinsiyet farkının 10 yaşına kadar ortaya çıkmayacağını belirtmiştir. Buna benzer olarak Rutherford, Karamarkovich ve Lee (2018) üç farklı yaş grubuyla çalışmıştır. Beşinci, dördüncü ve üçüncü sınıf öğrencileriyle yaptıkları çalışmada cinsiyetin uzamsal becerileri belirlemede etkili olmadığını ve cinsiyete göre öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerilerinde anlamlı bir farklılık olmadığını ortaya çıkarmışlardır. Dördüncü sınıf öğrencileriyle çalışılan başka çalışmalarda da uzamsal düşünme becerilerinde cinsiyetin moderatör görevi olmadığı yönündedir (Çilingir-Altiner, 2018; Olkun ve Altun, 2003). Bu bulgulara rağmen, bazı araştırmacılar, erken çocuklukta, ilkokulun başlangıcında, çocukluk ve ergenlik döneminde uzamsal beceri testlerindeki cinsiyet farklılıklarının mevcut olduğunu belirtmişlerdir (Lockman, Fears ve Lewis, 2018).

Okul çağındaki erkekler ve kızlar arasındaki uzamsal etkinlikler arasındaki performans farklılıklarını inceleyen kapsamlı bir literatür bulunmaktadır. Bazı araştırmalar, son 10 yılda cinsiyetten kaynaklanan farklılıkların azaldığını vurgulamasına rağmen (Spelke, 2005), diğer araştırmalarda erkeklerin lehine ortaya çıkan farklılıklar olduğunu belirtmiştir (Hill, 2011; Thomson, De Bortoli, Nicholas, Hillman ve Buckley, 2010). Bu yüzden cinsiyet değişkeni ile yapılan çalışmaları tekrarlamak önemli görülmüştür. İncelenen farklı güncel araştırmalarda da uzamsal becerilerde cinsiyet değişkeninin farklılık yaratıp yaratmadığı ile net ve kesin bir sonuç bulunmamaktadır.

Araştırmada elde edilen bir diğer bulguya göre öğrencilerin cinsiyetlerinin onların görsel tahmin becerilerinde bir farklılık yaratmadığı görülmüştür. Puan ortalamaları incelendiğinde kız ve erkek öğrencilerin ortalamaları arasında erkekler lehine çok az fark bulunmuştur, ancak bu anlamlı bir farklılığı göstermemektedir. İncelenen literatürde görsel tahmin becerileri ve cinsiyet değişkeni ile ilgili çalışmaya rastlanmadığı için tahmin ve sayı hissi ile ilgili yapılan incelenmiştir. Buna göre sayı hissi ile ilgili çalışmalarda benzer bir sonuca ulaşılmış ve cinsiyet değişkeninin anlamlı bir farklılık oluşturmadığı belirtilmiştir (Mullis, Martin, Gonzalez ve Chrostowski, 2004; Yun-hing, 2007; Kayhan-Altay, 2010). Benzer olarak Tekinkır (2008) da ölçüm tahmin becerilerinde cinsiyetin bir etkisinin olmadığını belirtmişlerdir. Ancak, LeFevre ve diğerleri (2013) ikinci, üçüncü ve dördüncü sınıf düzeyinde yaptığı çalışmada erkeklerin sayı doğrusu tahminlerinde kızlara göre daha iyi performans sergilediklerini belirtmişlerdir. Brydges (2013) çalışmasında sekizinci sınıf ve üniversite düzeyinde açarın görsel tahmininde hem yaş hem de cinsiyetin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu bulmuştur.

Araştırmada uzamsal akıl yürütme becerisi ile görsel tahmin becerisi arasında pozitif yönde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Bu bulguyu desteklemek için incelenen araştırmalara göre Thorndyke ve Goldin (1983), bireylerin günlük yaşamında her ortamda uzamsal performanslarını ve tahmin etme becerilerini sıklıkla kullandıklarını belirtmişlerdir. Araştırmacılara göre bir güzergah boyunca ya da kargaların uçtuğu yer arasındaki mesafeleri tahmin etmeyi, mevcut konumdan görünmeyen bir konumun başlangıcını tahmin etmeyi uzamsal beceri olarak tanımlamışlardır. Ek olarak, çalışmalar (Shumway, 2013; Coffman-Wolph, Gray ve Pool, 2018), güçlü uzamsal akıl yürütme becerilerine sahip öğrencilerin daha iyi “sayı hissine” sahip olduklarını ve aynı zamanda bu öğrencilerin kafalarındaki matematiği “görme” (zihinde canlandırma) gibi niceliklerde daha başarılı olduğunu belirtmişlerdir. Uzamsal akıl yürütme becerisi ile sayı doğrusu tahmin becerisi arasındaki yakın ilişkinin sebebi olarak her iki becerinin de öğrencinin zihinlerinde gerçekleşmesi olarak gösterilmiştir (Möhring ve diğerleri, 2018). Örneğin öğrencinin sayı doğrusu üzerindeki bir noktadaki sayının büyüklüğünü anlamak ve bu büyüklük için olası sayı aralıklarını esnek biçimde zihinlerinde haritalamaları gerekmektedir. Uzamsal ölçekleme esnasında da bu şekilde bir haritalama gerekebilir. Örneğin çocuk, küçük bir haritada gösterilen bir alanın büyüklüğünü belirleyebilmek için başka referans olarak alınan bir alanın büyüklüğünü kullanmaktadır. Bu büyüklük bilgisini esnek bir şekilde dönüştürme kabiliyeti, uzamsal akıl yürütme ile tahmin becerisini birleştiren önemli bir bağlantı olarak görülebilir (Mix ve Cheng, 2012). Hogan ve Brezinski (2003), ölçme tahminlerinde özellikle uzamsal becerilerin önemine dikkat çekmiştir. Ansari ve diğerleri (2007) görsel-uzamsal işlemlerin, görsel tahmin yapılırken sayısal büyüklükleri belirleyebilmede çok önemli olduğunu belirtmişlerdir. Bu da diğer araştırmalardan elde edilen sonuçların, bu araştırmadaki sonuçları destekler nitelikte olduğu ve benzer teorilerin ileri sürüldüğünü göstermektedir.

Yapılan yol modelinde öne sürülen “Öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerileri görsel tahmin becerilerini anlamlı bir şekilde yordamaktadır” hipotezi doğrulanmıştır ($\beta = ,57$). Elde edilen sonuca göre, öğrencilerin uzamsal akıl yürütme becerileri, görsel tahmin becerilerini pozitif yönde anlamlı bir şekilde yordadığını göstermiştir. Jones, Gardner, Taylor, Forrester ve Andre (2012) de görsel-uzamsal becerilerin tahmine katkıda bulunabileceğini belirtmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda ise uzamsal becerilerin sayı doğrusu tahmin becerilerini arttırmayı öngördüğü belirlenmiştir ($\beta = ,69$) (LeFevre ve diğerleri, 2013), ($\beta = ,37$) (Frick, 2018).

Sonuç ve Öneriler

Sonuç olarak cinsiyet faktörü bu çalışmada etkili bulunmamıştır. Diğer çalışmalar göz önüne alındığında ise cinsiyet faktörünün kesin bir belirleyici olduğu söylenemez. Çünkü bu araştırmalarda da

öğrencilerin geçmiş yaşantılarında aldıkları eğitimleri hakkında geniş bir araştırma yapılmamıştır. Eğitim almanın düşük uzamsal performans gösteren çocuklarda, cinsiyetten kaynaklanan farklılıklarını azaltmada büyük başarıya sahip olduğu belirtilmiştir (Lockman ve diğerleri, 2018). Joh (2016) yaptığı çalışmada çocukların ek eğitim aldıklarında cinsiyetleri bakımından uzamsal akıl yürütme becerileri arasında farklılık bulunmasına rağmen, ek eğitim almadıklarında cinsiyetleri arasında anlamlı farklılığın olmadığı gözlenmiştir. Cinsiyet farkının eğitim yoluyla ve öğrenme fırsatlarıyla ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden öğrencilerin geçmiş yaşantılarındaki deneyimleri ve aldıkları eğitimler bilinmeden genelleme yapmak hata olabilir.

Öğrencilerin sahip oldukları uzamsal akıl yürütme becerileri ile görsel tahmin becerilerinin ilişkili olduğu bulunmuş ve uzamsal akıl yürütme becerilerinin görsel tahmin becerilerini yordadığı görülmüştür. Çeşitli disiplinleri (örn: STEM) etkilediği görülen uzamsal akıl yürütme becerilerini desteklerken; yine çeşitli disiplinleri (örn: fen, matematik, tıp) etkileyeceği düşünülen görsel tahmin becerilerinin de desteklenmesi önemli görülmektedir. Eğitim alanında görsel tahmin becerileri ile ilgili çalışmaların daha fazla yapılmasıyla bu beceriyi etkileyen diğer değişkenlerin belirlenmesi sağlanabilir.

Teşekkür: Çalışma, 1649B031500067 nolu 2015/1 dönemi 2211-A Yurtiçi Doktora Burs Programı kapsamında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir.

References

- Ansari, D., Donlan, C., & Karmiloff-Smith, A. (2007). Typical and atypical development of visual estimation abilities. *Cortex*, 43, 758–768. DOI:10.1016/s0010-9452(08)70504-5
- Brydges, C. E. (2013). *Students' visual estimation of angles and their proficiency with angular measurement tools*. Doctoral Dissertation, State University of New York at Fredonia. New York.
- Cheng, Y. L., & Mix, K. S. (2014). Spatial training improves children's mathematics ability. *Journal of Cognition and Development*, 15(1), 2-11. DOI:10.1080/15248372.2012.725186
- Christensen, B. L., Johnson Burke, R., & Turner, A. L. (2015). *Research methods, design, and analysis, Araştırma yöntemleri desen ve analiz*. Çeviri Ed. Ahmet AYPAY. Ankara: Anı Yayıncılık.
- Chrysostomou, M., Pitta-Pantazi, D., Tsingi, C., Cleanthous, E., & Christou, C. (2013). Examining number sense and algebraic reasoning through cognitive styles. *Educational Studies in Mathematics*, 83(2), 205-223. DOI:10.1007/s10649-012-9448-0
- Coffman-Wolph, S., Gray, K., & Pool, M. (2018, Nov.). Designing an Escape Room Game to Develop Problem Solving and Spatial Reasoning Skills. *Aseel-in Section Conference (Innovations in Curriculum)*, West Lafafayette, Indiana
- Creswell, J. W. (2014). *Nitel, Nicel Araştırma Deseni ve Karma Yöntem Yaklaşımları* (Çev. Ed. SB Demir). Ankara: Eğiten Kitap.
- Çilingir-Altiner, E. (2018a). *İlkokul dördüncü sınıf öğrencilerinin matematiksel düşünme profillerine göre görsel tahmin ile uzamsal akıl yürütme becerilerinin ve problem çözme performanslarının incelenmesi*. Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Eğitim Fakültesi, İstanbul.
- Çilingir-Altiner, E. (2018b). Relationship between spatial thinking and puzzle games of elementary school students. *International Online Journal of Educational Sciences*, 10(1), 75-87, DOI:10.15345/ijoes.2018.01.008.
- Gilligan, K. A., Flouri, E., Farran, E. K. (2017). The contribution of spatial ability to mathematics achievement in middle childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, 163: 107–125. DOI:10.1016/j.jecp.2017.04.016
- Healey, C. G., Booth, K. S., & Enns, J. T. (1996). High-speed visual estimation using preattentive processing. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 3(2), 107-135. DOI:10.1145/230562.230563
- Hill, J. C. (2011). Gender differences in NAPLAN mathematics performance. In J. Clark, B. Kissane, J. Mousley, T. Spencer, & S. Thorton (Eds.), *Mathematics: traditions and (new) practices: proceedings of the AAMT-MERGA conference* (pp. 366–372). Alice Springs: AAMT – MERGA
- Hogan, T. P. & Brezinski, K. L. (2003) Quantitative estimation: one, two, or three abilities?, *Mathematical Thinking and Learning*, 5(4), 259-280, DOI:10.1207/S15327833MTL0504_02
- Joh, A. S. (2016). Training effects and sex difference in preschoolers' spatial reasoning ability. *Developmental Psychobiology*, 58(7), 896–908. DOI:10.1002/dev.21445
- Jones, H. (1979). Visual estimation of plant water status in cereals. *The Journal of Agricultural Science*, 92(1), 83-89. https://doi.org/10.1017/S0021859600060524
- Jones, M. G., Gardner, G. E., Taylor, A. R., Forrester, J. H., & Andre, T. (2012). Students' accuracy of measurement estimation: Context, units, and logical thinking. *School Science and Mathematics*, 112(3), 171-178. DOI:10.1111/j.1949-8594.2011.00130.x
- Joram, E., Subrahmanyam, K., & Gelman, R. (1998). Measurement estimation: Learning to map the route from number to quantity and back. *Review of Educational Research*, 68, 413–449.
- Kalaycı, Ş. (2010). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri* (Vol. 5). Ankara, Turkey: Asil Yayın Dağıtım

- Kawasaki, Y., Sakai, M., Nishimura, K., Fujiwara, K., Fujisaki, K., Shimpo, M., & Akamatsu, R. (2016). Criterion validity of the visual estimation method for determining patients' meal intake in a community hospital. *Clinical Nutrition, 35*(6), 1543-1549. DOI:10.1016/j.clnu.2016.04.006
- Kell, H., Lubinski, D., Benbow, C., & Stieger, J. (2013). Who rises to the top? Early indicators. *Psychological Science, 24*(5), 648–659. DOI:10.1177/0956797612457784.
- Kline, R. B. (2005). *Principles and practice of structural equation modeling (2nd ed.)*. New York: The Guilford Press.
- Küçükoğlu, S. (2019). *Postpartum ilk 24 saatte kan kaybının değerlendirilmesinde; görsel tahmin, kan miktarının tartılması, klinik belirti ve bulgularının kullanımı [Visual estimation, blood volume calculation, and the use of clinical symptoms and findings in evaluation of postpartum hemorrhage within the first 24 hours after delivery]*. Unpublished Master of Thesis, Marmara University, Department of Obstetrics and Gynecology Nursing, İstanbul.
- LeFevre, J. A., Jimenez Lira, C., Sowinski, C., Cankaya, O., Kamawar, D., & Skwarchuk, S. L. (2013). Charting the role of the number line in mathematical development. *Frontiers in Psychology, 4* (641), 1-9. DOI:10.3389/fpsyg.2013.00641
- Lockman, J. J., Fears, N. E., & Lewis, E. A. (2018). *Spatial development*. *Oxford Research Encyclopedia of Psychology*, https://www.researchgate.net/profile/Nicholas_Fears/publication/324065374_Spatial_Development/links/5abbb31045851584fa6d3c22/Spatial-Development.pdf adresinden 5 Ekim 2018 tarihinde edinilmiştir.
- Lowrie, T., Logan, T., & Ramful, A. (2016). Spatial Reasoning Influences Students' Performance on Mathematics Tasks. In White, B., Chinnappan, M. & Trenholm, S. (Eds.). *Opening up mathematics education research* (Proceedings of the 39th annual conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia), pp. 407–414. Adelaide: MERGA.
- Lowrie, T., Logan, T., & Ramful, A. (2017). Visuospatial training improves elementary students' mathematics performance. *British Journal of Educational Psychology, 87*(2), 170–186. DOI:10.1111/bjep.12142
- Markovits, Z., & Hershkowitz, R. (1993). Visual estimation of discrete quantities. *ZDM, 93*(4), 137-140.
- Markovits, Z., & Hershkowitz, R. (1997). Relative and absolute thinking in visual estimation processes. *Educational Studies In Mathematics, 32*(1), 29-47.
- Mix, K. S., & Cheng, Y. L. (2012). The relation between space and math: Developmental and educational implications. In J. B. Benson (Ed.), *Advances in child development and behavior* (Vol. 42, pp. 201–247). New York, NY: Elsevier. DOI:10.1016/B978-0-12-394388-0.00006-X
- Morris, Sharon W., (2018). *The effect of gender on spatial ability and spatial reasoning among students in grades 2-8*. Doctoral Dissertations and Projects. 1751. <https://digitalcommons.liberty.edu/doctoral/1751> adresinden 29 Eylül 2018 tarihinde edinilmiştir.
- Möhring, W., & Frick, A. (2013). Touching up mental rotation: Effects of manual experience on 6-month-old infants' mental object rotation. *Child Development*. DOI:10.1111/cdev.12065.
- Mulligan, J., Woolcott, G., Mitchelmore, M., & Davis, B. (2018). Connecting mathematics learning through spatial reasoning. *Mathematics Education Research Journal, 30*(1), 77-87. DOI:10.1007/s13394-017-0210-x
- Mullis, I. V., Martin, M. O., Gonzalez, E. J., & Chrostowski, S. J. (2004). *TIMSS 2003 international mathematics report: Findings from IEA's trends in international mathematics and science study at the fourth and eighth grades*. TIMSS & PIRLS International Study Center. Boston College, 140 Commonwealth Avenue, Chestnut Hill, MA 02467.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. (2006). *Mplus user's guide (Version 4)*. Los Angeles, CA: Muthén & Muthén.

- National Council Of Teachers Of Mathematics [NCTM]. (1989). *Curriculum And Evaluation Standards For School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- Newcombe, N. S., Möhring, W., & Frick, A. (2018). How big is many? Development of spatial and numerical magnitude understanding. In A. Henik & W. Fias (Eds.), *Heterogeneity of Function in Numerical Cognition*, 157–176. DOI:10.1016/b978-0-12-811529-9.00009-1
- Ölkun, S. ve Altun, A. (2003). İlköğretim öğrencilerinin bilgisayar deneyimleri ile uzamsal düşünme ve geometri başarıları arasındaki ilişki. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(4), 86-91.
- Opfer, J. E., & Siegler, R. S. (2007). Representational change and children's numerical estimation. *Cognitive psychology*, 55(3), 169-195. DOI:10.1016/j.cogpsych.2006.09.002
- Özdamar K., (2002). *Paket programlar ile istatistik veri analizi*. Eskişehir: Kaan Kitapevi.
- Perry, L. Y. (2016). *Validating interpretations about student performance from the early grade mathematics assessment relational reasoning and spatial reasoning subtasks*. Doctoral dissertation, Southern Methodist University. <https://search.proquest.com/docview/1844998263?pq-origsite=gscholar> adresinden 15 Ekim 2018 tarihinde edinilmiştir.
- Ramful, A., Lowrie, T., & Logan, T. (2017). Measurement of spatial ability: Construction and validation of the spatial reasoning instrument for middle school students. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 35(7), 709-727. DOI:10.1177/0734282916659207
- Rose, V., Nduka, C. C., Pereira, J. A., Pickford, M. A., & Belcher, H. J. C. R. (2002). Visual Estimation of Finger Angles: Do we Need Goniometers? *Journal of Hand Surgery*, 27(4), 382–384. <https://doi.org/10.1054/jhsb.2002.0782>
- Rutherford, T., Karamarkovich, S. M., & Lee, D. S. (2018). Is the spatial/math connection unique? Associations between mental rotation and elementary mathematics and English achievement. *Learning and Individual Differences*, 62, 180-199. DOI:10.1016/j.lindif.2018.01.014
- Shumway, J. F. (2013). Building bridges to spatial reasoning. *Teaching Children Mathematics*, 20(1), 44. DOI:10.5951/teacchilmath.20.1.0044
- Sinclair, N., & Bruce, C. D. (2014). Research forum: spatial reasoning for young learners. In P. Liljedahl, C. Nicol, S. Oesterle, & D. Allan (Eds.), *Proceedings of the joint meeting of PME 38 and PME-NA*, 36 (Vol. 1, pp. 173–203). Vancouver: PME
- Spelke, E. S. (2005). Sex differences in intrinsic aptitude for mathematics and science?: a critical review. *American Psychologist*, 60(9), 950-958. DOI:10.1037/0003-066X.60.9.950
- Tavşancıl E., (2006). *Tutumların ölçülmesi ve SPSS ile veri analizi*. Ankara:Nobel Yayın Dağıtım
- Tekinkır, D. (2008). *İlköğretim 6. ve 8. sınıf öğrencilerinin matematik alanındaki tahmin stratejilerini belirleme ve tahmin becerisi ile matematik başarıları arasındaki ilişki*. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Thom, J. S. (2018). All about... spatial reasoning. *Nursery World*, 2018(1), 21–25. doi:10.12968/nuwa.2018.1.21
- Thomson, S., De Bortoli, L., Nicholas, M., Hillman, K., & Buckley, S. (2010). *Challenges for Australian education: Results from PISA 2009*. Melbourne: Australian Council for Educational Research.
- Thorndyke P.W., Goldin S.E. (1983) Spatial learning and reasoning skill. In: Pick H.L., Acredolo L.P. (eds) *Spatial Orientation*. Springer, Boston, MA. DOI: [DOI:10.1007/978-1-4615-9325-6_9](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-9325-6_9)
- Uttal, D. H., Meadow, N. G., Tipton, E., Hand, L. L., Alden, A. R., Warren, C., & Newcombe, N.S. (2013). The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies. *Psychological Bulletin*, 139(2), 352–402

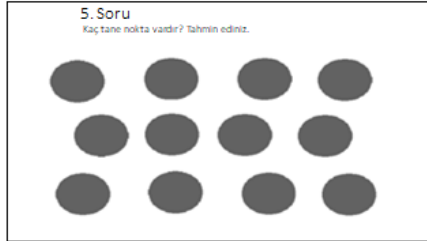
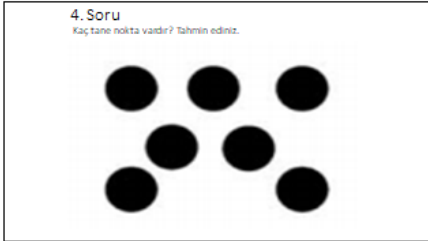
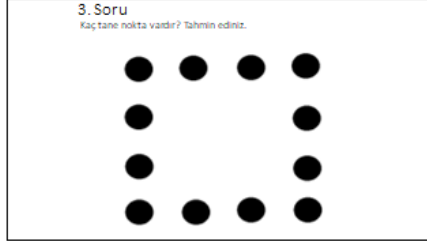
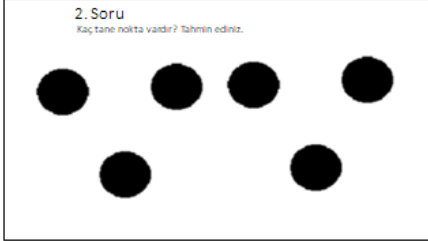
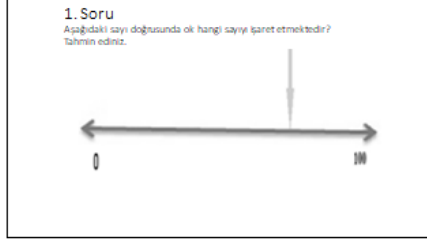
- Vander Heyden, K.M., Huizinga, M., Kan, K.J., & Jolles, J. (2016). A developmental perspective on spatial reasoning: Dissociating object transformation from viewer transformation ability. *Cognitive Development*, 38, pp. 63-74. <https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2016.01.004>
- Verdine, B. N., Golinkoff, R. M., Hirsh-Pasek, K., Newcombe, N. S., Filipowicz, A. T., & Chang, A. (2014). Deconstructing building blocks: Preschoolers' spatial assembly performance relates to early mathematical skills. *Child Development*, 85(3), 1062–1076. [DOI:10.1111/cdev.12165](https://doi.org/10.1111/cdev.12165)
- Voyer, D., Voyer, S., & Bryden, M. P. (1995). Magnitude of sex differences in spatial abilities: a meta-analysis and consideration of critical variables. *Psychological bulletin*, 117(2), 250-270.
- Young, C. J., Levine, S. C., & Mix, K. S. (2018). The Connection Between Spatial and Mathematical Ability Across Development. *Frontiers in psychology*, 9, 755. DOI:10.3389/fpsyg.2018.00755
- Yun-hing, L. (2007). *The relationship between numerical estimation and number sense in students' learning of mathematics*. Master of Dissertation, The University of Hongkong. Hongkong. <http://hdl.handle.net/10722/51257> adresinden 13 Ağustos 2018 tarihinde edinilmiştir.

Appendix

Appendix A:

Visual Estimation Skills Test / Görsel tahmin Becerileri Testi

Hazır mısınız?



Appendix B:

Spatial Reasoning Skills Test / Uzamsal Akıl Yürütme Becerileri Testi

Yapı	Uzamsal Beceriler	Karakteristik Özellikleri	Soru Tipleri
Mental Rotation / Zihinsel döndürme	İki veya üç boyutlu şekilleri döndürmedir, saat yönünde veya saatin tersi yönünde döndürmeler yapılır.	<ul style="list-style-type: none"> İki veya üç boyutlu şekillerin dönüşünün sonuçlarını belirleme Yansıma ve döndürme arasında ayırım yapma 	
Spatial Orientation / Uzamsal yönelim	Harita okuma Nicel noktalar arasındaki ilişki Nesneye ön, üst veya yandan bakış	<ul style="list-style-type: none"> Farklı perspektiflerden haritaları okuma Pusulada kuzey dikey yönde olmadığında bir noktanın konum derecesinin belirlenmesi Bir nesnenin dönüşümleri sonucundaki görünümünü tanımlama 	<p>Ebru</p>
Spatial Visualisation / Uzamsal görselleştirme	Simetri, örüntüler, İki veya üç boyutlu şekiller ve ilişkileri, Kısmi bütünlük ilişkileri, Yansıma	<ul style="list-style-type: none"> Belli bir yapıyı katlama/açma sonuçlarını görselleştirme Belirli bir yapıdan katı cisimler oluşturma veya tam tersi Eşleşen parçalar Nesnede simetri bulma Nesneyi yansıtma 	