

**UZAMSAL YETENEK, BİLEŞENLERİ VE UZAMSAL  
YETENEĞİN GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE**

**ON THE SPATIAL ABILITY, ITS COMPONENTS AND  
DEVELOPING OF SPATIAL ABILITY**

**NAZAN SEZEN YÜKSEL**

**Prof. Dr. ALİ BÜLBÜL**

**Tez Danışmanı**

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim- Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin Ortaöğretim Fen ve

Matematik Alanlar Eğitimi Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

**DOKTORA TEZİ**

Olarak hazırlanmıştır.

2013

**NAZAN SEZEN YÜKSEL'** in hazırladığı **"Uzamsal Yetenek, Bileşenleri ve Uzamsal Yeteneğin Geliştirilmesi Üzerine"** adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **ORTAÖĞRETİM FEN VE MATEMATİK ALANLAR EĞİTİMİ ANABİLİM DALI'nda DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan

(Prof. Dr., Petek Aşkar)



Danışman

(Prof. Dr., Ali Bülbül)



Üye

(Prof. Dr., Şeref Mirasyedioğlu)



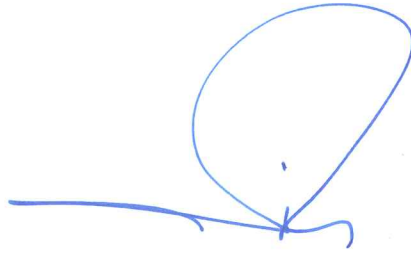
Üye

(Prof. Dr., Arif Altun)



Üye

(Prof. Dr., Sinan Olkun)



Bu tez Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından DOKTORA TEZİ olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma SEVİN DÜZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## ETİK

Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada,

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

01/04/2013

Nazan Sezen Yüksel

## ÖZET

# UZAMSAL YETENEK, BİLEŞENLERİ VE UZAMSAL YETENEĞİN GELİŞTİRİLMESİ ÜZERİNE

**NAZAN SEZEN YÜKSEL**

**Doktora, Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi**

**Anabilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. ALİ BÜLBÜL**

**Nisan 2013, 152 sayfa**

Bu araştırmanın bir amacı; uzamsal yeteneği “zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme” bileşenleri bağlamında tanımlayabilmek; üniversite öğrencilerinin uzamsal yetenek düzeylerini bu bağlamda belirlemek ve bu yeteneklerini geliştirmeye yönelik bazı sonuçlar ve öneriler üretebilmektir. Araştırmanın bir diğer amacı, uzamsal yetenek kavramını farklı alt boyutlarıyla birlikte ele alarak alanyazında birlikte yer almayan “zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme, zihinde kesme” bileşenlerinin uzamsal yeteneği ne ölçüde açıkladığının belirlenmesidir. Bu amaçlar doğrultusunda, geliştirilen iki testin yanı sıra alanyazında yer alan zihinde kesme testinin uygulanmasıyla uzamsal yetenek, bu üç boyut ile açıklanmaya çalışılmıştır. Araştırma, yarı-deneme modelleri içinde tanımlanan zaman dizisi (times series) deseninde tasarlanmıştır. Çalışma grubu, 2011- 2012 öğretim yılı güz ve bahar dönemlerinde Ankara’ daki bir devlet üniversitesinin Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü Matematik Eğitimi Anabilim Dalı’nda öğrenim görmekte olan 58 kız, 19 erkek olmak üzere toplam 77 birinci ve ikinci sınıf öğrencisinden oluşmaktadır. Araştırmanın bu öğrenci grubu ile yapılmasının nedeni, öğrencilerin tasarlanan etkinliklerde yer alan bilgisayar ortamında oluşturulmuş şekillere ve bu ortama henüz aşina olmamalarıdır. Bu öğrenciler 3. sınıftan itibaren alacakları Bilgisayar dersinde, dinamik şekiller oluşturarak bu şekillerin özelliklerini öğrenmeye başlayacaklardır. Çalışma kapsamında, uzamsal yeteneğin ve bileşenlerinin geliştirilmesine yönelik üç farklı etkinlik hazırlanarak eşit zaman aralıklarıyla öğrencilere uygulanmıştır. Elde edilen veriler Tekrarlı Ölçüm Modellerinde olduğu üzere Tekrarlı Anova İstatistiği ile analiz edilmiştir. Tekrarlı ölçümlerde karşılaşılan olumsuz durumları ortadan kaldırabilmek ve elde edilen bulguların doğrulanması amacıyla verilere Örtük Büyüme Modeli analizi uygulanmıştır. Çalışma kapsamında araştırmacı



tarafından geliştirilen uzamsal görselleştirme ve zihinde döndürme testlerinin yanı sıra alanyazından edinilen zihinde kesme testlerinin geçerlik- güvenilirlik analizleri SPSS 17.0 ve Lisrel 8.7 istatistik yazılımları ile gerçekleştirilmiştir. Veri toplama aracı olarak kullanılacak testlerin pilot uygulamalarından elde edilen veriler ile geçerlik güvenilirlik analizleri yapılmış ve böylece testler nihai hallerini almışlardır. Elde edilen bulgular doğrultusunda, uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme testlerinin tek boyut altında toplandıkları sonucu elde edilmiştir. Bu boyut çalışma kapsamında uzamsal yetenek olarak ele alınmıştır. Hazırlanan etkinliklerin çalışma grubuna uygulanması ve her bir etkinlik sonrasında tekrar uygulanan testlerden elde edilen verilerin analiz edilmesi sonucunda, bu etkinliklerin öğrencilerin uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme yeteneklerini dolayısıyla uzamsal yeteneklerini geliştirdiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, bu çalışma ile zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme testlerinde yer alan farklı soru türlerinin belirlediği yetenekleri geliştirmede kullanılacak en etkili etkinlik tespit edilerek ileride yapılacak araştırmalar için önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Uzamsal Yetenek, Uzamsal Görselleştirme, Zihinde Döndürme, Zihinde kesme, Örtük Büyüme Modeli.

## **ABSTRACT**

### **ON THE SPATIAL ABILITY, ITS COMPONENTS AND DEVELOPING SPATIAL ABILITY**

**NAZAN SEZEN YÜKSEL**

**Doctor of Philosophy, Department of Secondary Science and  
Mathematics Education**

**Supervisor: Prof. Dr. ALİ BÜLBÜL**

**April 2013, 152 pages**

One of the aim of this study is; to determine the spatial ability in terms of components; such as “mental rotation, spatial visualization and mental cutting”, to specify the spatial ability grades of university students, and produce some suggestions and results to improve this ability. The other aim of this study is; to determine to what extent the components such as “mental rotation, spatial visualization and mental cutting” which do not take part in literature, explains the spatial ability by approaching the spatial ability concept with different sub-dimension. In the direction of these aims; to explain the spatial ability by the mental cutting test, took part in literature, besides developed two test, with three dimension. The research is designed as times series design, determined in quasi experimental models. The working group consist of 77 first and second year students in total which contains 58 girls and 19 boys having their undergraduate education in a state university, Secondary Science and Mathematics Education Department, Division of Mathematical Education of 2011-2012 academic year spring and fall term, in Ankara. The reason of choosing this student group is; these students are not acquainted with the shapes which are formed in computer environment in designed activity and this platform. These students will begin to study to design dynamic shapes and learn the properties of these shapes in Computer lecture as of 3.class. In the content of this study, three different activities were prepared for developing spatial ability and its components, and applied to the students isochronally. The obtained datas were analysed by Repeated Anova Statistic as Repeated Measurement Model. The Latent Growth Model analysis was applied to obtained data for confirmation the datas and annihilation the negative position which is encountered in the relative measurements. In this study, in addition to the spatial visualization and mental rotation test which were

developed by researcher, also the mental cutting test validity and reliability analysis which is obtained from literature were applied by SPSS 17.0 and Lisrel 8.7 statistics software. The datas; that were obtained from pilot application of the tests which will be used for data accumulation, were analysed by validity and reliability, thus the tests took its final form. In line with obtained datas, the reason is obtained that, spatial visualization, mental rotation and mental cutting tests gather under a single dimension. This dimension is approached as spatial ability in this study. As a result of application of prepared activity to study group and analyse the datas that obtained from the tests which were applied after each activity, these activities improve the students' spatial visualization, mental rotation and mental cutting ability. In addition, by this study, the most effective activity; can be used to improve the the ability, which was determined by different question types in mental rotation, spatial visualization and mental cutting test, is determined and made suggestion for the studies in future.

**Key Words:** Spatial Ability, Spatial Visualization, Mental Rotation, Mental Cutting, Latent Growth Model.

## TEŞEKKÜR

Akademik yaşantımın başlangıcından itibaren ihtiyaç duyduğum her anda bilgi, tecrübe ve yardımları ile benden desteğini esirgemeyen, ilkeli ve sabırlı çalışmasıyla bana her zaman örnek olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Ali Bülbül' e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tez konumun ortaya konulmasında ve çalışma süreci boyunca benden, değerli fikirlerini ve yardımlarını esirgemeyen hocalarım Sayın Prof. Dr. Petek Aşkar ve Sayın Prof. Dr. Arif Altun' a teşekkürü bir borç bilirim. Tez çalışmamın en önemli aşamasında, bana sağladığı alanyazın desteği ile çalışmama yön veren hocam Sayın Prof. Dr. Sinan Olkun' a teşekkürlerimi sunarım.

Bilginin paylaştıkça çoğaldığını bir kez daha anlamamı sağlayan, değerli bilgilerine sıkça başvurduğum çok kıymetli hocam Sayın Doç. Dr. Nuri Doğan' a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Tezimin sonuçlanmasına kadar gelen bu uzun süreçte her anlamda bana destek olan hocalarım Sayın Yrd. Doç. Dr. Canan Yanık, Sayın Doç. Dr. Şenol Dost, Sayın Dr. Sema Çıldır; arkadaşlarım Yrd. Doç. Dr. Didem Kılıç, Dr. Meltem Sarı Uzun, Arş. Gör. Nilay Neyişçi ve Arş. Gör. Özlenen Özdiyar' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez uygulama sürecinde, etkinliklere katılımlarıyla ve testlere ayırdıkları değerli vakitleri ile çalışmamın sorunsuz geçmesini sağlayan değerli öğrencilerime teşekkür ederim.

Bu yoğun çalışma sürecinde bana katlanan ve bundan sonraki süreçte ipi birlikte göğüslemek için hayatlarımızı birleştirdiğimiz değerli eşim Göksel Yüksel' e her şey için teşekkür ederim.

Değerli Ailem; Yusuf Sezen, Adike Sezen, Ebru Sezen ve Seda Sezen. Akademik yaşantının zorluklarını benimle birlikte ve hatta benden daha çok yüklendiniz. Sizlerin yanımda, arkamda olduğunuzu bilmek, bana verdiğiniz eşsiz değer ve destek her geçen gün beni biraz daha yükseltti. Bu çalışmamın ve her çalışmamın her bir satırında benimle birlikte sizlerin emeği ve sevgisi var. Bana verdiğiniz sonsuz güçten dolayı sizlere sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

# İÇİNDEKİLER

ETİK .....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT .....	iv
TEŞEKKÜR .....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
1. 1. Araştırmanın Amacı .....	9
1.2. Araştırmanın Önemi.....	9
1.3. Araştırma Problemleri .....	11
1.3.1. Problem Cümlesi .....	11
1.3.2. Problem Cümlesi .....	11
1.3.3. Problem Cümlesi .....	11
1.3.4. Problem Cümlesi .....	11
1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları ve Sayıltıları.....	12
1.5. Tanımlar.....	12
2. İLGİLİ ALANYAZIN ÇALIŞMALARI .....	12
2.1. Uzamsal Yeteneğin Bileşenleri .....	13
2.1.1. Uzamsal Görselleştirme .....	13
2. 1. 2. Zihinde Döndürme .....	18
2.1.3. Zihinde Kesme .....	21
2.2. Uzamsal Yeteneğin Geliştirilmesine Yönelik Çalışmalar.....	23
2.3. Uzamsal Yetenek ve Cinsiyet İlişkisi.....	26
2.4. Farklı Disiplinlerde Uzamsal Yetenek Üzerine Yapılan Çalışmalar .....	29
3. YÖNTEM .....	34
3.1. Araştırmanın Modeli.....	34
3.2. Çalışma Grubu.....	36

3.3. Veri Toplama Araçları .....	37
3.3.1. Uzamsal Görselleştirme Testi:.....	37
3.3.2. Zihinde Döndürme Testi .....	39
3.3.3. Zihinde Kesme Testi:.....	41
3.4. Verilerin Analizi .....	42
3.5. Uygulanan Etkinlikler .....	43
3.5.1. Serbest Etkinlik.....	43
3.5.2. Kontrollü Etkinlik Uygulaması .....	47
3.5.3. Bağlamsal Etkinlik .....	49
3.6. Etkinliklerin Uygulanması .....	53
3.7. Kullanılan Yazılımlar .....	54
3.7.1. Autodesk 3d Max Animasyon Programı .....	54
3.7.2. GeoGebra 4.2 Beta Yazılımı .....	59
4. BULGULAR .....	62
4.1. Veri Toplama Araçlarının Madde Analizine Yönelik Bulgular .....	62
4.1.1. Uzamsal Görselleştirme Testinin Madde Analizine Yönelik Bulgular....	62
4.1.2. Zihinde Döndürme Testinin Madde Analizine Yönelik Bulgular .....	63
4.1.3. Zihinde Kesme Testinin Madde Analizine Yönelik Bulgular.....	63
4.2. Veri Toplama Araçlarının Güvenirlik Çalışmasına Yönelik Bulgular.....	64
4.3. Veri Toplama Araçlarının Geçerlik Çalışmasına Yönelik Bulgular.....	64
4.3.1. Alanyazında Yer Alan Diğer Testlerle Karşılaştırmaya Yönelik Bulgular .....	64
4.3.2. Doğrulayıcı Faktör Analizine Yönelik Bulgular.....	67
4.4. Öğrencilerin Uzamsal Yetenek Düzeylerinin Belirlenmesine Yönelik Bulgular.....	79
4.5. Veri Toplama Araçlarının Uygulanmasına Yönelik Bulgular.....	81
4.5.1. Tekrarlı Anova Analizine Yönelik Bulgular.....	81
4.5.2. Örtük Büyüme Modeli Analizine Yönelik Bulgular.....	87
4.6. Veri Toplama Araçlarındaki Soru Türlerine Yönelik Bulgular .....	98

4.6.1. Uzamsal Görselleştirme Testinde Yer Alan Soru Türlerine Yönelik Bulgular.....	98
4.6.2. Zihinde Döndürme Testinde Yer Alan Soru Türlerine Yönelik Bulgular.....	100
4.6.3. Zihinde Kesme Testinde Yer Alan Soru Türlerine Yönelik Bulgular....	103
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	106
6. ÖNERİLER.....	119
KAYNAKLAR.....	123
ÖZGEÇMİŞ .....	137

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Uzamsal Yetenek ve Bileşenleri üzerine geliştirilen testler .....	5
Şekil 2.1. Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi için örnek soru .....	14
Şekil 2.2. Gömülü Şekiller Testi için örnek soru .....	14
Şekil 2.3. Kağıt Katlama Testi [42] için örnek soru .....	15
Şekil 2.4. Kağıt Katlama Testi [66] için örnek soru .....	15
Şekil 2.5. Yüzey Geliştirme Testi için örnek soru.....	16
Şekil 2.6. Dailey Mesleki Testi için örnek soru.....	16
Şekil 2.7. Monash Uzamsal Görselleştirme Testi için örnek soru .....	16
Şekil 2.8. Küp Oluşturma Testi için örnek soru.....	17
Şekil 2.9. Middle Grades Mathematics Project: Spatial Visualization Testi için .. .. örnek soru.....	17
Şekil 2.10. Zihinde Döndürme Testi [106] için örnek soru .....	19
Şekil 2.11. Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi: “Döndürmeler” için örnek soru .....	19
Şekil 2.12. Zihinde Döndürme Testi [95] için örnek soru .....	20
Şekil 2.13. Resim Döndürme Testi (Hinze & Quaiser-Pohl,2003) için örnek soru .	20
Şekil 2.14. Zihinde Kesme Testi (CEBB,1939) için örnek soru.....	22
Şekil 2.15. Zihinde Kesme Testi “Dilimler” için örnek soru.....	22
Şekil 3.2. Örtük Büyüme Modelleri'nin sınıflandırılması .....	36
Şekil 3.3. Uzamsal Görselleştirme Testi birinci bölüm için örnek soru.....	37
Şekil 3.4. Uzamsal Görselleştirme Testi ikinci bölüm için örnek soru .....	38
Şekil 3.5. Uzamsal Görselleştirme Testi üçüncü bölüm için örnek soru .....	38
Şekil 3.6. Uzamsal Görselleştirme Testi dördüncü bölüm için örnek soru .....	38
Şekil 3.7. Uzamsal Görselleştirme Testi beşinci ve altıncı bölüm için örnek soru..	39
Şekil 3.8. Zihinde Döndürme Testi Kuralı örnek şekli .....	39



Şekil 3.9. Örnek şeklin x-ekseni etrafında 90° döndürülmüş hali.....	40
Şekil 3.10. Örnek şeklin y-ekseni etrafında 90° döndürülmüş hali.....	40
Şekil 3.11. Örnek şeklin z-ekseni etrafında 90° döndürülmüş hali.....	40
Şekil 3.12. Zihinde Döndürme Testi için örnek soru .....	41
Şekil 3.13. Zihinde Kesme Testi (Örüntü Problemleri) için örnek soru .....	42
Şekil 3.14. Zihinde Kesme Testi (Nicelik Problemleri) için örnek soru.....	42
Şekil 3.15. Serbest etkinlik “İzleme” aşaması video ekranı.....	43
Şekil 3.16. Serbest etkinlik “Uygulama” aşamasına yönelik ekran çıktısı örneği ...	44
Şekil 3.17. Serbest etkinlik “Test ve Değerlendirme” aşamasına yönelik ekran çıktısı örneği.....	45
Şekil 3.18. Yanlış Cevap ekran çıktısı .....	45
Şekil 3.19. Zihinde Döndürme İpucu’na yönelik ekran görüntüleri.....	46
Şekil 3.20. Zihinde Kesme İpucu’na yönelik ekran görüntüleri .....	46
Şekil 3.21. Uzamsal Görselleştirme İpucu’na yönelik ekran görüntüleri .....	47
Şekil 3.22. Kontrollü etkinlik “İzleme” aşaması ekran görüntüsü .....	48
Şekil 3.23. Kontrollü etkinlik “Uygulama” aşamasına yönelik ekran çıktısı örneği .	48
Şekil 3.24. Zihinde Döndürme İpucu’na yönelik ekran görüntüleri.....	49
Şekil 3.25. Bağlamsal etkinlik “İzleme” aşaması video ekranı .....	50
Şekil 3.26. Bağlamsal etkinlik “Uygulama” aşaması örneği-1 .....	50
Şekil 3.27. Bağlamsal etkinlik “Uygulama” aşaması örneği- 2.....	51
Şekil 3.28. Bağlamsal etkinlik “Görev” aşaması örneği .....	51
Şekil 3.29. Bağlamsal etkinlik “İpucu” ekran örneği.....	52
Şekil 3.30. Bağlamsal etkinlik “Görev” aşamasında 3- boyutlu soru örneği.....	53
Şekil 3.31. Uygulama ortamına ilişkin görüntüler.....	54
Şekil 3.32. 3d Max yazılımı ile yapılmış tasarım örnekleri .....	55
Şekil 3.33. 3d Max ekran görünümü .....	55

Şekil 3.34. 3d Max çalışma ekranı görüntüsü.....	56
Şekil 3.35. Döndürme işlemine ait ekran görüntüsü .....	57
Şekil 3.36. Kesme İşlemine ait ekran görüntüsü.....	58
Şekil 3.37. Kare piramidin düzlem ile kesilmesine yönelik animasyon görüntüleri [28] .....	59
Şekil 3.38. GeoGebra ekran görünümü .....	60
Şekil 4.1. Uzamsal Görselleştirme Testi İçin Yol Şeması .....	72
Şekil 4.2. Zihinde Döndürme Testi İçin Yol Şeması.....	73
Şekil 4.3. Zihinde Kesme Testi İçin Yol Şeması .....	74
Şekil 4.5. Uzamsal görselleştirme için koşulsuz ÖBM nin kestirimi .....	88
Şekil 4.6. Zihinde Döndürme için koşulsuz ÖBM nin kestirimi .....	91
Şekil 4.7. Zihinde kesme için koşulsuz ÖBM nin kestirimi .....	93
Şekil 4.8. Uzamsal Yetenek için İlişkisel ÖBM nin kestirimi.....	96

## ÇİZELGELER DİZİNİ

<b>Çizelge 4.1:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi madde analizi sonuçları .....	62
<b>Çizelge 4.2:</b> Zihinde Döndürme Testi madde analizi sonuçları .....	63
<b>Çizelge 4.3:</b> Zihinde Kesme Testi madde analizi sonuçları.....	63
<b>Çizelge 4.4:</b> Veri Toplama Araçlarının Güvenirlik Katsayıları .....	64
<b>Çizelge 4.5:</b> Geliştirilen ve alanyazında yer alan uzamsal görselleştirme testleri arasındaki korelasyon analizi .....	65
<b>Çizelge 4.6:</b> Geliştirilen ve alanyazında yer alan zihinde döndürme testleri arasındaki korelasyon analizi .....	66
<b>Çizelge 4.7:</b> Uzamsal Görselleştirme testinin cinsiyete göre incelenmesi.....	67
<b>Çizelge 4.8:</b> Zihinde Döndürme testinin cinsiyete göre incelenmesi .....	67
<b>Çizelge 4.9:</b> Testlerin normallik sayıltılarına yönelik analizleri .....	68
<b>Çizelge 4.10:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi için doğrulayıcı faktör analizi .....	69
<b>Çizelge 4.11:</b> Zihinde Döndürme Testi için doğrulayıcı faktör analizi.....	70
<b>Çizelge 4.12:</b> Zihinde Kesme Testi için doğrulayıcı faktör analizi .....	70
<b>Çizelge 4.13:</b> Doğrulayıcı faktör analizi için uyum indeksleri kriterleri.....	75
<b>Çizelge 4.14:</b> Uzamsal Yetenek için doğrulayıcı faktör analizi.....	76
<b>Çizelge 4.15:</b> İkinci düzey doğrulayıcı faktör analizi için modifikasyon indeksleri önerileri.....	77
<b>Çizelge 4.16:</b> Modifikasyon önerileri sonrası Uzamsal Yetenek için doğrulayıcı faktör analizi .....	77
<b>Çizelge 4.17:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi'ne ilişkin betimsel istatistikler.....	79
<b>Çizelge 4.18:</b> Zihinde Döndürme Testi'ne ilişkin betimsel istatistikler .....	80
<b>Çizelge 4.19:</b> Zihinde Kesme Testi'ne ilişkin betimsel istatistikler.....	80
<b>Çizelge 4.20:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi'nin dört uygulamasına ait betimsel istatistikler.....	82
<b>Çizelge 4.21:</b> Uzamsal Görselleştirme: Küresellik için Mauchly Testi.....	82

<b>Çizelge 4.22:</b> Uzamsal Görselleştirme için Çok Değişkenli Testler.....	82
<b>Çizelge 4.23:</b> Uzamsal Görselleştirme (UG) düzeyleri farkının Bonferonni Metodu ile karşılaştırılması.....	83
<b>Çizelge 4.24:</b> Zihinde Döndürme Testi'nin dört uygulamasına ait betimsel istatistikler.....	84
<b>Çizelge 4.25:</b> Zihinde Döndürme: Küresellik İçin Mauchly Testi .....	84
<b>Çizelge 4.26:</b> Zihinde Döndürme İçin Çok Değişkenli Testler .....	84
<b>Çizelge 4.27:</b> Zihinde Döndürme (ZD) düzeyleri farkının Bonferonni Metodu ile karşılaştırılması .....	85
<b>Çizelge 4.29:</b> Zihinde Kesme: Küresellik için Mauchly Testi .....	86
<b>Çizelge 4.30:</b> Zihinde Kesme için Çok Değişkenli Testler.....	86
<b>Çizelge 4.31:</b> Zihinde Kesme (ZK) düzeyleri farkının Bonferonni Metodu ile karşılaştırılması .....	87
<b>Çizelge 4.32:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli parametre kestirim değerleri.....	89
<b>Çizelge 4.33:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli uyum indeksleri .....	90
<b>Çizelge 4.34:</b> Zihinde Döndürme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli parametre kestirim değerleri .....	91
<b>Çizelge 4.35:</b> Zihinde Döndürme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli uyum indeksleri .....	92
<b>Çizelge 4.36:</b> Zihinde Kesme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli parametre kestirim değerleri .....	94
<b>Çizelge 4.37:</b> Zihinde Kesme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli uyum indeksleri .....	95
<b>Çizelge 4.38:</b> Uzamsal Yetenekteki İlişkisel ÖBM' ye İlişkin Uyum İndeksleri .....	97
<b>Çizelge 4.39:</b> Örtük Faktörler arasındaki Kovaryans değerleri.....	97
<b>Çizelge 4.40:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi gruplarının Tek Örneklem t-Testi.....	98

<b>Çizelge 4.41:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi birinci grup düzeyleri Tek Örneklem t-Testi.....	99
<b>Çizelge 4.42:</b> Uzamsal Görselleştirme Testi ikinci grup düzeyleri Tek Örneklem t-Testi.....	100
<b>Çizelge 4.43:</b> Zihinde Döndürme Testi gruplarının Tek Örneklem t-Testi .....	101
<b>Çizelge 4.44:</b> Serbest Döndürme sorularına yönelik Tek Örneklem t-Testi .....	102
<b>Çizelge 4.45:</b> Kontrollü Döndürme sorularına yönelik Tek Örneklem t-Testi.....	102
<b>Çizelge 4.46:</b> Bağlamsal Döndürme sorularına yönelik Tek Örneklem t-Testi ....	103
<b>Çizelge 4.47:</b> Zihinde Kesme Testi gruplarının Tek Örneklem t-Testi.....	104
<b>Çizelge 4.48:</b> Örüntü Problemlerine yönelik Tek Örneklem t-Testi .....	105
<b>Çizelge 4.49:</b> Nicelik Problemlerine yönelik Tek Örneklem t-Testi.....	105

# 1. GİRİŞ

İçinde bulunduğumuz çağın getirdiği yenilikler, her alanda olduğu gibi eğitim alanında da yeni olanaklar sunmaktadır. Bu olanaklar, öğrencilerin soyut düşünme becerilerini ve yaratıcılıklarını geliştirmeye yöneliktir. Bu anlamda bakıldığında uzamsal yetenek kavramının önem kazanması ve bu yeteneğin araştırılmasına yönelik çalışmaların artması da kaçınılmazdır.

Uzamsal yeteneğe eğitim hayatının yanı sıra birçok gündelik eylem gerçekleştirilirken ihtiyaç duyulmaktadır. Harita yardımıyla yön bulma, bir ortamın iç dizaynı, yapılan spor aktiviteleri bu eylemlerden yalnızca birkaçıdır. Uzamsal yeteneğin incelenmesi çalışmaları, eğitim alanındaki araştırmaların temel yöntemlerinden biri olan faktör analizi çalışmaları ile başlamıştır. Bu anlamda uzamsal yetenek ilk olarak Galton tarafından 1883 yılında yapılan sistematik psikoloji araştırmalarında incelenmeye başlanmıştır. Daha sonraları, daha nesnel sayılan yöntemler üstünlük sağlamış ve araştırmacılar insan zekasının yapısını farklı yollarla açıklayabilmek için gittikçe daha karmaşık istatistiksel yöntemlere başvurmuşlardır. Bu araştırmalardan ikisi Spearman (1927) ve Thurstone (1938) tarafından yapılan çalışmalar olarak bilinmektedir [11]. Mohler, J.L. [83], çalışmasında uzamsal yetenek üzerine yapılan çalışmaların kronolojik sıralamalarını ve içeriklerini şu şekilde aktarmıştır:

Uzamsal yetenek üzerine özel olarak odaklanılan çalışmalar esasen 1920'li yıllardan itibaren başlamıştır. İlk zamanlarda yapılan çalışmalarda (1880- 1940), uzamsal yeteneğin genel zekadan farklı şekilde tanımlanması üzerinde durulmuştur. Bu dönemde, Thorndike (1921), Kelley (1928), El Koussy (1935) ve Thurstone (1938)' in çalışmaları sayesinde, uzamsal yetenek Spearman (1927) tarafından tanımlanan genel zeka faktöründen ayrı bir kapsamda ele alınmıştır. Bu evredeki araştırmalarda, psikometrik yaklaşım kullanılmıştır [93]. Bilindiği üzere, psikometrik yaklaşım, psikolojide bireylerin kişilik özelliklerinin, zeka ve yeteneklerinin çeşitli testlerle belirlenmesi ve istatistiksel olarak analizi üzerinde duran bir yaklaşım olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca bu yaklaşım, elde edilen kişisel performans ölçümlerini hesaplayan ve üzerinde durulan zekanın doğal ve sayısal zekadan ayırt edilmesi amacını taşımaktadır.

Bu çalışmalarla birlikte uzamsal yetenek önem kazanmaya başlamış olmasına rağmen yine de diğer yetenek türlerine nazaran daha önemsiz olarak görülmekteydi.

1940-1960 yılları arasındaki süreçte, araştırmacılar uzamsal yeteneğin bileşenleri üzerinde çalışmalarını yoğunlaştırmışlardır. Önceki dönemde yapılan çalışmalarda uzamsal yetenek tek boyut olarak ele alınırken, bu dönemde yapılan araştırmalarla bu yeteneğin alt boyutlarının olduğu ortaya çıkarılmıştır. Yapılan araştırmalarda, farklı tipte ve sayıda uzamsal yetenek testleri uygulanmış ve faktör analizi sonucunda faktörlerin isimleri, sayıları ve tanımları birbirinden farklı olarak elde edilmiştir (Cooper& Mumaw, 1985).

1960- 1980 yılları kapsayan dönemde, artık araştırmalar farklı konuları ele almaya başlamıştır. Bir yandan psikometrik çalışmalar devam ederken, diğer yandan uzamsal yeteneği geliştirme ve farklılaştırma çalışmaları araştırmacıların odak noktası haline gelmiştir. Witkin (1949, 1950) ve Gardner (1953, 1957) tarafından yapılan psikometrik çalışmalarda öğrenme stillerine ilişkin çeşitli bilişsel konular üzerine araştırmalar gerçekleştirilmiştir.

Geliştirme çalışmaları, çocukluktan yetişkinliğe geçiş aşamasında uzamsal yeteneğin nasıl geliştiğini konu edinmişlerdir. Piaget ve Inhelder (1967, 1971)' in çalışmaları bu konuda büyük ilgi uyandırmıştır. Bu süre içerisinde gerçekleşen farklılaştırma çalışmalarında, uzamsal yeteneğin farklı alan ve cinsiyetlere göre nasıl farklılık gösterdiğine ilişkin problemlerin üzerinde durulmuştur. Maccoby ve Jacklin (1974)'in yaptığı çalışma bu alandaki çalışmaların başlangıç noktası olmuştur.

Son olarak 1980'lerden günümüze süregelen zaman içerisinde gerçekleştirilen çalışmalarda, daha önceden yapılmış çalışmalardaki konularla ilgili araştırmalara devam edilmekle birlikte özel olarak uzamsal yeteneğin ölçülmesinde, test edilmesinde ve geliştirilmesinde teknolojinin etkisi üzerinde durulduğu görülmektedir. Ayrıca, bilgiyi işleme sürecinde uzamsal yeteneği anlayabilmek amacıyla, bu yeteneği teorik olarak tanımlayabilmek için süreç modellerinin tanımlanması üzerinde önemle durulduğu dikkat çekmektedir.

Görüldüğü üzere, yüzyılı aşkın bir geçmişi olan uzamsal yetenek ile ilgili çalışmalar, günümüzde de halen üzerinde önemle durulan bir konu olarak güncelliğini korumaktadır.

Uzamsal yetenek üzerine yapılan birçok çalışmada, farklı çıkış noktaları temel alınmıştır. Bu durum, uzamsal yeteneğe yönelik birçok farklı tanım ve sınıflandırma yapılmasına neden olmuştur. Bilişsel psikoloji, resim, fen, matematik, mühendislik gibi alanlardan birçok araştırmacı ve kuramcının, “görsel” ve “uzamsal” kelimeleri ile “yetenek”, “beceri”, “yönelim”, “düşünme” kelimelerinin çeşitli kombinasyonlarını kullanarak zihinsel yetenekleri etiketlemesi bu durumun en açık göstergesidir (Miller & Bertoline, akt.[83]). Sonuç olarak bu durum, gerek standart bir tanımlama yapılmasına gerekse standart bir ölçüm aracı kullanılmasına engel olmaktadır. Uzamsal yeteneğe ait alanyazında yer alan bazı tanımlar şu şekildedir:

Lord çalışmasında uzamsal yeteneği, zihinde görüntüleri oluşturma ve kontrol etme yeteneği olarak tanımlamıştır [16]. Tartre, L.A. [120] ise uzamsal yeteneği; anlama, manipüle etme, düzenleme veya görsel ilişkilerin yorumlanması gibi zihinsel becerileri içeren bir kavram olarak tanımlamıştır. Lohman, D.F. [72] uzamsal yeteneği akılda tutma, geri çağırma ve iyi yapılandırılmış görsel resimlerin dönüştürülmesi olarak tanımlamakta ve farklı açılardan tanımlanan farklı uzamsal yetenek türlerinden bahsetmektedir. Mayer, R.E. ve Sims, V.K. [77] uzamsal yeteneği iki ya da üç boyuttaki nesnelerin döndürülmesi veya katlanması ve nesnenin değiştirilmiş halinin zihinde canlandırılması olarak tanımlamışlardır. Olkun, S. [89] uzamsal yeteneği, uzayın ve geometrik formun kullanımı ile ilgili becerileri içeren bir kavram olarak tanımlamıştır. Towle, E., Mann, J., Kinsey, B., O'Brien, E.J., Bauer, F. ve Champoux, R. [122] ise uzamsal yeteneği, iki boyutlu görünümleri verilen nesnelerin üç boyutlu hallerini zihinde tasvir edebilme yeteneği olarak tanımlamışlardır. Velez, M.C., Silver, D. Ve Tremaine, M. [126] uzamsal yeteneği, uzamsal bağlamdaki görsel bilginin düzenlenmesi, akılda tutulması ve dönüştürülmesi olarak tanımlamışlardır. Sternberg, R.J. [114]' e göre bireyin sahip olduğu uzamsal yetenek, şekilleri görselleştirmesi, nesneleri döndürmesi ve yapbozun (puzzle) hangi parçalarının uyumlu olduğunu belirleyebilmesi ile ölçülür. Benzer olarak Linn, M.C. ve Petersen, A.C [70], bu beceriyi dile bağlı olmayan ve



sembolik bilginin gösterilmesi, dönüştürülmesi, genelleştirilmesi ve hatırlanması ile ilişkilendirmişlerdir.

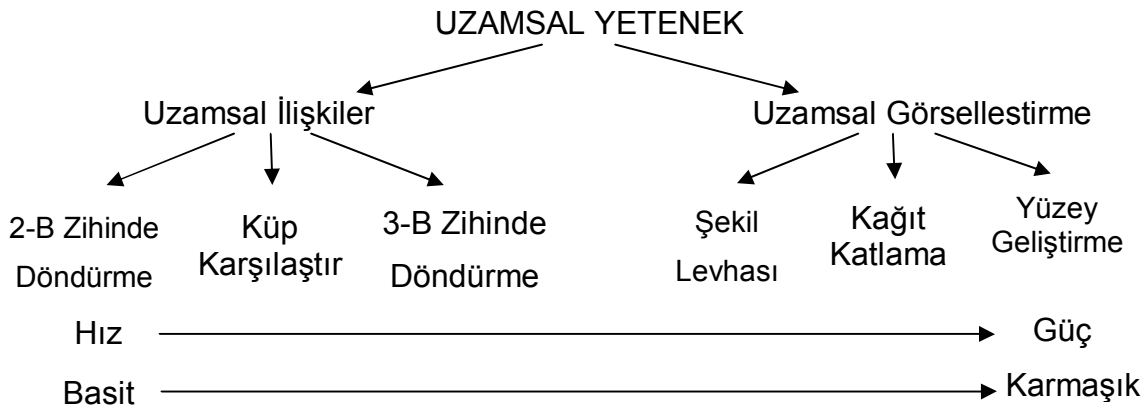
Uzamsal yeteneğin tanımlarındaki farklılıklar, bu yeteneğin bileşenlerinin sınıflandırılma şekillerine de yansımıştır. Alanyazında farklı isimlerle ve farklı gruplamalarla birçok bileşenle karşılaşılmaktadır.

Uzamsal yeteneğin bileşenlerinin belirlenmesi üzerine yapılan çalışmalara Thurstone (1938, akt. [11]) tarafından yapılan araştırmanın temel olduğu söylenebilir. Thurstone, temel zihinsel yetenekleri incelediği çalışmasında uzamsal ya da görsel şekiller üzerine yapılan zihinsel işlemler yeteneğini bir “uzay” faktörü olarak belirtmiştir. Zimmerman (1953, akt. [11]), Thurstone’ın verilerini tekrar analiz ederek iki uzamsal faktör ortaya koymuştur. Bu faktörlerden ilki Thurstone’ın uzay faktörüne benzemektedir ve nesnelerin veya nesne ilişkilerinin zihinsel manipulasyonlarını incelemektedir. Zimmerman bu faktörü “Uzamsal İlişkiler” olarak isimlendirmiştir. İkinci faktör ise “Görselleştirme” olarak isimlendirilmiştir ve görselleştirme üzerine geliştirilen testlerin, uzamsal ilişkiler için geliştirilen testlere nazaran daha zor ancak daha yavaş olma eğiliminde olduğunu belirtmiştir.

Guilford et al. (1952,akt. [93]), 65 yetenek testini 8000 havacılık öğrencisine uygulamış ve elde edilen verileri faktör analizi ile değerlendirmişlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, uzamsal yeteneğin faktörleri “Uzamsal İlişkiler, Görselleştirme, Uzamsal Yönelim, Uzamsal Tarama ve Algısal Hız ” olmak üzere beş faktör olarak elde edilmiştir. Burada adı geçen ilk iki faktör, önceki çalışmalarda olduğu şekliyle tanımlanmıştır. Uzamsal Yönelim faktörü, bireyin belli bir yönelimde verilen uzamsal değerlendirmelerinden oluşan “empatik katılım” şeklinde karakterize edilmiştir. Uzamsal Tarama faktörü ise labirent benzeri bir testteki doğru rotayı görsel haritalama yerine bir tasarım kullanarak bulmasıyla ilgilenir. Son olarak, Algısal Hız faktörü, bir satırda bulunan harf dizisinden belirli bir harfi tespit etme hızı olarak tanımlanmıştır.

Lohman (1979; akt. [93]) faktör analizi ile yapılan çalışmalarını tekrar analiz ederek uzamsal yeteneğin iki büyük alt faktörü olduğu sonucuna ulaşmıştır. Burada sözü geçen alt faktörler Uzamsal İlişkiler ve Uzamsal Görselleştirme faktörleridir. Lohman, her iki alt faktörün de kendilerine özgü testler ya da problem türleri ile

değerlendirilebileceğini iddia etmektedir. Yine bu çalışmada, uzamsal ilişkiler ile uzamsal görselleştirme görevleri arasındaki farkın farklı performans boyutlarının ilişkileriyle gösterilebileceği belirtilmektedir. Bunlardan biri, hız-güç boyutudur. Kişisel uzamsal ilişkiler problemleri uzamsal görselleştirme problemlerine nazaran daha hızlı çözülmelidir. İkinci boyut ise uyarıcı ve bilişsel süreç karmaşıklığının incelenmesidir. Uzamsal ilişkiler problemlerinin karmaşıklıkları kendi aralarında farklılık göstermesine rağmen, uzamsal görselleştirme problemlerinin daha az karmaşık uyarıcı içermesi dikkat çekicidir. Lohman tarafından yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar Pellegrino ve Kail (1982, akt. [93]) tarafından şu şekilde resmedilmiştir:



Şekil 1.1.Uzamsal Yetenek ve Bileşenleri üzerine geliştirilen testler

McGee, M. G. [78], 1930 yılı öncesinde uzamsal faktör karakterizasyonlarının yokluğunu göstermek için yapılan çalışmaların varlığını ispatlamaya yönelik çalışmalardan daha fazla olduğunu, ancak bu tarihten itibaren yapılan faktör çalışmalarının güçlü olarak kanıtladıkları ve destekledikleri iki ayrı uzamsal yeteneğin bulunduğunu ve bu yeteneklerin “görselleştirme ve yönelim” olarak belirlendiğini ifade etmiştir. McGee, bu çalışmalardan yola çıkarak görselleştirme yeteneğini “resimsel olarak gösterilen uyarıcı bir nesneyi ters çevirme, ikiye katlama, döndürme ve zihinsel manipule etme yeteneği” olarak tanımlamıştır.

Tartre, L. A. [120], McGee’nin yaptığı sınıflandırmayı temel alarak yaptığı çalışmasında, uzamsal görselleştirmeyi, “uzamsal gösterilen bir bilginin karmaşık, çok adımlı manipulasyonlarını gerektiren uzamsal yetenek görevleri” olarak tanımlamıştır. Uzamsal yönelimin tanımı ise “bir nesnenin zihinsel olarak

hareketini gerektirmeyen, sadece bireyin gördüğü nesnenin değiştiği ya da hareket ettiği durumdaki algısal bakış açısı” olarak yapılmıştır. Tartre'ye göre uzamsal görselleştirmeyi uzamsal yönelimden farklı kılan “bir hareketin veya bir eylemin olup olmadığının belirlenmesi”dir. Eğer bir gösterimin bir parçası veya tamamı zihinsel olarak hareket ediyorsa veya taşıyorsa, bu durumda bu görev uzamsal görselleştirme görevi olarak tanımlanmaktadır. Uzamsal yönelim görevleri bir nesnenin zihinsel olarak hareket ettirilmesini içermezler. Sadece bireyin bir nesnenin değiştirildiğinde ya da hareket ettirildiğinde ne olacağına dair algısal bakış açısıyla ilgilenir.

Uzamsal yeteneğin farklı bir sınıflandırılması da Linn, M. C. ve Petersen, A. C. [70] tarafından verilmiştir. Buna göre uzamsal yeteneğin alt kategorileri: uzamsal algı, zihinde döndürme ve uzamsal görselleştirme olarak ifade edilmiştir. Burada sözü geçen uzamsal algı yeteneği, bireyin uzamsal ilişkileri belirlerken çevredeki dikkat dağıtıcı unsurlara rağmen kendi doğrultularındaki nesnelere belirleyebilmesi yeteneğidir. Zihinde döndürme yeteneği için ise Shepard, R. N. ve Metzler, J. [106] tarafından yapılan tanım esas alınarak, iki veya üç boyutlu şekillerin hızlı ve doğru bir şekilde döndürülebilmesi yeteneği olarak tanımlanmıştır. Son olarak araştırmacılar uzamsal görselleştirme yeteneğini, uzamsal gösterilen bir bilginin karmaşık ve çok adımlı manipulasyonları olarak tanımlamışlardır.

Lord (1985,akt. [16]), uzamsal yeteneği “uzamsal yönelim” ve “uzamsal görselleştirme” olmak üzere iki alt boyut halinde incelemiştir. Burada uzamsal yönelim yeteneği, bütün düzlemlerde şekilleri zihinde döndürme, yani verilen nesneye veya olaya göre şeklin uzayda alabileceği durumu belirleme yeteneğidir. Uzamsal görselleştirme yeteneği ise şeklin değiştirilmesi ile verilen düzenin veya yapının nasıl değiştiğini belirleme yeteneğidir.

Gorska, R., Sorby, S.A. ve Leopol, C. [48], uzamsal yeteneği beş bileşen olarak ele almışlardır. Bunlar, “uzamsal algı, uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme, uzamsal bağıntılar ve uzamsal yönelim” bileşenleridir.

Son zamanlardaki çalışmalarda, Allen (2003, akt. [134]) uzamsal yeteneği üç fonksiyonel aile olarak gruplamıştır: Nesne belirleme (“Bu nedir?” sorusunu cevaplar), nesnenin yerini belirleme (“O nerde?” sorusunu cevaplar) ve gezici yönelme (“Ben nerdeyim?” sorusunu cevaplar).

Juščáková (2002, akt.[44]), uzamsal yeteneğin alt faktörlerini şu şekilde belirlemiştir:

- Pasif uzamsal yönelim
- Görsel hafıza
- Görsel teşhis
- Aktif uzamsal yönelim
- Zihinsel manipulasyon
- El ile yapılan manipulasyon
- Uzamsal hayal gücünde teknik yaratıcılık

Kimura, D. [62], uzamsal yeteneğin deneysel ölçmelerle belirgin bir şekilde ortaya çıktığını iddia ettiği altı boyutunu tanımlamıştır. Bunlardan ilki, bir nesnenin yönlendirilmesindeki değişikliklerin tam olarak tahmin edilmesi becerisi olan “uzamsal yönelim”; ikincisi, bir dizi nesnenin konularının hatırlanması becerisi olan “uzamsal yer hafızası”dır. Bir mermiyi belirli bir hedefe atabilme yeteneği olarak tanımlanan “hedefleme yeteneği” ele alınan üçüncü boyuttur. Ancak bu yeteneği sınıflandırmak, motor becerilerle yüksek ilişki içerisinde olduğu için zordur. Dördüncü boyut olan “uzamsal görselleştirme” ise bir görüntüdeki yönlendirme değişikliklerinin belirlenmesi ve nicelenmesi yeteneği olarak tanımlanmıştır. Bu yetenek her ne kadar zihinde döndürmeye çok benzer görülsede, bu beceri nesnelere zihinsel döndürmelerini gerektirmez, ancak sabit duran bir nesneyle ilişkili olan konuların görülmesini gerektirir. Beşinci boyut olarak tanımlanan “arka plandan ayırma, ortaya çıkarma (disembedding)”, karmaşık birçok şeklin içine gizlenen basit bir nesnenin bulunması yeteneğidir. Son boyut olan “uzamsal algı”, dikkat dağıtan desenlerin bulunduğu yerlerdeki yatay ve dikey yönelimlerin hangisinin baskın olduğunu saptayabilen birey yeteneğini temsil eder.

Carroll, J. B. [21], alanyazında yer alan faktör analitik çalışmaların taramasını yaparak gerçekleştirdiği çalışması doğrultusunda, uzamsal yeteneğin bileşenlerini; uzamsal görselleştirme, uzamsal ilişkiler, kapatma hızı, kapatma esnekliği ve algısal hız olmak üzere beş boyuta ayırmıştır. Burada, uzamsal görselleştirme; görsel uyarıcı materyalindeki zorluk ve karmaşıklık düzeyinde belirtildiği üzere

görevi tamamlama hızı dikkate alınmaksızın başarıyla gerçekleştirilen görsel örüntülerdeki manipulasyon yeteneğidir. Uzamsal ilişkiler; hangi anlamda olursa olsun (zihinde döndürme, dönüşüm vd.) nispeten daha basit görsel örüntülerin manipulasyonlarındaki hızdır. Kapatma Hızı; Tanımlanan görsel bir örüntünün, bu örüntü bir şekilde gizli veya örtülü iken, anlaşılması gereken durumları önceden bilme, kavrama ve belirleme hızıdır. Kapatma Esnekliği; örüntü bir şekilde gizli veya örtülü iken ileride kavranması gereken görsel bir örüntüyü bulma, kavrama ve tanımlama hızıdır. Algısal Hız; Gizlenmemiş veya örtülmemiş örüntüler gibi görsel bir alanda; bilinen bir görsel örüntünün veya bir ya da birden fazla örüntünün tam olarak karşılaştırılmasının bulunması hızıdır.

Miyake, A., Friedman, N.P., Rettinger, D.A., Shah, P. ve Hegarty, M. [81], çalışmalarında uzamsal yeteneği; Uzamsal Görselleştirme, Uzamsal İlişkiler ve Algı Hızı olmak üzere üç alt boyut olarak ele almış ve gizil değişken olarak adlandırdıkları bu boyutların aynı yapıyı ölçtüklerini kanıtlamak amacıyla, AMOS programı yardımıyla doğrulayıcı faktör analizi ve yapısal eşitlik modeli uygulamışlardır. Analiz sonuçlarına göre uyum indeksleri incelendiğinde, bu üç boyutun uzamsal yeteneğin bileşenleri olarak kabul edilebileceği sonucu elde edilmiştir.

Burton, L. ve Fogarty, G. [17] çalışmalarında, yaptıkları birinci düzey doğrulayıcı faktör analizi sonuçlarına göre görselleştirme, hızlı döndürme, kapatma hızı, görsel hafıza ve algısal hız- kapatma esnekliği bileşenlerinin görsel betimleme yeteneğini ölçtüklerini, ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizi sonucunda da görsel betimleme yeteneğinin uzamsal yeteneğin bir alt boyutu olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Németh, B. ve Hoffmann, M. [86] çalışmalarında, öğrencilerin uzamsal yeteneklerini tespit etmek amacıyla geliştirilen standart testler arasında “Zihinde Döndürme Testi” ve “Zihinde Kesme Testi” nin büyük öneme sahip olduğunu vurgulamışlardır. Bu çalışmada kullanılan zihinde kesme testinin düzey ayırt edilmeksizin herhangi bir öğrencinin uzamsal yetenek seviyesini belirlemek amacıyla kullanılabileceği belirtilmiştir.

Bu tez çalışmasında, alanyazında tanımları üzerinde büyük ölçüde uzlaşma sağlanan, uzamsal yetenek bileşenleri: tanımları Bölüm 1.5’ de verilmek üzere:

“uzamsal görselleştirme”, “zihinde döndürme” ve “zihinde kesme” olarak ele alınacaktır.

### **1. 1. Araştırmanın Amacı**

Bu araştırmanın bir amacı; uzamsal yeteneği “zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme” bileşenleri bağlamında tanımlayabilmek; üniversite öğrencilerinin uzamsal yetenek düzeylerini bu bağlamda belirlemek ve bu yeteneklerini geliştirmeye yönelik bazı sonuçlar ve öneriler üretebilmektir. Bu amaç doğrultusunda, alanyazında yer alan testlerden farklı olarak, öncelikle araştırmacı tarafından içeriklerinde matematiğe yönelik soruların da yer aldığı “zihinde döndürme” ve “uzamsal görselleştirme” testleri geliştirilmiş, gerekli uygulama ve analizler yapıldıktan sonra testlerin son hallerine ulaşılmıştır.

Araştırmanın bir diğer amacı, uzamsal yetenek kavramını farklı alt boyutlarıyla birlikte ele alarak alanyazında birlikte yer almayan “zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme, zihinde kesme” bileşenlerinin uzamsal yeteneği ne ölçüde açıkladığının belirlenmesidir. Geliştirilen iki testin yanı sıra, alanyazında yer alan bir zihinde kesme testi de uygulanarak uzamsal yetenek, bu üç boyut ile açıklanmaya çalışılmıştır.

Son olarak, testlerin uygulamasıyla elde edilen bulgular doğrultusunda araştırma için seçilen öğrenci grubunun uzamsal yetenek düzeyleri belirlenmiş ve hazırlanan etkinlikler sırasıyla uygulamaya konulmuştur. Bulgular doğrultusunda, uzamsal yeteneği en büyük ölçüde açıklayan yeteneğin zihinde döndürme olması nedeniyle, etkinlikler zihinde döndürme performansını artırmaya yönelik geliştirilmiştir. Bu etkinliklerden ilki “serbest döndürme etkinliği”, ikincisi “kontrollü döndürme etkinliği” sonuncu etkinlik ise “bağlamsal döndürme etkinliği” başlıklarıyla sunulmaktadır. Bu etkinlikler ile zihinde döndürme yeteneğindeki artışın uzamsal yeteneği ve diğer iki alt boyutunu ne düzeyde etkileyeceğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

### **1.2. Araştırmanın Önemi**

Uzamsal yetenek ve bileşenleri üzerine, farklı disiplinlerde yapılmış birçok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar gerek yöntem, gerek örneklem gerekse kullanılan ölçme araçları bakımından birbirinden ayrılmaktadır. Ancak çalışmalarda kullanılan ölçme araçlarının bir noktadan sonra tekrar durumuna düşmesi dikkat

çekmektedir. Bu çalışmanın çıkış noktası, alana ve çalışma grubuna özgü bir test ile öğrencilerin uzamsal yetenek düzeylerinin incelenmek istenilmesidir. Ayrıca uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme yetenekleri ilk kez bu çalışma ile birlikte uzamsal yeteneğin alt bileşenleri olarak bir arada ele alınmışlardır.

Uzamsal yeteneğin alt boyutları belirlenirken birçok çalışmada çeşitli yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. Bunlardan ilki, bu konuya ilişkin alanyazında yer alan birden çok araştırmada elde edilen bulguların istatistiksel analizinin yapıldığı meta-analiz çalışmalarıdır [21; 93]. İkinci tür çalışmalarda ise uzamsal yeteneğin alt boyutları birinci ya da ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizi yardımıyla belirlenmektedir [17; 81]. Bu araştırmaların dışında yer alan araştırmalarda ise, araştırmacılar daha önce kabul edilmiş boyutlar üzerine herhangi bir işlem yapmaksızın istatistiklerini sürdürmektedirler [48; 68]. Bu çalışmada, alanyazında yer alan farklı çalışmalarla kabul edilmiş olan uzamsal yeteneğin alt boyutları farklı bir sınıflandırma ile ele alınarak doğrulayıcı faktör analizi uygulanmış ve böylece araştırmanın teorik temelleri sağlamlaştırılmıştır.

Uzamsal yetenek üzerine yapılan birçok araştırma, bu yeteneğin geliştirilmesi üzerinde durmuştur. Bu araştırmalara göre, bu yeteneği geliştirmek üzere kullanılan farklı yöntemler ve etkinlikler genel olarak başarı sağlamıştır [25; 6; 100]. Bu araştırma ile uzamsal yeteneğin geliştirilmesine yönelik etkinlikler hazırlanarak, alanyazına bu anlamda katkı sağlanmış ve değişik bir bakış açısı kazandırılmış olacaktır.

Birçok meslek dalı ile ilişkisi irdelenen ve önemi vurgulanan uzamsal yetenek kavramı ve alt boyutlarının matematikle ilişkili bilim dallarında da ne derece önemli olduğu açıkça görülmektedir.

Matematik başarısı ile ilişkisi oldukça belirgin olan uzamsal yeteneğin matematiği öğretmekle yükümlü öğretmenlerde gelişmiş olması kuşkusuz önemlidir. Bu anlamda, matematik öğretmen adaylarıyla yapılan bu çalışma ile mevcut durum gözlemlenerek, sonuçlar doğrultusunda önerilerde bulunularak alanyazına katkı sağlanacaktır.

Öğrencilerin matematik ve geometri derslerinde karşılaştıkları 3-boyutlu şekilleri zihinde canlandırabilme ve bu şeklin değişik görünümünü tahmin edebilmeleri

genel olarak matematik eğitimi için bir sorun olarak görülmektedir. Bu nedenle, uzamsal yeteneğin geliştirilmesine yönelik hazırlanan etkinliklerle, öğrencilere 3-boyutlu şekillerin anlaşılmasında alternatif bir yol gösterilmektedir.

### **1.3. Araştırma Problemleri**

Bu araştırmada aşağıdaki problemlere cevap aranacaktır:

#### **1.3.1. Problem Cümlesi**

Uzamsal yeteneğin belirlenmesi amacıyla kullanılan zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme testlerinin psikometrik özellikleri nelerdir?

#### **1.3.2. Problem Cümlesi**

Çalışma grubunda yer alan öğrencilerin zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme yetenekleri ne düzeydedir?

#### **1.3.3. Problem Cümlesi**

Yapılan Etkinlikler, öğrencilerin uzamsal yetenek düzeylerinde anlamlı bir farklılığa yol açmış mıdır?

##### **1.3.3.1. Alt Problemler**

*i)* Serbest etkinlik, öğrencilerin zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme yetenek düzeylerinde anlamlı bir farklılığa yol açmış mıdır?

*ii)* Kontrollü etkinlik, öğrencilerin zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme yetenek düzeylerinde anlamlı bir farklılığa yol açmış mıdır?

*iii)* Bağlamsal etkinlik, öğrencilerin zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme yetenek düzeylerinde anlamlı bir farklılığa yol açmış mıdır?

#### **1.3.4. Problem Cümlesi**

Farklı soru türlerinde öğrenci ortalamaları hangi etkinlik ile daha çok artış göstermektedir?

##### **1.3.4.1. Alt Problemler**

*i)* Uzamsal görselleştirme testindeki farklı soru türlerinde öğrenci ortalamaları hangi etkinlik ile daha çok artış göstermektedir?

*ii)* Zihinde döndürme testindeki farklı soru türlerinde öğrenci ortalamaları hangi etkinlik ile daha çok artış göstermektedir?

*iii)* Zihinde kesme testindeki farklı soru türlerinde öğrenci ortalamaları hangi etkinlik ile daha çok artış göstermektedir?



#### **1.4. Araştırmanın Sınırlılıkları ve Sayıtları**

Bu araştırma, üniversite öğrencilerinin uzamsal yetenek düzeylerini ve bu yeteneğin yapılan etkinliklerle geliştirilip geliştirilemediğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma, bir devlet üniversitesinde, birinci ve ikinci sınıfta öğrenim görmekte olan toplam 77 matematik öğretmen adayıyla yürütülmüştür. Araştırma kapsamında yer alan etkinliklerin hazırlandığı ortama henüz aşına olmamaları nedeniyle, çalışma grubu bu iki sınıfın öğrencilerinden oluşmaktadır.

Etkinlikler öncesi verilen program kullanım bilgilerinin yeterli düzeyde verildiğinin düşünülmesi nedeni ile öğrencilerin bilgisayar kullanım düzeyleri eşit varsayılmıştır.

Araştırma kapsamında yer alan katılımcıların, gerek testlerde gerekse etkinliklerde yer alan soruları dikkatli ve samimi cevapladıkları varsayılmıştır.

#### **1.5. Tanımlar**

*Uzamsal Yetenek:* İki ya da üç boyuttaki nesnelerin döndürülmesi, katlanması veya nesnenin değiştirilmiş halinin zihinde canlandırılması yeteneğidir [77].

*Zihinde Döndürme:* Zihinde döndürme, iki ve üç boyutlu nesnelerin gösterimlerinin zihinde döndürülmesi yeteneğidir [1].

*Uzamsal Görselleştirme:* 2-Boyutlu ve 3-Boyutlu nesnelere ve bu nesnelere ait parçaların uzayda hareket ettirilmesi sonucu oluşacak yeni durumların zihinde canlandırılabilmesi yeteneğidir (Burnet & Lane, 1980; akt. [90]).

*Zihinde Kesme:* Verilen bir cisim için, bu cismin bir düzlem tarafından kesildiği kabul edilen farklı açılardan görünümünün çizilebilmesi yeteneğidir [111].

## **2. İLGİLİ ALANYAZIN ÇALIŞMALARI**

Bu kısımda, uzamsal yeteneğin alanyazında mevcut olan ve bu çalışmada temel alınacak olan alt boyutları üzerine yapılan çalışmalar, ayrıca bu yeteneği geliştirmek için yapılan uygulamalar, uzamsal yeteneğin cinsiyete göre incelenmesi ve son olarak da farklı disiplinlerde bu yeteneğin nasıl gözlemlendiği üzerinde durulacaktır.

## **2.1. Uzamsal Yeteneğin Bileşenleri**

Bu kısımda ilk olarak, alanyazında yer alan uzamsal yetenek çalışmaları incelenerek, bu çalışmada kabul edilen alt boyutlara ilişkin tanımlar, özellikler ve ölçme araçlarına yer verilmektedir. Daha sonraki bölümünde ise uzamsal yeteneğin geliştirilmesi, cinsiyete göre incelenmesi ve farklı alanlardaki uygulamalara yönelik çalışmalar tanıtılmaktadır.

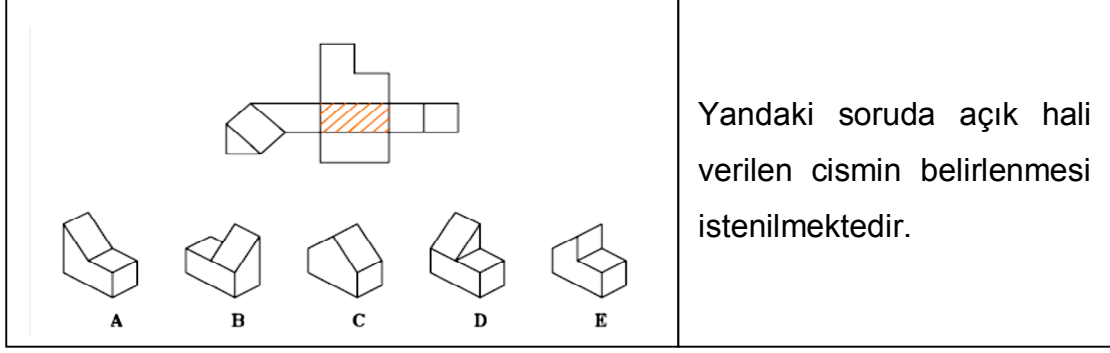
### **2.1.1. Uzamsal Görselleştirme**

Uzamsal yetenek gibi uzamsal görselleştirme de alanyazında farklı tanımlamalara sahiptir. Üstelik bazı çalışmalarda Uzamsal yetenek ile Uzamsal Görselleştirme kavramlarının birbirleri yerine kullanıldığına rastlanmaktadır. Uzamsal görselleştirme yeteneğine ilişkin tanımlardan bazıları şu şekildedir:

McGee, M.G. [78] uzamsal görselleştirmeyi “zihinsel manipülasyon, döndürme, bükme veya resimle gösterilen uyarıcı bir nesnenin tersini çevirme yeteneği” şeklinde uzamsal becerilerin bir alt kümesi olarak tanımlamıştır. Carroll, J. B. [21], uzamsal görselleştirmenin kavrama, kodlama ve üç boyutlu şekillerin zihinsel manipülasyon süreci olduğunu belirtmiştir. Carroll' a göre uzamsal görselleştirme görevleri, iki boyutlu gösterimlerden üç boyutlu gösterimlere ve tam tersi yönde ilişki kurabilmeyi gerektirir. Lappan, G. [67] ise görselleştirmeyi “görsel bilgiyi zihinsel kavrama” olarak tanımlamıştır.

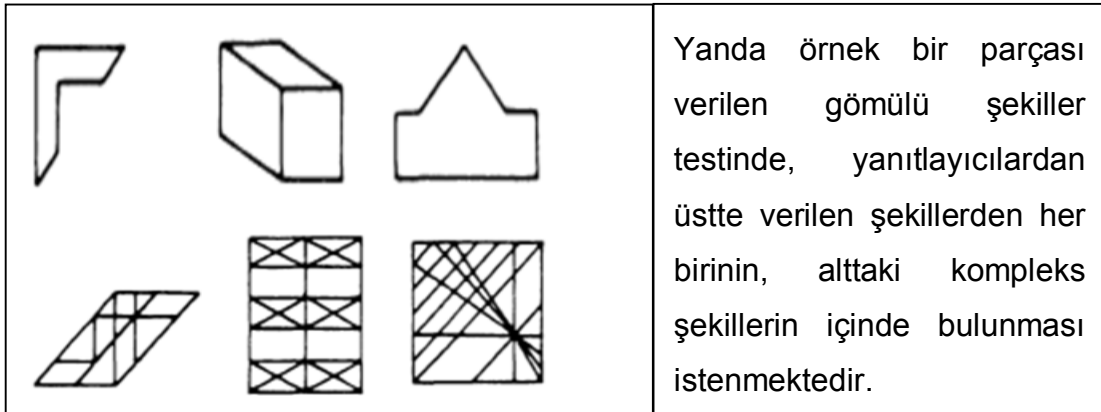
Bu çalışmada Fennema, E. ve Tartre, L.A. [39] ve Burnet ve Lane (akt. [90]) tarafından yapılan tanımlamalar temel alınmıştır. Fennema, E. ve Tartre, L.A. [39], uzamsal görselleştirmeyi, “uzamsal gösterilen bir bilginin karmaşık çok adımlı manipülasyonlarını gerektiren uzamsal yetenek görevleri” olarak tanımlamışlardır. Burnet ve Lane ise uzamsal görselleştirmeyi, 2-Boyutlu ve 3-Boyutlu nesnelere ve bu nesnelere ait parçaların uzayda hareket ettirilmesi sonucu oluşacak yeni durumların zihinde canlandırılabilmesi yeteneği olarak tanımlanmıştır.

Uzamsal görselleştirme yeteneği üzerine farklı tanımlamalar yapılması bu yeteneğin farklı türde testlerle ölçülmesine yol açmıştır. Örneğin; Yue, J. [135] çalışmasında, Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi (PSVT) kullanmıştır. Bu test 1977 yılında Guay tarafından geliştirilmiştir. Testte yer alan sorularda iki boyutlu düz örüntünün katlanarak oluşturduğu 3-Boyutlu yüzey modellerine ilişkin sorular yer almaktadır.



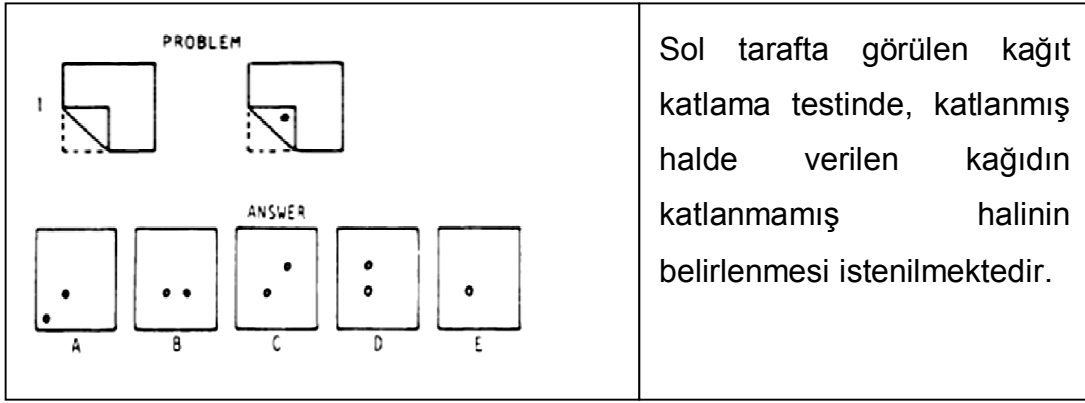
Şekil 2.1. Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi için örnek soru

Linn, M.C. ve Petersen, A.C. [70] çalışmalarında uzamsal görselleştirme yeteneğinin belirlenmesi amacı ile Gömülü Şekiller (Embedded Figures) ve Kağıt Katlama (Paper Folding) testlerinin kullanıldığını belirtmişlerdir. Witkin, H.A., Moore, C.A., Goodenough, D.R. ve Cox, P.W. [129] tarafından geliştirilen Gömülü Şekiller Testi, bireyin bir maddeyi algılamasının, içinde bulunduğu yapıdan nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Test üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde verilen 7 şekil ile teste başlangıç aşamasında bireyi hazırlamak amaçlanmıştır. Bu bölüm, alıştırmaya amaçlı olduğu için değerlendirme kısmında dikkate alınmamaktadır. İkinci ve üçüncü bölümde verilen toplam 18 soruda karmaşık şekiller verilerek bu şekillerin içerisinde istenilen basit şeklin bulunması görevleri yer almaktadır.



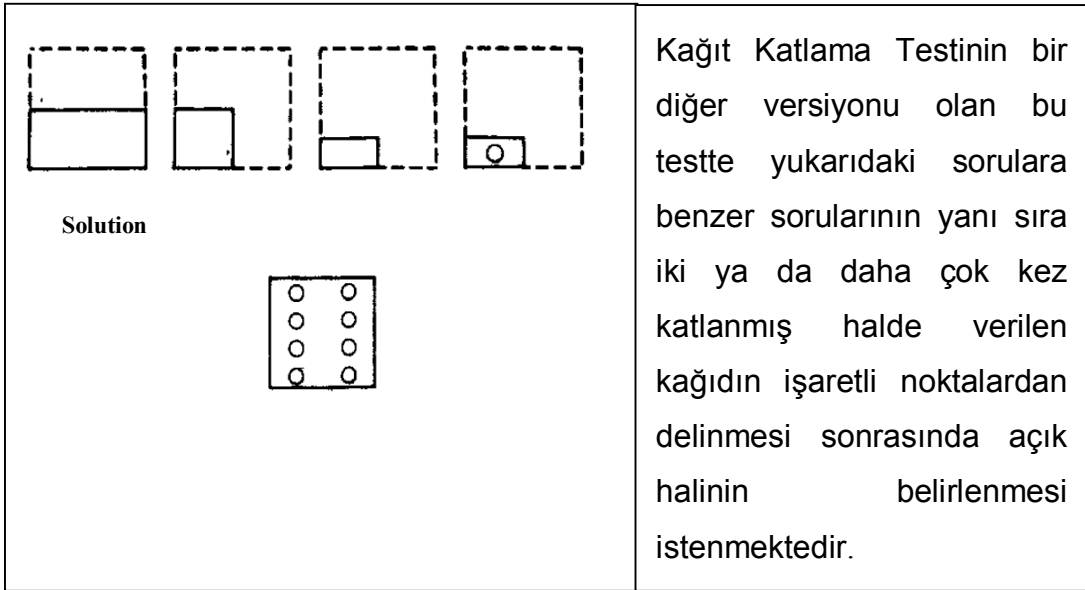
Şekil 2.2. Gömülü Şekiller Testi için örnek soru

Kağıt Katlama Testi ise French ve arkadaşları tarafından 1963 yılında geliştirilmiştir [42]. Bu testte öğrencilere düşen görev; katlanarak, üzerindeki çeşitli noktalardan delikler açılan bir kağıdın açıldıktan sonraki halini belirleyebilmeleridir.



Şekil 2.3. Kağıt Katlama Testi [42] için örnek soru

Kağıt Katlama Testinin bir diğer versiyonu Kyllonen, P.C., Lohman, D.F. ve Snow, R.E [66] tarafından geliştirilmiştir. Bu testte, kare şeklindeki bir kağıt parçasının bir veya daha çok kez katlanmasıyla ve katlanan kısımlarından delikler açılmasıyla oluşan yeni parçanın açılmış halinin bulunması istenilmektedir.



Şekil 2.4. Kağıt Katlama Testi [66] için örnek soru

Uzamsal görselleştirme yeteneğini ölçme amacıyla geliştirilen bir diğer test “Yüzey Geliştirme” testidir. Yüzey geliştirme testinde, kenarları numaralandırılmış düzlemsel bir şekil ve kenarları harflendirilmiş üç boyutlu şekiller yer almaktadır. Testte hangi rakamın hangi harf ile ilişkili olduğunun bulunması istenilmektedir [121].

	1	B
	2	
	3	
	4	
	5	

Bu testte, kenarları numaralandırılmış düzlemsel bir şekil ve kenarları harflendirilmiş 3-Boyutlu şekiller yer almaktadır. Testte hangi rakamın hangi harf ile ilişkili olduğunun bulunması istenilmektedir

Şekil 2.5. Yüzey Geliştirme Testi için örnek soru

Alanyazında yer alan bir diğer uzamsal görselleştirme testi “Dailey Mesleki Testi (1965)” dir [37]. Bu testte şekillerin açık ve kapalı durumları verilerek aynı şekle ait durumların eşleştirilmeleri istenilmektedir. Monash Uzamsal Görselleştirme Testi (1977)’ nde ise küp oluşturma, çeşitli uzunluk karşılaştırmaları türünde sorular yer almaktadır [37].

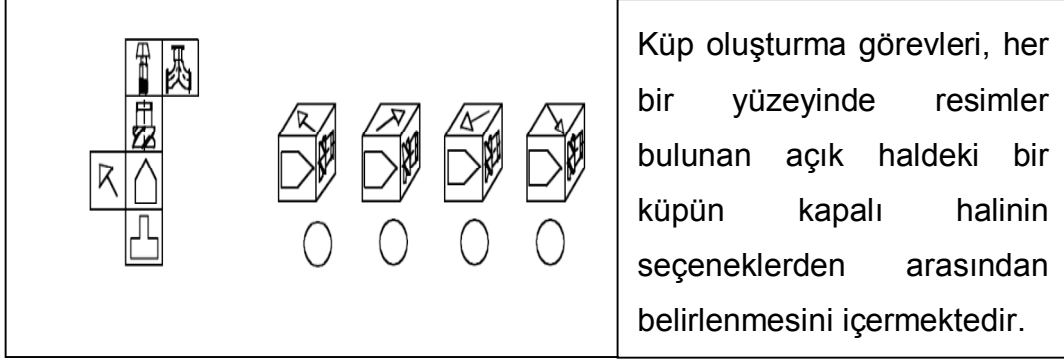
	<p>Bu testte şekillerin açık ve kapalı durumları verilerek aynı şekle ait durumların eşleştirilmeleri istenilmektedir.</p>
--	--

Şekil 2.6. Dailey Mesleki Testi için örnek soru

	<p>Yandaki soruda verilen küpün cisim köşegeni belirtilmiş ve aynı cisim köşegenine sahip kaç adet küp oluşturulabileceği sorusu yöneltilmiştir.</p>
--	--

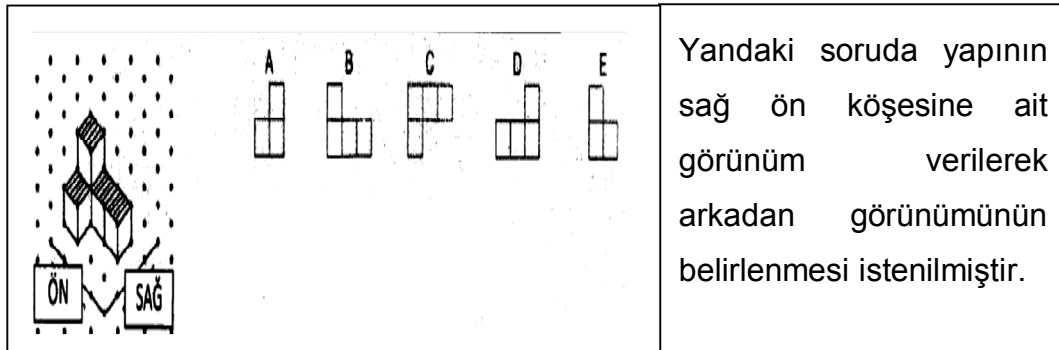
Şekil 2.7. Monash Uzamsal Görselleştirme Testi için örnek soru

Küp Oluşturma testi yine uzamsal görselleştirme yeteneğini ölçmek amacıyla geliştirilen bir başka testtir. Küp oluşturma görevleri, her bir yüzeyinde resimler bulunan açık haldeki bir küpün kapalı halinin seçeneklerden arasından belirlenmesini içermektedir [3].



Şekil 2.8. Küp Oluşturma Testi için örnek soru

Uzamsal görselleştirme testlerine son olarak vereceğimiz örnek “Middle Grades Mathematics Project: Spatial Visualization” testidir. Bu test, ilköğretim II. Kademe için Amerika Birleşik Devletleri’nde gerçekleştirilen “Middle Grades Mathematics Project” adlı proje için hazırlanmış ve Winter, J.W., Lappan, G., Fitzgerald, W. ve Shroyer, J. [128] tarafından geliştirilmiştir. Test 15 sorudan oluşmaktadır. Her sorunun 5 yanıt şıkkı bulunmaktadır. Test soruları genel olarak birim küplerden oluşturulmuş yapıların izometrik görünümüne ek olarak, sağdan, soldan, önden ve arkadan görünümüne dair sorular içermektedir. Testte ayrıca, küplerden oluşturulan yapıların kuş bakışı görünümünün özel bir kodlaması olan MAT planı soruları yer almaktadır [133].



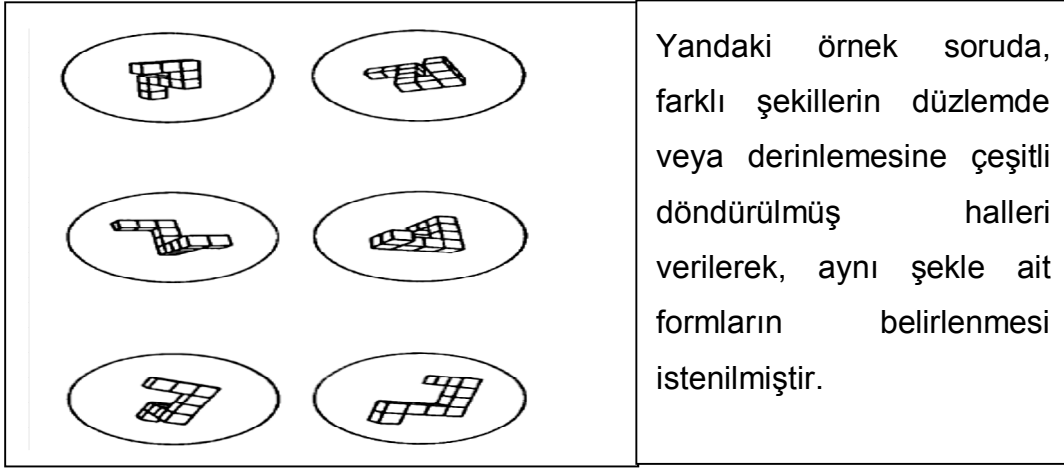
Şekil 2.9. Middle Grades Mathematics Project: Spatial Visualization Testi için örnek soru

## 2. 1. 2. Zihinde Döndürme

Zihinde döndürme iki ve üç boyutlu nesnelerin zihinsel gösterimlerinin döndürülmesi yeteneğidir [1]. Bu yetenek, farklı yönlerdeki iki nesnenin birinin diğerine göre aynı veya yansıtımlı görüntülerinin nasıl olacağı hakkında karar verme sürecinde ortaya çıkmaktadır [130]. Linn, M.C. ve Petersen, A.C. [70], zihinde döndürmeyi, 2-Boyutlu ve 3-Boyutlu nesnelerin doğru ve hızlı bir şekilde zihinde döndürülmesi yeteneği olarak ele alırken, Okagaki, L. ve Frensch, P.A. [88] bu tanımı “görsel uyarıcıların dönmesini zihinde canlandırabilme yeteneği” şeklinde yapmışlardır. Kosslyn, S.M., Behrmann, M. ve Jeannero, M. [63], zihinde döndürmeyi, uzayda nesnelerin dönmesini hayal etme becerisi olarak tanımlamışlardır. Araştırmacılar bireyin, görsel sistemini isteğe bağlı odaklayarak, bir nesnenin fiziksel manipulasyonlarının sonuçlarını görmede olduğu gibi, hareketli resimleri biçimlendirebileceğini belirtmişlerdir.

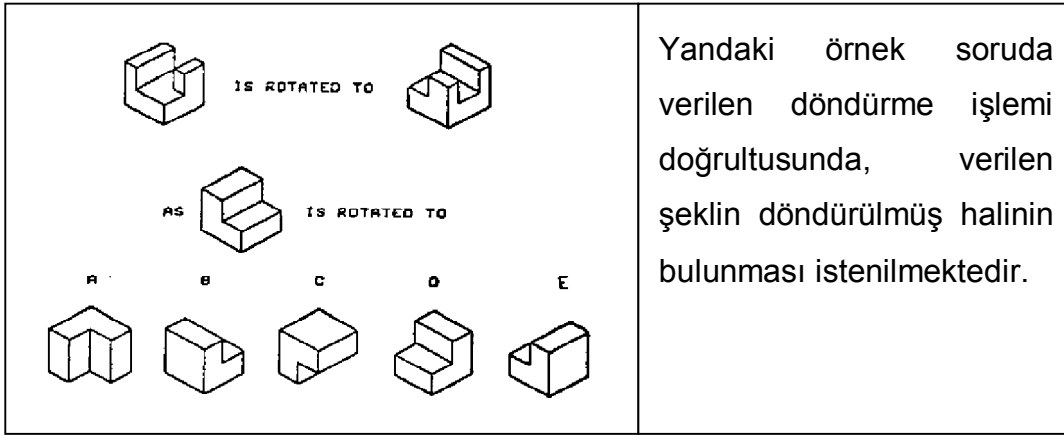
Yapılan araştırmalarda Zihinde döndürme yeteneğinin ölçülmesi amacıyla geliştirilen testlere örnekler şu şekildedir:

Zihinde döndürme üzerine bilinen çalışmalardan en önemlisi Shepard, R.N. ve Metzler, J. [106] tarafından yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında geliştirilen test birçok çalışmaya kaynak oluşturmuştur. Shepard ve Metzler, görsel ipuçlarını kullanarak bellekte görsel uyarıların zihinsel döndürülmesini incelemişlerdir. Test kapsamında deneklere iki değişik görsel uyarı gösterilmiş ve uyarıların aynı olup olmadıklarına karar vermeleri istenmiştir. Şekiller hem düzlem üzerinde hem de üçüncü boyut katılarak (derinlemesine) döndürülmüşlerdir. Araştırma sonunda döndürme açısının artmasının doğru şekli bulma süresini artırdığı sonucuna varmışlardır.



Şekil 2.10. Zihinde Döndürme Testi [106] için örnek soru

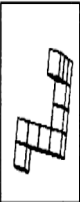
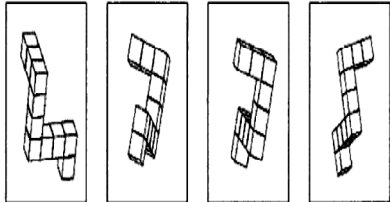
Battista, M.T., Wheatley, G.H. ve Talsma, G. [8] çalışmalarında “Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi: Döndürmeler” testini kullanmışlardır. Bu test 1977 yılında Guay tarafından geliştirilmiş bir testtir. Test 30 maddeden oluşmaktadır ve bu maddeler üç boyutlu nesnelerin zihinsel olarak döndürülmesi yeteneğini ölçmek üzere tasarlanmıştır.



Şekil 2.11. Purdue Uzamsal Görselleştirme Testi: “Döndürmeler” için örnek soru

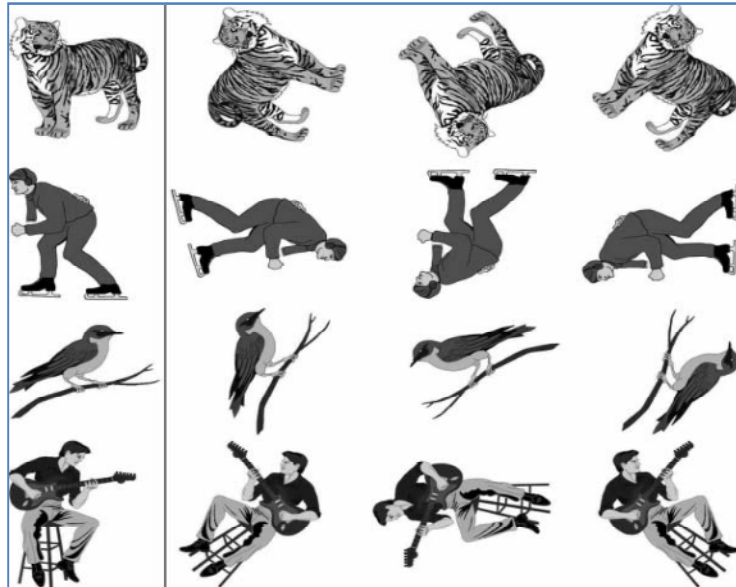
Zihinde döndürme testine bir diğer örnek olarak Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M. ve Zaiyouna, R. [95]’ nin “Vandenberg ve Kuse Zihinde Döndürmeler” testinden uyarladıkları test verilebilir. Test toplam 24 sorudan oluşmaktadır. Her sorunun niteliği aynıdır. Testte yer alan sorular, birim küplerden oluşturulmuş bir şeklin farklı yönlerde ve farklı açılarla döndürüldüğünde oluşacak yeni halini bulmaya dayalıdır.



<p>Aşağıdaki nesneye bakınız:</p> <p>1.</p> 	<p>Aşağıdaki dört şekilden ikisi aynı nesneye aittir. Bunları bulabilir misiniz? Bulduklarınızı (X) biçiminde işaretleyiniz.</p> 	<p>Yandaki örnek soruda, verilen şekillerden aynı nesneye ait olan ikisinin işaretlenmesi istenmektedir.</p>
---	--	--

Şekil 2.12. Zihinde Döndürme Testi [95] için örnek soru

Hinze ve Quaiser-Pohl tarafından 2003 yılında geliştirilen Resim Döndürme Testi, erken çocukluk dönemindeki (4-6 yaş) çocukların zihinde döndürme yetenek düzeylerini ölçmeyi amaçlamaktadır [98]. Test; 6' sını insan resimleri, 6' sını ise hayvan resimleri olmak üzere toplam 12 sorudan oluşmaktadır. Resim döndürme testinin hazırlanma aşamasında Piaget'in varsayımları göz önünde bulundurulmuştur. Piaget' e göre, işlem öncesi aşamada bulunan çocuklar (1,5- 7 yaş arası) hareket eden bir nesnenin sadece başlangıç ve bitiş pozisyonlarını hatırlayabilirler, hareket esnasındaki pozisyonları belirlemede ise yetersizdirler. Bu yüzden bu yaş aralığındaki çocukların zihinde döndürme yeteneklerini, uzamsal nesnelerin yalnızca sabit gösterimleri ile belirlemek mümkündür [98].



Şekil 2.13. Resim Döndürme Testi (Hinze & Quaiser-Pohl,2003) için örnek soru

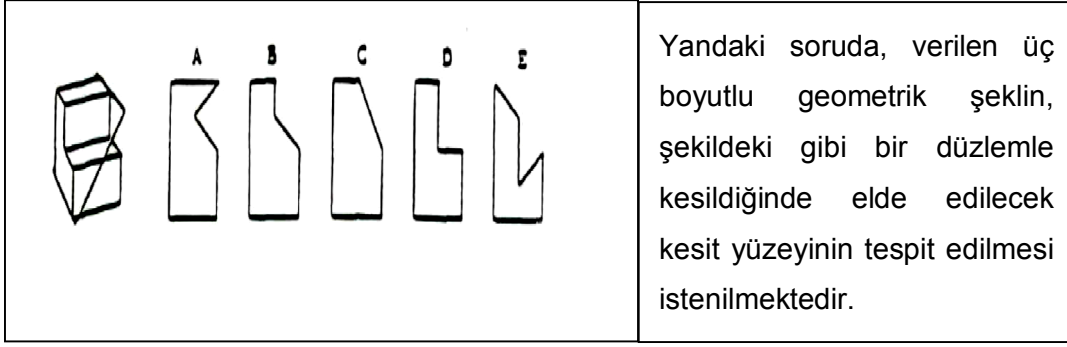
### 2.1.3. Zihinde Kesme

Yapılan alanyazın incelemelerinde zihinde kesme yeteneğine, uzamsal görselleştirme ve zihinde döndürme yeteneklerine nazaran daha az rastlanmaktadır. Zihinde Kesme Testi, ilk olarak Amerika Birleşik Devletlerinde, daha sonra Japonya ve Avusturalya' da üniversite giriş sınavlarında uygulanmıştır. CEBB (College Entrance Examination Board) tarafından 1939 yılında geliştirilen bu test 25 maddeden oluşmaktadır. Testteki her bir problem için öğrenciler, varsayılan bir düzlemle kesilen şekillerin ölçütlerini belirlemektedirler [48].

Zihinde kesme testi iki kategoriden meydana gelmektedir. Birinci kategori, "örüntü problemleri" olarak adlandırılır. Burada doğru yanıt sadece kesit örüntülerinin belirlenmesiyle bulunmaktadır. Diğer kategori ise "nicelik problemleri" olarak adlandırılır. Bu kısımda ise doğru yanıt, sadece örüntü ile değil kesitin niceliğinin (kenarların uzunluğu veya kenarlar arasındaki açının ölçüsü gibi) belirlenmesi ile ayırt edilir [124]. Saito, T., Shina, K., Suzuki, K. ve Jingu, T. [104], bu testi kullanarak yaptıkları çalışmalarında uzamsal yeteneği, zihinde kesme testi ile değerlendirmişlerdir. Değerlendirme sonucunda, zihinde kesme testinin üç boyutlu zihinsel görüntüleri manipüle etme yeteneğini ve iki boyutlu görüntülerin üç boyutlu görüntülere genelleştirilmesi yeteneğini yansıttığını belirtmişlerdir. Buna göre zihinde kesme testi, uzamsal yeteneğin yanı sıra analitik düşünme yeteneğini de yansıtmaktadır.

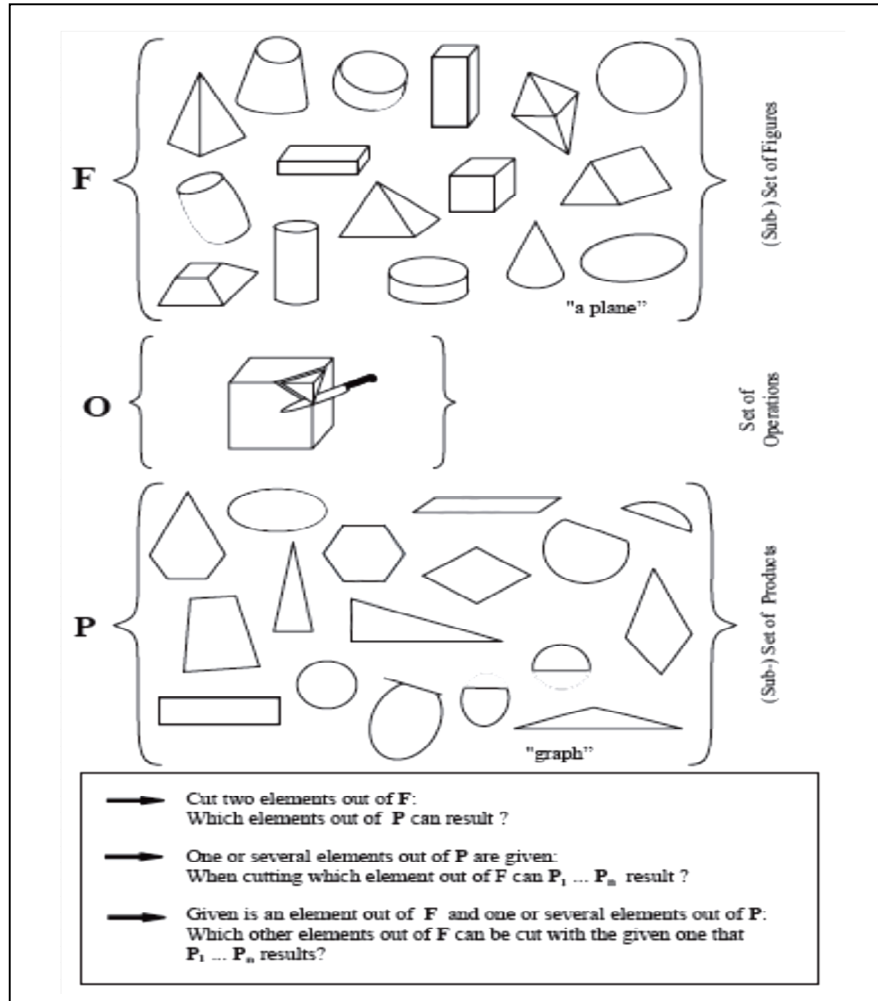
Makino, K., Saito, T., Shina, K., Suzuki, K. ve Jingu, T. [75] çalışmalarında veri toplama aracı olarak göz izleme monitörü ve sözlü protokoller kullanarak öğrencilerin zihinde kesme testindeki problem çözme süreçlerini incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre, zihinde kesme testinin görselleştirme yeteneğini yansıttığı elde edilmiştir. Buna göre zihinde kesme testinde yüksek puan alan öğrenciler, zihinsel resimleri görselleştirmede daha başarılı olmaktadır.

Zihinde kesme testi, bazen grafik eğitime başlamadan önce, öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin taranması amacıyla bir kez kullanılır. Buna rağmen, genellikle aynı öğrencilere dersin başında ve sonunda ön test ve son test olmak üzere iki kez uygulandığı görülmektedir [123].



Şekil 2.14. Zihinde Kesme Testi (CEBB,1939) için örnek soru

Bir diğer Zihinde Kesme Testi “Dilimler”, Fay ve Quaiser- Pohl tarafından 1999 yılında geliştirilmiştir ve sıra dışı yüksek uzamsal yetenekler için yeni bir değerlendirme metodu olarak görülmektedir [98]. Burada, zihinsel olarak kesilen üç boyutlu geometrik şekillerin (piramit, koni, vs.) içi boştur. Bu şekiller bir düzlem veya başka bir geometrik şekil yardımıyla kesilmektedirler.



Şekil 2.15. Zihinde Kesme Testi “Dilimler” için örnek soru

## 2.2. Uzamsal Yeteneğin Geliştirilmesine Yönelik Çalışmalar

Uzamsal yeteneğin bir yetenek mi yoksa bir beceri mi olduğu, bu kavram ortaya atıldığı ilk andan itibaren tartışma konusu olmuştur. Buna göre, uzamsal yeteneğin doğuştan gelen bir özellik olarak görülmesinin yanı sıra, birçok çalışmada bu yeteneğin çeşitli faaliyetlerle geliştirilebileceği iddia edilmektedir.

Lord (1985, akt. [16]) ve Mansfield (1985, akt. [16]) uzamsal yeteneğin öğretim yoluyla geliştirilebileceğini savunmaktadırlar. Mansfield, düşünme becerilerini kazandırmaya büyük bir katkısı olan uzamsal yeteneğin projektif geometri öğretilerek geliştirilmesini önermektedir.

Clements, D.H. ve McMillen, S. [26], öğrencilerin uzamsal ve geometrik düşünme becerilerini geliştirebilmek için somut modellerin önemini vurgulamışlardır.

Olkun, S. [89], uzamsal ilişki görevlerinin, birçok mühendislik çizim uygulamalarında yer alan 2-boyutlu ve 3-boyutlu geometrik şekillerinin döndürülmelerinin hayal edilebilmesi yeteneğini içerdiğini belirtmektedir. Olkun çalışmasında, öğrencilerin uzamsal yeteneklerini mühendislik çizim yaklaşımlarıyla geliştirebilmeyi amaçlamış ve bu amaçla geliştirdiği etkinliklerle öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin geliştirilebileceğini göstermiştir.

Olkun, S. ve Sinoplu, B. [91], somut modeller kullanarak yaptıkları katı cisimlerin anlaşılmasına yönelik çalışmalarında, bu uygulamanın uzamsal ilişkilerin keşfedilmesine yardımcı olduğu sonucuna varmışlardır.

Olkun, S. ve Altun, A. [90], ilköğretim öğrencilerinin bilgisayar sahibi olma ve çeşitli bilgisayar deneyimleri ile uzamsal düşünme ve geometri başarıları arasındaki ilişkileri incelemeyi amaçladıkları çalışmalarında, bilgisayarın doğası gereği çoğunlukla görsel görüntülerle oynanmasına ortam sağlaması dolayısıyla uzamsal düşünmenin gelişmesine katkı sağlayabileceğini ifade etmişlerdir.

Velez, M.C., Silver, D. ve Tremaine, M. [126], “uzamsal yeteneğin görselleştirmenin kavranmasıyla nasıl bir ilişkisi olduğu” sorusu üzerinde durmuşlardır. Çalışma kapsamında temel görselleştirme görevleri üzerine 56 soruluk bir test ve kağıt üzerinde standart uzamsal yetenek testleri uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, yüksek düzeyde uzamsal yeteneğin üç boyutlu görselleştirme testindeki doğru cevap oranı ile orantılı olduğu ancak zaman ile orantılı olmadığı ortaya çıkmıştır.

Christou, C., Pittalis, M., Mousoulides, N., Pitta, D., Jones, K., Sendova, E. ve Boytchev, P. [25], 2-boyutlu ve 3-boyutlu uzamsal görselleştirme ve muhakeme yeteneklerini geliştirmek için uygun 3-boyutlu nesnelere özelliklerini taşıyan dinamik ve interaktif bilgisayar uygulamalarının gerekliliğini savunmuşlardır. Bu amaçla, geliştirdikleri dinamik geometri yazılımı (Cubix Editor) ile öğrencilerin görsel düşünme becerilerinin geliştirilebileceğini vurgulamışlardır.

Baenninger, M. ve Newcombe, N. [6], uzamsal yeteneğin geliştirilmesine yönelik yaptıkları çalışmalarında: ilişkisel çalışmalarda, uzamsal aktivitelerde bulunan katılımcıların uzamsal yetenek ölçümlerindeki puanlarının pozitif ilişkili olarak değiştiği, deneysel çalışmalarda ise uzamsal yetenek testlerindeki performansın eğitim yoluyla geliştirilebileceği sonucunu elde etmişlerdir.

Rafi, A., Samsudin, K.A. ve Said, C.S. [100], çalışmalarında uzamsal görselleştirme yeteneği eğitiminde öğretim yöntemi ve cinsiyet değişkenlerinin etkisini araştırmışlardır. Çalışma kapsamında öğrenciler 2 deney grubu ve bir kontrol grubu olmak üzere üç gruba ayrılmışlardır. Birinci deney grubu etkileşim tabanlı, ikinci deney grubu animasyonla geliştirilmiş ortamlar ile kontrol grubu ise geleneksel yöntemlere göre eğitim almışlardır. Çalışma sonunda, erkek öğrencilerin kız öğrencilere nazaran daha çok ilerleme gösterdikleri; ayrıca eğitim yöntemlerinde en çok ilerlemenin etkileşim tabanlı ortamda, orta dereceli ilerlemenin animasyon tabanlı ortamda görüldüğü, geleneksel yöntemde ise ilerleme görülmediği sonucuna varmışlardır.

Yine bir başka çalışmada Rafi, A., Samsudin, K.A. ve Ismail, A. [99], uzamsal yeteneklerin bilgisayar destekli mühendislik çizimleri ile geliştirilebildiğini göstermişlerdir. Bu çalışmada uzamsal yetenek, uzamsal görme ve zihinsel dönüşüm olmak üzere iki boyut olarak ele alınmıştır. Bu yeteneklerin geliştirilmesi amacıyla Karşılıklı Etkileşimli Mühendislik Çizimi (EDwgT) eğitimi ve iki tür geleneksel yöntem uygulanmıştır. Geleneksel yöntemlerin birinde dijital videolardan yararlanılarak oluşturulan, diğerinde ise hiçbir etkinin gösterilmediği yazılı materyaller kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, EDwgT eğitimi uygulanan öğrencilerin uzamsal görselleştirme yetenek düzeyinde anlamlı artış gözlenirken, zihinde döndürme görev sürelerinde gruplar arasında herhangi bir farklılık gözlemlenmemiştir.

Connolly, P., Holliday-Darr, K. ve Blasko, D.G. [29], çoklu görünüm çizim ön ve son testleri, 3 boyutlu görselleştirme yazılımı (Sorby) içeren dersler ve uygulama problemleri, çoklu görünüm eğitim yazılımı ve etkileşimli çoklu görünüm bilgisayar çizim yazılımı kullanarak gerçekleştirdikleri çalışmalarından elde ettikleri bulgular doğrultusunda, uzamsal yeteneğin uygun pratikler ve uygulamaya dayalı eğitimler ile geliştirilebileceğini vurgulamışlardır.

Gillespie (1995, akt. [59]) grafik mühendisliği öğrencileriyle yaptığı yarı deneysel çalışmasında, üç boyutlu modellerle yapılan öğretimin üç boyutlu uzamsal görselleştirme becerilerinin gelişmesine etkisini incelemiştir. Çalışma kapsamında hazırlanan üç boyutlu modelleme eğitimi ile öğrencilere, 10 haftalık bir eğitim verilmiştir. Değerlendirme aşamasında Zihinde Döndürme Testi, Kağıt Katlama Testi ve Döndürülmüş Bloklar testinin kullanıldığı çalışmanın sonuçlarına göre, deney grubunun görselleştirme becerilerinde kontrol grubuna nazaran anlamlı bir artış gözlemlenmiştir.

Suzuki, K., Shiina, K., Makino, K., Saito, T., Jingu, T., Tsutsumi, N., Kashima, S., Shibata, M., Maki, H., Tsutsumi, E. ve Isoda, H. [115], 10 dan fazla üniversitede yürüttükleri çalışmalarında öğrencilere grafik dersi öncesi ve sonrasında zihinde kesme testi uygulamışlardır. Uygulama sonucunda, zihinde kesme test puanlarında grafik dersi etkinlikleri sonrasında artış gözlemlenmiştir.

Braukman, J. ve Pedras, M.J. [14] diğer çalışmalardan farklı olarak, öğrencilerin uzamsal yetenek performanslarında farklılık yaratmak için her zaman farklı uzamsal aktiviteler kullanmanın gerekli olmadığını öne sürmüşlerdir. Bu iddialarına kanıt olarak, mühendislik öğrencilerine geleneksel çizim ekipmanları ile yaptıkları uygulamanın bilgisayar destekli tasarım kullanmak ile aynı etkiyi göstermesini vermişlerdir.

Robinson, S.O. [103] geometri dersi alan 7. Sınıf öğrencileriyle yaptığı çalışmasında, uzamsal görselleştirme yeteneği, matematiksel yetenek ve problem çözme stratejileri arasındaki ilişkiyi Geometri Sketchpad yazılımı yardımıyla incelemiştir. Çalışmada ölçme aracı olarak Küp Karşılaştırma, Kart Çevirme ve Kağıt Katlama testleri kullanılmıştır. Sketchpad yazılımı kullanan grup deney, kullanmayan grup ise kontrol grubu olarak belirlenerek geometri dersi uygulaması yapılmıştır. Araştırma sonucunda, teknoloji destekli ders alan öğrencilerin

eğitimsel aktivitelere aktif katılımlarında ve uzamsal görselleştirme testi performanslarında artış gözlemlendiği bildirilmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar göz önünde bulundurulduğunda, uzamsal yeteneklerin geliştirilebileceği ve bunun için en uygun yöntemlerden birinin bilgisayar etkinlikleri olduğu sonucuna varabiliriz.

### **2.3. Uzamsal Yetenek ve Cinsiyet İlişkisi**

Tüm diğer yetenek çalışmalarında olduğu gibi uzamsal yeteneğin de cinsiyete göre farklılık gösterip göstermediği birçok çalışmaya konu olmuştur. Aksini iddia eden çalışmalar olmasına rağmen genel kanı uzamsal yeteneğin cinsiyete göre anlamlı bir farklılık gösterdiği yönündedir. Bu farkın hangi cinsin lehine olduğu ise çalışmadan çalışmaya farklılık göstermektedir. Ancak genel eğilim, alt boyutlara göre farklı sonuçlarla karşılaşılsa da genel olarak erkeklerin daha üstün olduğu yönündedir [73; 70; 127].

Yapılan meta- analiz çalışmaları göstermektedir ki zihinde döndürme, uzamsal algı ve uzamsal görselleştirme yeteneklerindeki cinsiyet farkı sırasıyla, yüksek, orta ve çok az miktardadır [100]. Maccoby, E.E. ve Jacklin, C.N. [73]' in çalışmalarında ortaya çıkan sonuç, uzamsal yetenekteki cinsiyet farkının genç yaşlarda kızların lehine olduğu ancak ergenliğe doğru bu farkın erkekler lehine doğru yönelim gösterdiği'dir. Cinsiyet farklılığına neden olan faktörler genel anlamda biyolojik ve çevresel faktörler olarak gruplandırılmıştır. Buna göre cinsiyet hormonları [107], serebral lateralizasyon<sup>1</sup> [49; 127] ve X kromozomuna bağlı genetik teori [99; 108] biyolojik çerçevede birkaç neden olarak sayılabilir.

Suzuki, K., Shiina, K., Makino, K., Saito, T., Jingu, T., Tsutsumi, N., Kashima, S., Shibata, M., Maki, H., Tsutsumi, E. ve Isoda, H. [115], çalışmalarında erkek öğrencilerin zihinde kesme test puanlarının cinsiyete göre erkek öğrenciler lehine anlamlı fark gösterdiği sonucunu elde etmişlerdir.

Goldstein, D., Haldane, D. ve Mitchell, C. [47] çalışmalarında, zihinde döndürme yeteneğinin cinsiyete göre farklılık göstermesinde kısıtlı zamanın bir etken olduğunu öne sürmüşlerdir. Bu duruma sebep olarak, erkeklerin görevleri hızlı yerine getirme, buna karşın kızların testi uygularken yavaş ve dikkatli davranma

---

<sup>1</sup> Serebral lateralizasyon; beynin iki yarımküresi arasındaki morfolojik ve fonksiyonel farklılıklar anlamına gelmektedir [132].

eğiliminde olmalarını göstermişlerdir. Goldstein ve arkadaşlarının bu hipotezlerine göre Zihinde Döndürme testi uygulamalarında zaman kısıtlaması yapılmayarak bu farkın ortadan kaldırılabileceği iddia edilmektedir.

Voyer, D., Voyer, S.D. ve Bryden, M.P. [127], çalışmalarında erkeklerin diğer uzamsal yetenek performanslarına nazaran zihinde döndürme performanslarının kızlardan daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Moé, A. [82], bu duruma bazı açıklamalar getirmiştir. Moé' ye göre zihinde döndürme performansının erkeklerde daha yüksek görülmesinin nedenleri: "biyolojik nedenler, stratejik nedenler ve uzamsal deneyimler" dir.

*Biyolojik Nedenler:* Zihinde döndürme, hormonal faktörlere veya yarımküresel özelleşmeye ve beyin yapısına bağlıdır. Burton, L.A., Henninger, D. ve Hafetz, J. [18], parmak uzunlukları oranı ile zihinde döndürme test puanları arasında bir ilişkinin varlığını ortaya koymuşlardır. Ancak bu ilişki erkeklerde anlamlı iken kadınlarda anlamlı değildir [105]. Yapılan araştırmalarda, uzamsal yeteneğin erkeklerin lehine anlamlı bir fark göstermesinin nedeni olarak, hormonal özellikler işaret edilmektedir. Çeşitli araştırmacılar, bu farklılığın erkeklere özgü bir hormonla ilişkili ve uzamsal yeteneğin X kromozomu üzerinde çekinik bir özellik olmasından kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir [12; 112; 87].

*Stratejik Nedenler:* Goldstein, D., Haldane, D. ve Mitchell, C. [47]' nin ileri sürdüğü üzere "zaman kısıtlaması" cinsiyetler arasında farklılığa yol açmaktadır. Bu sonuç Cherney, I.D. ve Neff, N.L. [23] tarafından da desteklenmektedir. Ancak Moé, A. [82], test uygulama süresinin artırılmasının kızların soru cevaplama ve doğru cevap oranını artıracığı gibi erkeklerde de benzer sonuçları getireceğini düşünerek gerçek bir neden olabileceğinin araştırılabileceğini bildirmiştir. Nitekim Peters, M. [96], bu amaçla yaptığı çalışmasında standart sürenin artırılmasının cinsiyete göre bulunan anlamlı farkta herhangi bir azalmaya yol açmadığı sonucuna ulaşmıştır.

*Uzamsal Deneyimler:* Önceki uzamsal görevlerin (bilgisayar, video oyunları ve bazı sporlar) rolü oldukça önemlidir [23]. Ginn, S.R. ve Pickens, S.J. [46], uzamsal aktivitelerle kazanılan deneyimlerin (basketbol, voleybol, sanatsal aktivitelerdeki müzik performansları), zihinde döndürme performansında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.



Yukarıda belirtilen nedenlere ek olarak, bazı araştırmacılar çevre faktörünün kişisel gelişimin sağlanmasında önemli bir rol oynadığını ileri sürmektedirler. Örneğin; Casey, M.B., Nuttall, R.L. ve Pezaris, E. [22] biyolojik çevre ile olan etkileşim modelinin de zihinde döndürme performansına etkisi olduğunu öne sürmüşlerdir.

Linn, M.C. ve Petersen, A.C. [70] tarafından, 1974 ile 1982 yılları arasında yapılan çalışmaların incelendiği meta- analiz çalışmasında, erkeklerin uzamsal algı ve zihinde döndürme testlerinde kızlara nazaran daha iyi performans gösterdikleri, ancak kızların ve erkeklerin uzamsal görselleştirme testinde eşit performans sergilediklerini belirtmişlerdir. Masters, M.S. ve Sanders, B. [76] da zihinde döndürme performansındaki bu farklılığı doğrulamışlardır. Zihinde döndürme ve uzamsal algının cinsiyete göre gösterdiği farklılığın erkekler lehine olması Voyer, D., Voyer, S.D. ve Bryden, M.P. [127] tarafından da ileri sürülmüştür.

Baenninger, M. ve Newcombe, N. [6], kızların okul dışı uzamsal deneyimlerinin erkeklerden daha az olduğunu, Hyde ise 2007 yılında yaptığı çalışmasında bazı kızların okul müfredatı içinde sunulan uzamsal deneyimlere karşı uzamsal düşünme potansiyellerini kullanmadıklarını ileri sürmüşlerdir [24]. Genel olarak, kızlar uzamsal görevleri erkeklere özgü olarak algırlarlar, buna ek olarak uzamsal görevler kızlar için erkeklere nazaran daha korkutucu görülmektedir (Meyer& Kohler, 1990, akt. [24]).

Deno, J.A. [34], akademik konularla ilgili olmayan uzamsal deneyimlerin mühendislik öğrencilerinin uzamsal görselleştirme yetenekleriyle doğrudan ilişkili olduğunu belirtmiştir. Ayrıca Deno, uzamsal deneyimlerin cinsiyete göre önemli farklılıklar gösterdiğini vurgulamıştır. Bu duruma kanıt olarak, oyuncak türlerindeki blok yapımlarında erkeklerin görsellikten faydalanmaları, bayanların ise daha çok dokunma aktivitelerine başvurmaları gösterilmiştir.

Velez, M.C., Silver, D. ve Tremaine, M. [126], uzamsal yeteneğin cinsiyete göre keskin farklılıklar gösterdiğini savunmuşlardır. Bu farklılıklar sosyal ve kültürel faktörlerden kaynaklanabildiği gibi biyolojik etkenler de bu farklılığa neden olabilmektedir. Çalışma kapsamında cinsiyete göre farklılığın uzamsal yeteneğin özellikle uzamsal yönelim, uzamsal hafıza ve hedefleme bileşenlerinde görüldüğü belirtilmektedir.

Alanyazında, uzamsal yeteneğin cinsiyete göre gösterdiği anlamlı farkın erkek öğrenciler lehine olduğunu savunan birçok çalışmanın yanı sıra, nispeten daha az çalışmada bu farkın kız öğrenciler lehine olduğu gösterilmektedir. Örneğin; Eisenberg, T.A. ve McGinty, R.L. [36], kalkülüs ve iş istatistiği olmak üzere iki farklı tür matematik programına kayıtlı üniversite öğrencileri ile yaptıkları çalışmalarında, kız öğrencilerin erkek öğrencilere nazaran uzamsal görselleştirme performanslarının daha yüksek olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

#### **2.4. Farklı Disiplinlerde Uzamsal Yetenek Üzerine Yapılan Çalışmalar**

Alanyazında, uzamsal yeteneğin önemini vurgulayan çalışmaların sayısı oldukça fazladır. Uzamsal yeteneğin, birçok alanla olan ilişkisi farklı disiplinlerdeki araştırmalara konu olmuştur. Bu araştırmalar, resimden eğitime, fen ve mühendislik alanlarına kadar uzanan geniş bir yelpazeye sahiptir.

Birçok çalışmada, uzamsal yeteneğin fen konularının anlaşılmasında bir önkoşul olduğu belirtilerek, bu yeteneğin önemi vurgulanmıştır. Ayrıca bu çalışmalarda, fen alanındaki başarı ile uzamsal yetenek arasında anlamlı bir ilişki elde edilmiştir [4].

Kozhevnikov, M., Motes, M.A. ve Hegarty, M. [64], çalışmalarında uzamsal görselleştirme ile fizik problemlerinin çözülmesi arasındaki bağıntıyı incelemişlerdir. Bu amaçla araştırmacılar tarafından, kinematik problemleri üzerine üç çalışma hazırlanmıştır. Birinci çalışmada, bir nesnenin iki boyutlu hareketinin tahmini, ikinci çalışmada bir referans (gözlemci) çerçevesinden diğerine geçiş ve üçüncü çalışmada da kinematik grafiklerini yorumlama becerilerinin uzamsal görselleştirme ile ilişkisi incelenmiştir. Araştırmada elde edilen bulgular doğrultusunda, uzamsal görselleştirmenin Çalışma 1 ve Çalışma 2 de kinematik problemlerinin çözümleri ile anlamlı ilişki gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Çalışma 3 ise bu ilişkiyi daha kuvvetlendirecek ve anlamlandıracak sonuçları ortaya çıkarmıştır.

Wu, H.K. ve Shah, P. [131] ise çalışmalarında, uzamsal yetenekler ile kimya öğretimi üzerine yapılan ilişkiyel araştırmaları incelemişlerdir. Bu amaçla, 1966-1987 yılları arasında farklı veritabanlarında yayınlanmış çalışmaları inceleyerek, uzamsal yeteneklerin kimya öğretimindeki başarıyla olan pozitif ilişkisine dikkat çekmişlerdir.

Uzamsal yeteneğin, kimya alanındaki başka bir incelemesi de Pribyl, J.R. ve Bodner, G.M. [97] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, uzamsal yeteneğin organik kimya dersindeki başarı ile düşük düzeyde, pozitif anlamlı bir ilişkiye sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu alanda Barnea, N. ve Dori, Y.J. [7] tarafından yapılan bir çalışmada, Bilgisayar Moleküler Modellemesinin (CMM) kimya başarılarını ve uzamsal yeteneklerini geliştirdiği sonucuna ulaşmışlardır.

Macnab, W. ve Johnstone, A.H. [74], uzamsal testlerin biyoloji bilgisine bağlı olmadığını ancak biyoloji için gerekli yeteneklere işaret ettiğini ifade etmişlerdir. Çalışmalarında, bu yetenekleri şu şekilde sıralamışlardır:

- 3 boyutlu yapılardan alınan 2 boyutlu kesitleri görselleştirme yeteneği
- Verilen 2 boyutlu kesitten oluşturulacak 3 boyutlu yapıyı görselleştirme yeteneği
- Bir yapıda meydana gelen yön değişikliğini fark edebilme yeteneği

Uzamsal yetenek, hem yazılı ve uygulamalı sınavların yer aldığı hem de bilgisayarla verilen biyolojiye giriş derslerindeki başarıyla pozitif ve anlamlı bir ilişki göstermiştir [71; 79].

Genetik dersinde, uzamsal görselleştirmenin, dihibrit çaprazlamaları, mayoz bölünme, Hardy- Weinberg teoremi, peptit bağların oluşumu ve azotlu baz/ aminoasit ilişkileri gibi çeşitli genetik kavramların öğrenilmesindeki başarı ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Costello, 1985,akt. [71]).

Uzamsal yeteneğin tıp alanında sahip olduğu önem de çeşitli araştırmalarla ortaya konmuştur. Hegarty, M., Keehner, M., Cohen, C., Montello, D.R. ve Lippa, Y. [52], uzamsal biliş ile tıp ve iki özel tıbbi beceri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Bu becerilerden ilki, en küçük cerrahi girişimlerdeki bir açılı laparoskopinin manipülasyonu, ikincisi ise 3- boyutlu anatomi benzeri yapıların kesitsel görüntülerinin resmedilme yeteneği olarak belirlenmiştir. Araştırmada sonuç olarak, yüksek uzamsal beceri puanına sahip olan öğrencilerin tıbbi becerilerin öğrenilmesinde düşük puana sahip olanlarla nazaran daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

Tıp alanında bir diğer çalışma ise Garg, A.X., Norman, G.R., Eva, K.W., Spero, L. ve Sharan, S. [43] tarafından yapılmıştır. Garg ve arkadaşları anatomi dersinde tıp

öğrencilerine yaptıkları uygulamada, bilgisayardaki modeller aracılığıyla 3-boyutlu görünümler sunmuşlardır. Uygulama sonucunda, uzamsal yetenekleri düşük seviyede olan öğrencilerin anatomi bilgi düzeyinin bu uygulamadan avantaj sağlamadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Adanez, G.P. ve Velasco, A.D. [2], zihinde kesme testinin bilgisayar ortamındaki versiyonunu hazırlayarak yaptıkları çalışmalarında mühendislik birinci sınıf öğrencilerinin zihinde kesme yetenekleri ile teknik çizim performansları arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki bulunduğu sonucunu elde etmişlerdir. Sorby, S., Hamlin, A. ve Veurink, N. [109], 3- boyutlu uzamsal yeteneklerin mühendislik eğitimindeki önemini vurgulayarak, Michigan Teknoloji Üniversitesinin 1993 yılından itibaren mühendislik öğrencilerinin 3-boyutlu uzamsal yeteneklerini geliştirme amacıyla ders açtıklarını belirtmişlerdir. Bu ders kapsamında ilk başlarda uzamsal yeteneklerinde gelişme gözlenen öğrenci sayısı az olsa da, zaman ilerledikçe yapılan çalışmalar ışığında amaca ulaşıldığı gözlemlenmiştir.

Uzamsal yeteneğin, sosyal bilimler alanındaki uygulamalarında da önemli sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Rauscher, F.H., Shaw, G.L., Levine, L.J., Wright, E.L., Dennis, W.R. ve Newcomb, R.L. [101], okul öncesi eğitimindeki öğrencilerle yaptığı çalışmasında, müzik eğitiminin öğrencilerin uzamsal yetenek performansını artırdığı sonucunu elde etmiştir. Hetland, L. [54] ise çalışmasında, kullanılan müzik programlarının uzamsal yetenek üzerine oldukça büyük etkileri olduğunu öne sürmüştür.

Sosyal bilimlerdeki çalışmalara bir diğer örnek ise Ghiselli, E.E. [45]' nin çalışmasıdır. Bu çalışmada Ghiselli, uzamsal yeteneğin iş başarısını öngörebilme kapasitesini incelemiş ve sonuç olarak uzamsal yetenek testlerinin bireyin ilerideki iş performansını tahmin edebilmek amacıyla kullanılabileceğini iddia etmiştir.

Burada değinilen alanların dışında, uzamsal yeteneğin mimarlık, astronomi, biyokimya, kartografi ve jeoloji alanlarındaki çalışmalara da konu olması dikkat çekmektedir [4; 51; 92].

Uzamsal yetenek çalışmalarının sıkça yer aldığı bir diğer alan ise Matematik olarak görülmektedir. Kuşkusuz, gerek uzamsal yeteneğin gerekse alt boyutlarının tanım ve işlevleri, bu durumun ortaya çıkmasında önemli rol oynamaktadır. Halpern, D.F. [50] bu durumu destekler nitelikte; matematiğin, konuları (geometri,

topoloji, trigonometri,...) ve doğası gereği uzamsal yeteneği gerektirdiğini vurgulamıştır. Krutetskii (1976,akt. [59]) de, uzamsal görselleştirmeyi bir matematiksel yetenek olarak gördüğünü belirterek, bu yeteneğinde tıpkı matematik gibi doğuştan gelen bir özellik olmadığını ancak gelişimin bir sonucu olarak yapılandığını iddia etmiştir. Farklı çalışmalarda elde edilen ortak sonuç; temel görselleştirme becerilerinin eksikliğinin bazı öğrencilerin kendilerinden beklenen performanstan daha düşük performans sergilemelerine yol açacağı yönündedir [27; 33].

Bishop, A.J. [11], uzamsal yeteneği geliştirmek üzere yapılan eğitimin, öğrencilere matematikteki problem çözme sürecinde zihinsel resimler yardımıyla bilgileri organize etmekte yardımcı olacağını savunmaktadır. Bishop ayrıca, problemin yapısının uzamsal format vasıtasıyla daha anlaşılabilir olduğunu ifade etmektedir. Ağaç diyagramlarının, Venn diyagramlarının, çizelgelerin ve diğer şekillerin kullanım sıklığının bilgiyi organize etmede ve problemin bileşenleri arasındaki ilişkiyi belirlemede yardımcı olacağı Bishop' un bir diğer iddiasıdır.

6- 8. sınıf öğrencilerinden oluşan 36 öğrencilik örneklem ile yaz okulu matematik projesinde çalışan Sundenberg 1994 yılında, uzamsal öğretim ve geometri eğitiminin uzamsal performans ve matematik başarısı üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla karşılaştırmalı bir araştırma yapmıştır. Öğrenciler rastgele dört gruba atanmıştır. Uzamsal Grup 1 ve 2 ye uzamsal görselleştirme becerilerini geliştirmek için somut materyaller verilirken, Geometri Grup 1 ve 2 ye, 8. Sınıf matematik kitabı yardımıyla geleneksel eğitim verilmiştir. Tüm öğrenciler, 25 saatlik geometrik kavramlar eğitimi almışlardır. Eğitimin öncesinde ve sonrasında matematik başarısı testi ve Ortaöğretim Matematik Projesi Uzamsal Görselleştirme testi tüm öğrencilere uygulanmıştır. Elde edilen bulgular doğrultusunda Uzamsal Grupların uzamsal yeteneklerinin Geometri Gruplarına nazaran daha çok artış gösterdiği sonucu elde edilmiştir. Ancak grupların hiçbirinde matematik başarısı test sonuçlarında artış gözlenmemiştir [59].

Idris, N. [59] çalışmasında, geometri başarısındaki uzamsal görselleştirme yeteneğinin bilişsel değişkenlerinin önemini ve seçilen eğitimsel aktivitelerin uzamsal görselleştirme ve geometri başarısına etkisini incelemiştir. Eğitimsel aktivitelerde öğrencilere Uzamsal Görselleştirme testi (UGT)' nde yer alan sorulara yönelik şekiller sunulmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda

uzamsal görselleştirme yeteneği ile geometri başarısı arasında .56 düzeyinde anlamlı bir ilişki bulunmuş ve yapılan eğitimsel aktivitelerin uzamsal görselleştirme yeteneğine pozitif etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

### 3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmmanın modeli, çalışma grubu, araştırma kapsamında geliştirilen etkinlikler, veri toplama araçları ve verilerin analizine ilişkin bilgiler yer almaktadır.

#### 3.1. Araştırmanın Modeli

Araştırma, yarı-deneme modelleri içinde tanımlanan zaman dizisi (times series) deseninde tasarlanmıştır. Bir olay hakkında belirli zaman aralıklarında elde edilen gözlemler, “zaman dizileri” olarak tanımlanır [117]. Nicel araştırma yöntemlerinden biri olan yarı deneme modellerinden, gerçek deneme modellerinin gerektirdiği kontrollerin sağlanamadığı durumlarda ya da gerçek deneme modellerinin bile yeterli olmadığı durumlarda yararlanır [61]. Bu deney deseninde örneklemden rastgele oluşturulmuş gruplar yerine, örneklemin kendisinden oluşan yalnızca tek bir grup üzerinde inceleme yapılır. İzleme yöntemi ile bağımlı değişken, süreli (periyodik) olarak ölçülmekte ve ölçmelerin ilk yarısında bağımsız deney değişkeni “X” uygulanmaktadır. Bağımsız değişken uygulamasından sonraki ölçmeler de, önceki ölçmeler gibi, süreli olarak yapılır. Modelin simgesel görünümü şu şekildedir:

$$G_1 \quad O_1 \quad O_2 \quad O_3 \quad X_1 \quad O_4 \quad O_5 \quad O_6 \quad X_2 \quad O_7 \quad O_8 \quad O_9 \quad X_3 \quad O_{10} \quad O_{11} \quad O_{12}$$

Şekil 3.1: Zaman Dizisi Deney Deseni Şeması

Şekil 3.1. de,  $G_1$  grubu için,  $X_i$  ( $i= 1, 2, 3$ ) bağımsız değişkenleri, öncesinde ve sonrasında yapılan oniki farklı ölçüm ( $O_1, O_2, \dots, O_{12}$ ) görülmektedir. Modelde “ $X_i$ ” lerden sonraki ölçmelerin, önceki ölçmelere oranla ayrı bir düzey ya da yönde gelişmesi “ $X_i$ ” lerin etkisi olarak kabul edilir.

Tekrarlı ölçümler, ilişkili ölçümler olarak düşünülür ve bu modelde, deneklerin bir ya da daha fazla faktöre ilişkin farklı işlem düzeylerinde tekrarlı ölçümleri söz konusudur (Ferguson&Takane, 1989; akt. [20]). Tekrarlı ölçümler, eşleşmiş gruplar kullanılarak elde edilebileceği gibi, tüm koşulların aynı deneklere uygulanmasıyla da elde edilebilir [19].

Minke, A. [80] ve Wells (1998, akt. [20]), tekrarlı ölçüm modellerinin üç temel yararını şu şekilde belirtmişlerdir:

1. Aynı deneklerin farklı işlemlerde kullanılması nedeni ile daha az denek gerektirmesi,
2. Daha az denek gerektirmesi nedeniyle, aynı istatistiksel güce çok daha küçük gruplarda ulaşılabilmesi
3. Deneklerin sabit olması nedeniyle, deneklere bağlı varyans, hata varyansının dışında tutulabilmekte ve bu da testin istatistiksel gücünü artırmaktadır.

Tekrarlı ölçüm deseninde, bazı olumsuzluklar ile karşılaşmaktadır. Bu olumsuzluklar:

1. Zamanın sürekli değil, kategorik bir değişken olarak ele alınması
2. Psiko-eğitsel yapıdaki değişimden çok verisel değişimi modellemeleri
3. Yapısal modellemelere uygun olmamaları
4. Genellikle doğrusal model ile çalışmaları
5. Modellerde az sayıda bağımlı ve bağımsız değişkene yer vermeleri

şeklinde sıralanabilir [5].

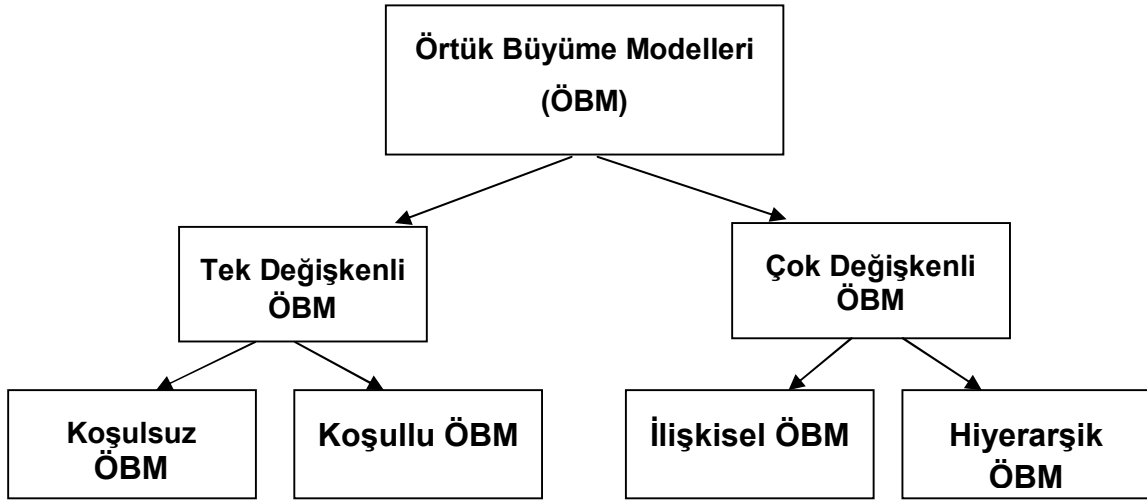
Bu araştırmada, yukarıdaki olumsuz faktörler göz önünde bulundurularak tekrarlı ölçüm deseninden elde edilen bulguları desteklemek amacıyla Örtük Büyüme Modellerinden yararlanılmıştır.

Örtük Büyüme Modeli (ÖBM), zaman üzerinden elde edilen verilerin gelişimini belirlemek amacıyla ortaya çıkan yapısal bir yaklaşımdır. Bu yaklaşım iç içe iki farklı modellemeyi gerektirir. Bunlardan ilki *Düzey I* olarak ele alınan öğrenenin kendisine ilişkin gelişimi, diğeri ise *Düzey II* olarak adlandırılan öğrenenler arası değişimin modellenmesidir. Örtük büyüme modelleri, yapısal eşitlik modellerinin (örneğin; doğrulayıcı faktör analizi) boylamsal veriler için geliştirilmiş biçimi olarak ifade edilebilir [5].

Gelişimin belirlenmesi amacıyla yapılan örtük büyüme modelleri için Fan, X. ve Fan, X. [38] bu modellerin diğer model ve çözümlere göre daha güçlü ve sağlam sonuçlar ürettiğini; Muthén, B.O. ve Curran, P.J. [84] ise bu modelin daha iyi özelliklere sahip olduğunu vurgulamışlardır.



Örtük büyüme modellerinin sınıflandırılması aşağıda verildiği gibidir [5]:



Şekil 3.2. Örtük Büyüme Modelleri'nin sınıflandırılması

Bu araştırmada öğrencilerin uzamsal yeteneklerindeki gelişimin (varsa) gözlemlenebilmesi amacıyla farklı örtük büyüme modelleri temel alınmıştır. İlk olarak, uzamsal yeteneğin her bir alt boyutundan elde edilen verilere Koşulsuz Örtük Büyüme Modeli uygulanmıştır.

Diğer yandan, öğrencilerin uzamsal yeteneklerindeki gelişimin gözlemlenmesi için İlişkisel ÖBM temel alınmıştır. İlişkisel ÖBM (Associative Latent Growth Model)' de birden fazla tek değişkenli ÖBM söz konusudur ve bu ÖBM' de yer alan sabit (önsel başarı düzeyleri) ve eğim (başarıdaki değişim oranları) örtük faktörleri arasındaki bağıntıların belirlenmesi ve anlamlılıklarının sınanması olanaklıdır [5]. Bu araştırmada ilişkisel örtük büyüme modeli için tek değişkenli modeller uzamsal yeteneğin alt boyutları olarak belirlenmiştir.

### 3.2. Çalışma Grubu

Bu araştırma, 2011- 2012 öğretim yılı güz ve bahar dönemlerinde Ankara' daki bir devlet üniversitesinin Ortaöğretim Fen ve Matematik Alanlar Eğitimi Bölümü Matematik Eğitimi Anabilim Dalı'nda öğrenim görmekte olan 58 kız, 19 erkek olmak üzere toplam 77, birinci ve ikinci sınıf öğrencisi ile yapılmıştır. Araştırmanın bu öğrenci grubu ile yapılmasının nedeni, öğrencilerin tasarlanan etkinliklerde yer alan bilgisayar ortamında oluşturulmuş şekillere ve bu ortama henüz aşına

olmamalarıdır. Bu öğrenciler 3. sınıftan itibaren alacakları Bilgisayar dersinde, dinamik şekiller oluşturarak bu şekillerin özelliklerini öğrenmeye başlayacaklardır.

### 3.3. Veri Toplama Araçları

Çalışma kapsamında, üç veri toplama aracı kullanılacaktır. Bu veri toplama araçlarına yönelik bilgiler şu şekildedir:

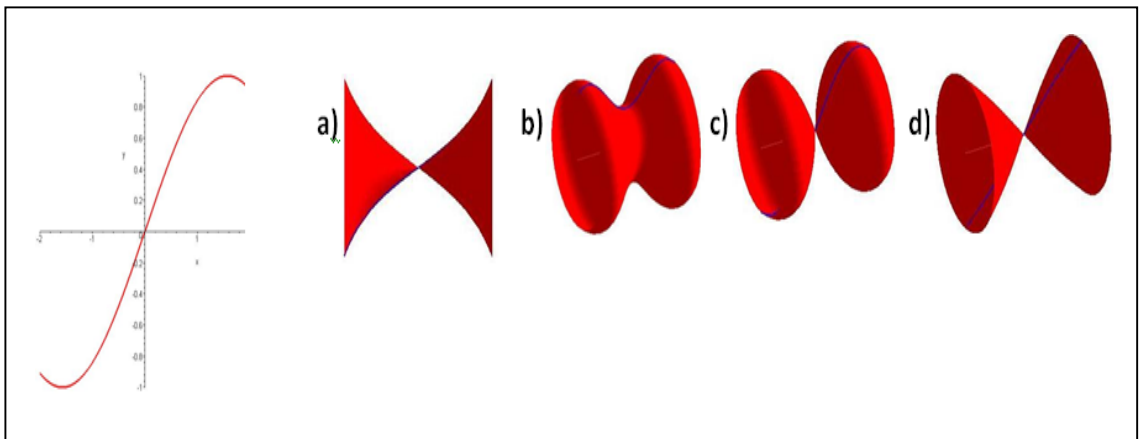
#### 3.3.1. Uzamsal Görselleştirme Testi:

Bu çalışmada kullanılmak üzere araştırmacı tarafından geliştirilen “Uzamsal Görselleştirme Testi” altı bölüm halinde tasarlanmıştır. Bu teste göre yeterli bulunan bir öğrencinin:

- İki boyutlu geometrik şekillerin eksenler etrafında döndürülmesiyle meydana gelen üç boyutlu geometrik şekilleri belirleyebilmesi,
- Üç boyutlu geometrik şekillerin, hangi iki boyutlu geometrik şeklin, herhangi bir eksen etrafında döndürülmesiyle meydana geldiğini belirleyebilmesi,
- Açık hali verilen üç boyutlu bir cismin kapalı halini tanıyabilmesi,
- Kapalı hali verilen üç boyutlu bir cismin açık halini tanıyabilmesi

beklenmektedir.

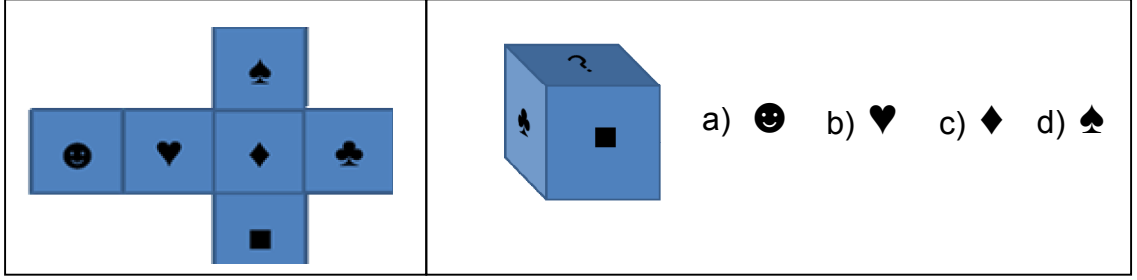
Testin birinci bölümünde, koordinat sisteminde verilen bir eğrinin x veya y- eksenini etrafında döndürülmesiyle oluşacak olan üç boyutlu şekli belirlemeye yönelik sorular yer almaktadır.



Şekil 3.3. Uzamsal Görselleştirme Testi birinci bölüm için örnek soru

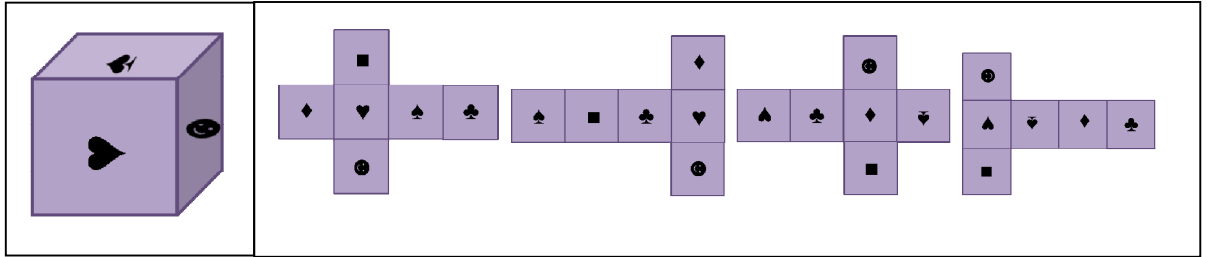
Yukarıda örnek olarak verilen soruda, solda yer alan eğrinin x-ekseni etrafında döndürülmesiyle oluşacak üç boyutlu cismin görüntüsünün seçeneklerde işaretlenmesi istenilmektedir.

Testin ikinci bölümü ise açık hali verilen bir küpün kapalı halinin verilen seçenekler arasından belirlenmesinin istendiği sorulardan oluşmaktadır.



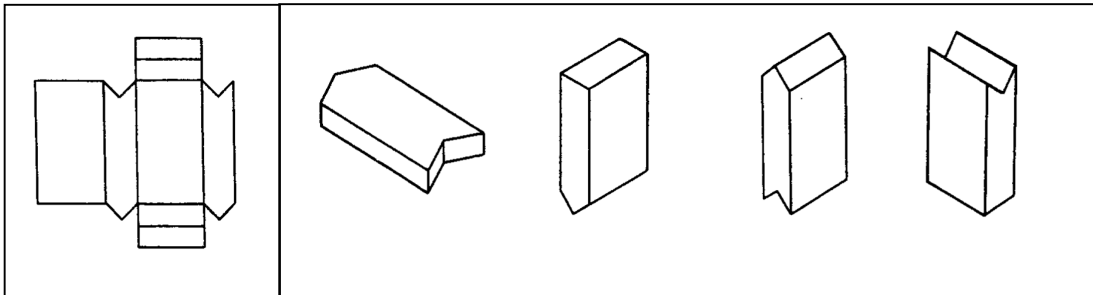
Şekil 3.4. Uzamsal Görselleştirme Testi ikinci bölüm için örnek soru

Testin üçüncü bölümündeki sorularda, ikinci bölümün tersine kapalı hali verilen bir küpün açık halinin verilen seçenekler arasından belirlenmesi istenilmektedir.



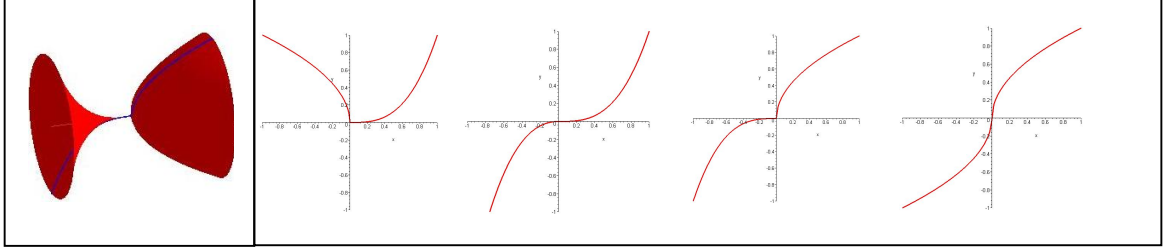
Şekil 3.5. Uzamsal Görselleştirme Testi üçüncü bölüm için örnek soru

Testin dördüncü kısmında kullanılan beş soru Bennett ve arkadaşları tarafından 1947 yılında geliştirilen "Differential Aptitude Tests (DAT)" testinden alınmıştır. Bu testte yer alan sorulara bir örnek şu şekildedir:



Şekil 3.6. Uzamsal Görselleştirme Testi dördüncü bölüm için örnek soru

Testin beşinci ve altıncı bölümlerinde, verilen üç boyutlu bir geometrik şeklin hangi eğrinin hangi eksen etrafında döndürülmesiyle meydana geldiğinin belirlenmesi istenilmektedir.



Şekil 3.7. Uzamsal Görselleştirme Testi beşinci ve altıncı bölüm için örnek soru

### 3.3.2. Zihinde Döndürme Testi

Bu çalışmada kullanılmak üzere araştırmacı tarafından bir “Zihinde Döndürme Testi” geliştirilmiştir. Bu teste göre yeterli bulunan bir öğrencinin:

- Üç boyutlu cisimlerin, tanımlanan döndürme işlemine göre alacakları yeni hallerini belirleyebilmesi,
- Aynı cismin farklı döndürülmüş hallerini tanıyabilmesi,
- Koordinat eksenlerinde yapılan döndürme işlemine göre cismin farklı bakış açılarından görünümünü saptayabilmesi,





beklenmektedir.

Testin giriş kısmında öncelikle testteki bazı sorular için temel olarak alınan döndürme kuralları öğrencilere sunulmuştur. Bu kurallar testin ilk bölümünde yer alan döndürme sorularının çözümü için kullanılacak kurallardır. Bu kısım şu şekildedir:

Şekil	Soldan Görünüm	Üstten Görünüm	Önden Görünüm





Şekil 3.8. Zihinde Döndürme Testi Kuralı örnek şekli

Bu kısımda, yukarıda verilen şeklin, sırasıyla x, y, z- eksenleri etrafında 90° ar derece döndürülmesi sonucu oluşan şekillerin farklı açılardan görünümüleri verilmiştir. Yukarıdaki şeklin x-ekseni etrafında 90° döndürülmesi ile:





Şekil	Soldan Görünüm	Üstten Görünüm	Önden Görünüm
			

Şekil 3.9. Örnek şeklin x-ekseni etrafında 90° döndürülmüş hali

Aynı örnek şeklinde y ve z- eksenleri etrafında 90° döndürülmesi ile oluşan şekil ve bu şeklin farklı açılardan görünümüleri ise aşağıda verildiği gibidir:

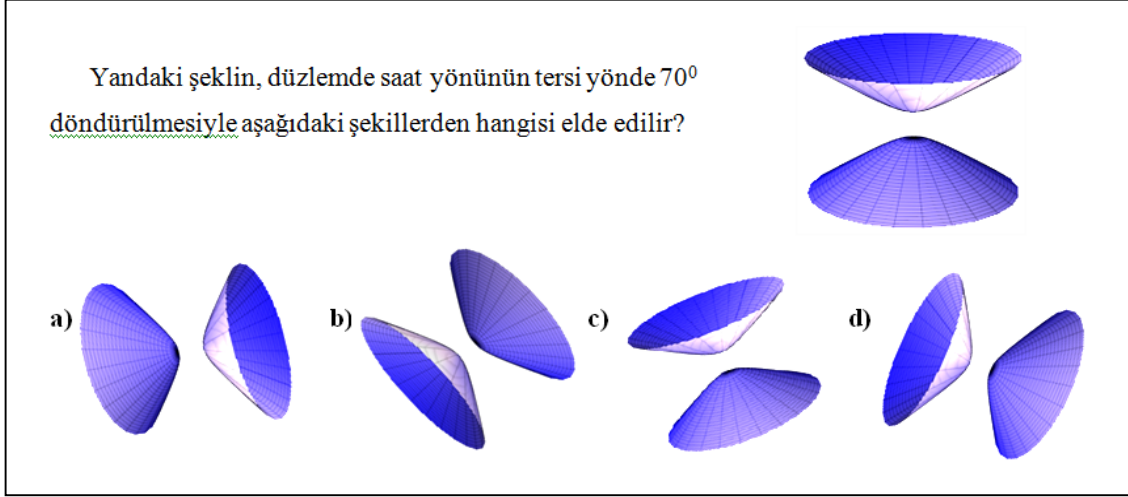
Şekil	Soldan Görünüm	Üstten Görünüm	Önden Görünüm
			

Şekil 3.10. Örnek şeklin y-ekseni etrafında 90° döndürülmüş hali

Şekil	Soldan Görünüm	Üstten Görünüm	Önden Görünüm
			

Şekil 3.11. Örnek şeklin z-ekseni etrafında 90° döndürülmüş hali

Zihinde döndürme testinde yer alan sorular üç farklı türde hazırlanmıştır. Bunlardan ilki, herhangi bir eksen ya da açı ifadesinin yer almadığı serbest döndürme soruları, ikincisi şekillerin belirtilen kurallara göre döndürülmesine yönelik kontrollü döndürme soruları, üçüncüsü ise şekillerin matematik bağlamında, üç boyutlu koordinat sisteminde belirli bir açıyla döndürülmesine yönelik bağlamsal döndürme sorularıdır. Testte yer alan sorulara bir örnek aşağıda verilmiştir:



Şekil 3.12. Zihinde Döndürme Testi için örnek soru

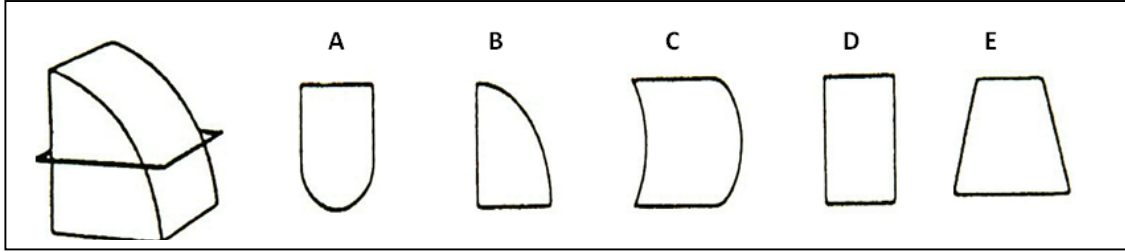
### 3.3.3. Zihinde Kesme Testi:

Bu çalışmada, CEBB (College Entrance Examination Board) tarafından 1939 yılında geliştirilen “Zihinde Kesme Testi” kullanılacaktır. Bu teste göre yeterli bulunan bir öğrencinin;

- Üç boyutlu cisimlerin bir düzlem tarafından kesilmesi işlemini zihninde canlandırabilmesi,
- Üç boyutlu cisimlerin düzlem yardımıyla kesilme işlemi sonrasında kesilen ve geri kalan kısımlarını belirleyebilmesi,

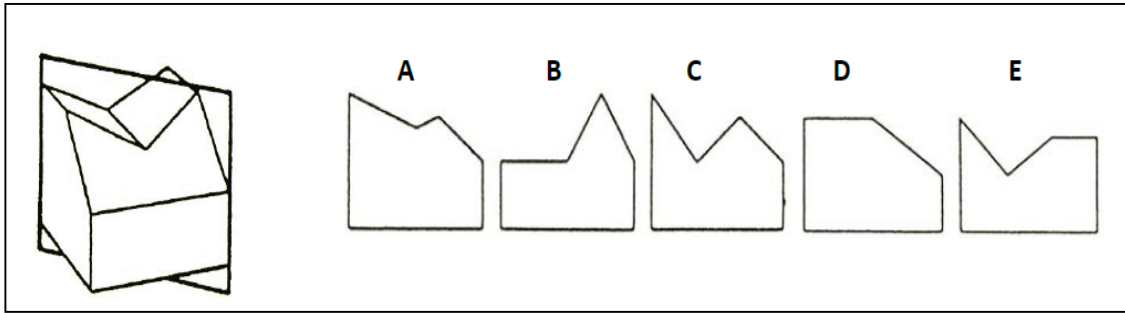
beklenmektedir. Test, iki bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölüm “örüntü problemleri” olarak isimlendirilir ve bu bölümde doğru yanıt sadece kesit örüntülerinin belirlenmesiyle bulunmaktadır. İkinci bölüm ise “nicelik problemi” olarak adlandırılır. Bu kısımda ise doğru yanıt, sadece örüntü ile değil kesitin niceliğinin (kenarların uzunluğu veya kenarlar arasındaki açının ölçüsü gibi) belirlenmesi ile ayırt edilir.

Testte yer alan sorulardan “Örüntü Problemleri” hakkında fikir sahibi olunması için aşağıdaki örneği verebiliriz:



Şekil 3.13. Zihinde Kesme Testi (Örüntü Problemleri) için örnek soru

Testte yer alan bir diğer kategori olan “Nicelik Problemleri” ne ilişkin örnek problem ise şu şekildedir:



Şekil 3.14. Zihinde Kesme Testi (Nicelik Problemleri) için örnek soru

Yukarıda verilen örnekte, soldaki cismin şekildeki gibi bir düzlemle kesildiğinde meydana gelecek yeni şeklin seçeneklerden belirlenmesi istenilmektedir.

### 3.4. Verilerin Analizi

Verilerin analizi dört aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada, araştırma kapsamında kullanılmak üzere geliştirilen testlerin madde analizi, geçerlik ve güvenirlik çalışmaları yer almaktadır.

Araştırma kapsamında kullanılan Uzamsal Görselleştirme, Zihinde Döndürme ve Zihinde Kesme testlerinin madde analizleri İteman programı ile yapılmıştır. Geliştirilen uzamsal görselleştirme ve zihinde döndürme testlerinin yapı geçerliği çalışması için alanyazında yer alan ve bu becerileri ölçtüğü kabul edilen testler araştırma grubuna uygulanmıştır. Yine sözü edilen testlerin geçerliğine kanıt sağlamak amacı ile elde edilen verilere Lisrel 8.7 istatistik yazılımı ile doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. Araştırmada kullanılacak olan üç testin

güvenirliklerinin belirlenmesi için SPSS 17.0 yazılımı ile güvenirlik analizi yapılmıştır.

Veri analizinin ikinci aşaması ise, uygulanan etkinlikler ile uzamsal yetenek ve bileşenlerindeki değişimleri test etmek amacıyla yapılan istatistiksel analizlerden oluşmaktadır. Bu aşamada, elde edilen veriler SPSS 17.0 de Tekrarlı Anova (Repeated Measures of Anova) istatistiği ile analiz edilmiştir.

Veri analizinin üçüncü aşamasında, Tekrarlı Anova analizi sonuçlarını desteklemek amacıyla Lisrel 8.7 istatistik yazılımı ile verilere örtük büyüme modeli uygulanmıştır.

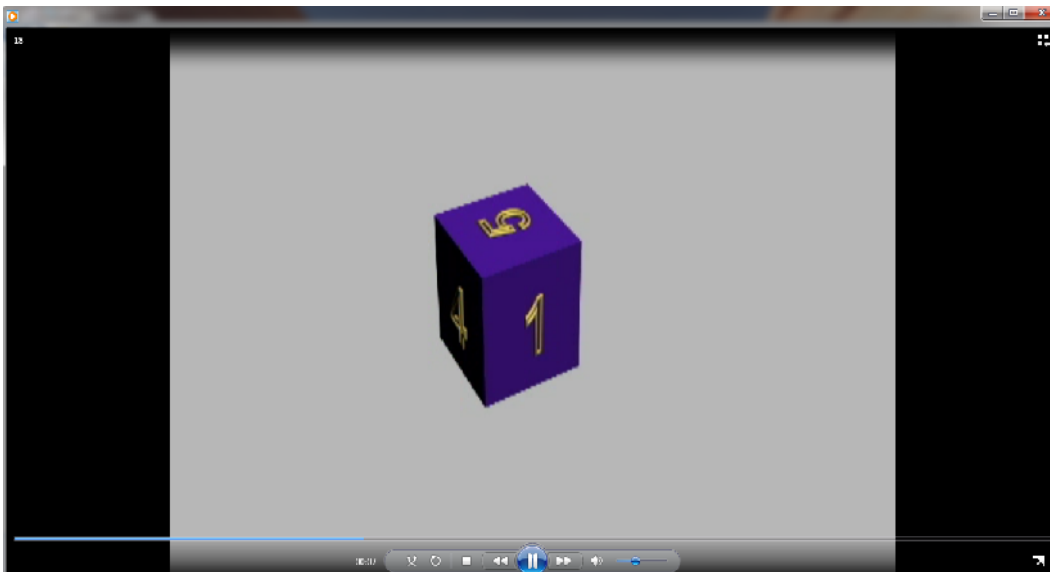
Veri analizinin son aşamasında ise, her bir test içerisinde yer alan farklı soru gruplarının birbirleri ile karşılaştırılması amacıyla veriler SPSS 17.0 yazılımında Tek Örneklem t-Testi istatistiği analiz edilmiştir.

### **3.5. Uygulanan Etkinlikler**

Bu araştırmada öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin geliştirilmesi amacıyla üç farklı etkinlik hazırlanmıştır.

#### **3.5.1. Serbest Etkinlik**

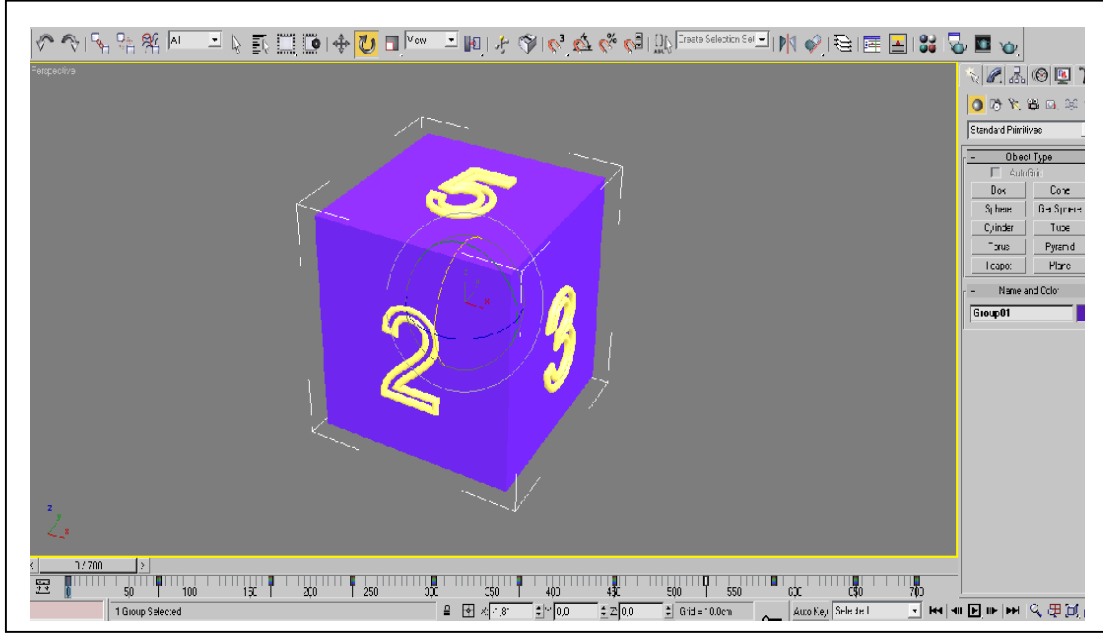
Serbest etkinlik uygulaması çerçevesinde, araştırmacı tarafından üç aşamadan oluşan bir etkinlik hazırlanmıştır. Birinci aşama, öğrencilerin belirli şekillerin serbest döndürüldüğü animasyonları video halinde izlemeleridir. Öğrencilere bu şekilde toplam 18 video sunulmuştur.



Şekil 3.15. Serbest etkinlik “İzleme” aşaması video ekranı



İkinci aşama “uygulama” aşamasıdır. Bu aşama, animasyon programı yardımıyla öğrencilerin bir önceki aşamada görüntülerini izledikleri şekillerden bir kısmını kendilerinin döndürmelerini içermektedir. Bu aşamada öğrencilerin şekiller üzerinde yaptıkları döndürme işlemleri “ekran kayıt programı” yardımıyla daha sonra incelenmek üzere kayıt altına alınmıştır. Öğrencilere bu şekilde toplam 11 dosya sunulmuştur. Bu aşamaya yönelik örnek bir ekran çıktısı aşağıda verilmiştir:



Şekil 3.16. Serbest etkinlik “Uygulama” aşamasına yönelik ekran çıktısı örneği

Üçüncü aşama, öğrencilere iki aşama sonrasında verilen görevlerden oluşan “Test ve Değerlendirme” aşamasıdır. Bu aşamada yer alan görevler, verilen bir şeklin döndürülmesi sonucunda elde edilen şeklin belirlenmesine yönelik görevlerdir.



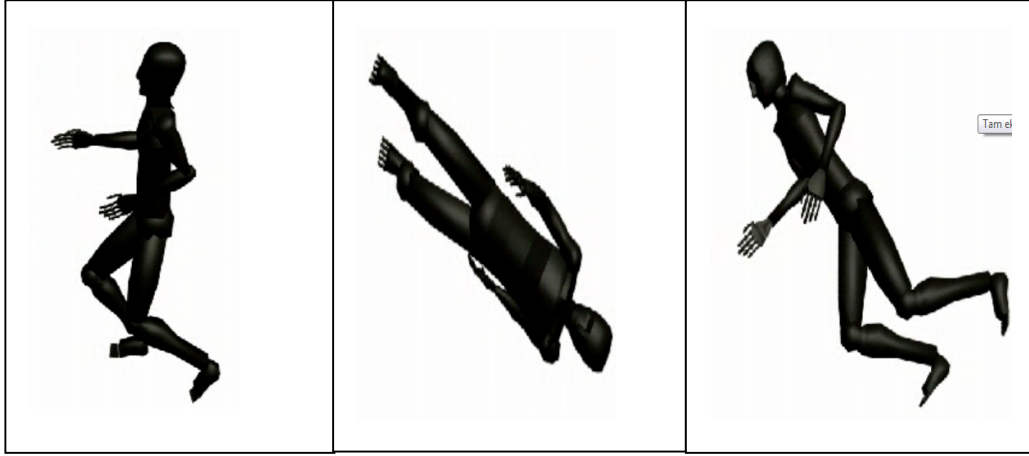
Şekil 3.17. Serbest etkinlik “Test ve Değerlendirme” aşamasına yönelik ekran çıktısı örneği

Testte yöneltilen bu sorulara doğru cevap veren öğrenci bir sonraki soruya geçerken yanlış cevap verildiğinde “Yanlış Cevap” uyarısının bulunduğu bir ekranla karşılaşmaktadır. Bu uyarının devamında izlemek üzere önerilen üç adet ipucu yer almaktadır. Öğrencilere, ipuçlarından faydalanmak istemedikleri durumda soruya dönme seçeneği de verilmiştir. Bu aşamada, öğrencilere 17 görev verilmiştir.



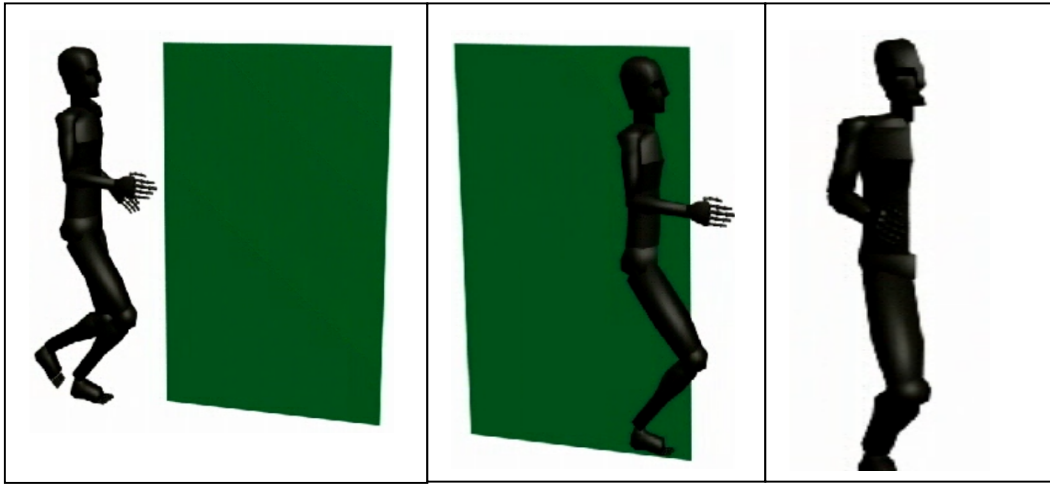
Şekil 3.18. Yanlış Cevap ekran çıktısı

İlk ipucu “zihinde döndürme” başlığıyla, soruda verilen şeklin çeşitli yönlerde döndürülmesini içeren bir video olarak verilmiştir.



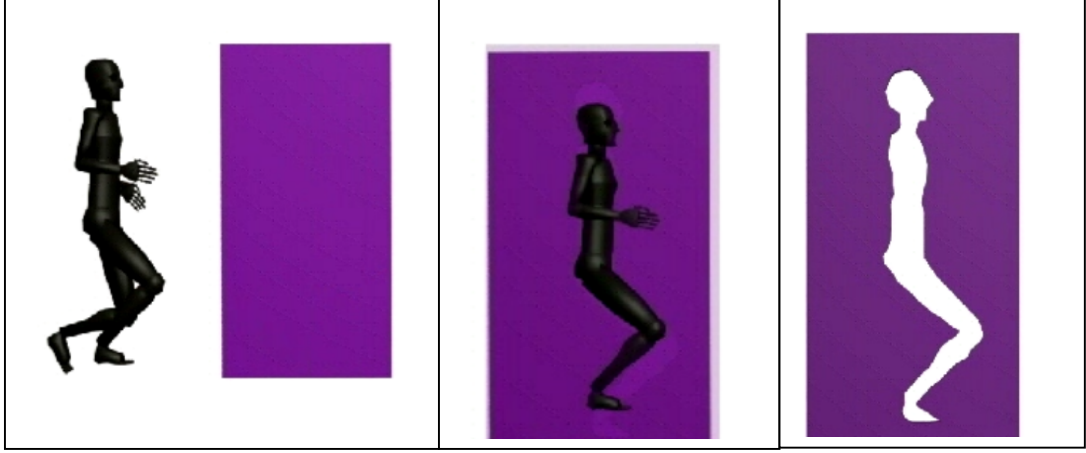
Şekil 3.19. Zihinde Döndürme İpucu'na yönelik ekran görüntüleri

İkinci ipucu, şeklin bir düzlem ile kesildiğinde alacağı yeni halin animasyonla gösterildiği “Zihinde Kesme” başlığıyla verilmiştir.



Şekil 3.20. Zihinde Kesme İpucu'na yönelik ekran görüntüleri

Üçüncü ipucu ise “uzamsal görselleştirme” başlığı ile verilmiştir. Bu ipucunda; prizma, küp gibi şekillerin bulunduğu sorularda şekillerin açık halleri, insan figürü ya da bu gibi düzgün kesitlere sahip olmayan şekillerin bulunduğu sorularda ise şekillerin düzlemde bıraktığı izler animasyonla sunulmuştur.



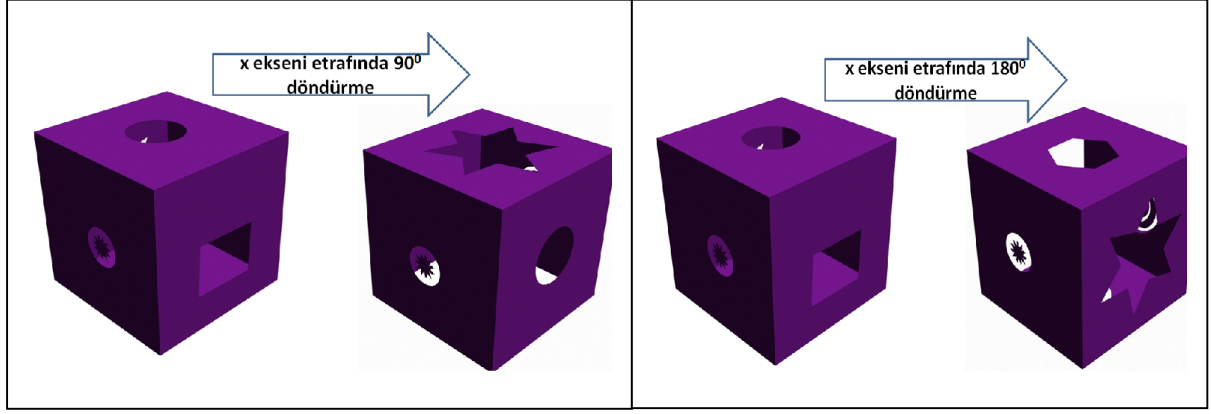
Şekil 3.21. Uzamsal Görselleştirme İpucu'na yönelik ekran görüntüleri

Öğrenciler kendilerine verilen görevleri uygularken, ekran hareketleri kayıt altına alınmıştır.

Uygulama süresi, öğrencilerin bilgisayar kullanım alışkanlığı, ipucu kullanım oranı ve doğru cevap verme gibi değişkenlere bağlı olarak 40 ile 75 dakika arasında değişim göstermiştir. Etkinlik süresince 77 öğrenciden toplam 2364 dakikalık video kaydı elde edilmiştir. Son aşamanın tamamlanmasının ardından, öğrencilere “zihinde döndürme”, “zihinde kesme” ve “uzamsal görselleştirme” testleri yeniden uygulanmıştır.

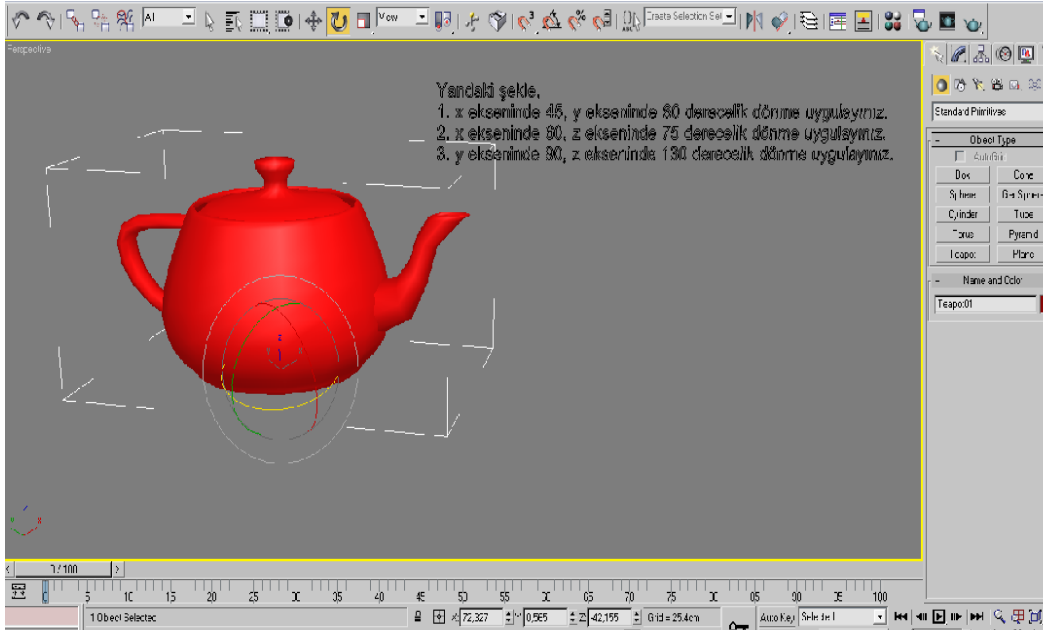
### 3.5.2. Kontrollü Etkinlik Uygulaması

Kontrollü etkinlik uygulaması, araştırmacı tarafından geliştirilen ve serbest etkinlik gibi üç aşamadan oluşan bir etkinliktir. Bir önceki etkinlik ile benzer olarak aşamalar “izleme, uygulama ve test-değerlendirme” olarak belirlenmiştir. Bu uygulamanın serbest etkinlik uygulamasından farkı, şekillerin verilen kurallara göre döndürülmüş olmasıdır. İlk aşamada, bir şekil ve bu şeklin x, y, z- eksenleri etrafında belirli açılarla (90°, 180°, 270°) döndürülmesinin yer aldığı toplam 45 ekran görüntüsü sunulmuştur.



Şekil 3.22. Kontrollü etkinlik “İzleme” aşaması ekran görüntüsü

Kontrollü etkinlik uygulamasının ikinci aşamasında, animasyon programı yardımıyla öğrencilerin çeşitli şekilleri önerilen eksenler etrafında ve açılarla döndürmeleri istenilmiştir. Bu aşamada yine öğrencilerin şekiller üzerinde yaptıkları döndürme işlemleri “ekran kayıt programı” yardımıyla daha sonra incelenmek üzere kayıt altına alınmıştır. Öğrencilere bu şekilde toplam 11 dosya sunulmuştur. Bu aşamaya yönelik örnek bir ekran çıktısı aşağıda verilmiştir



Şekil 3.23. Kontrollü etkinlik “Uygulama” aşamasına yönelik ekran çıktısı örneği

Bu etkinliğin son aşaması olan “görev” aşamasında, öğrencilere toplam 12 görev verilmiştir. Görev aşamasında, bir şekil verilerek bu şeklin bir eksen etrafında belirli bir açıyla döndürülmesi ile bu şeklin alacağı son halin belirlenmesi istenilmiştir. Verilen cevapların yanlış olması durumunda öğrenciler üç ipucu ile

karşılaşarak isteğe bağlı olarak bu ipuçlarından faydalanmışlardır. Bu etkinlikte, ipuçlarının bulunduğu sıra nedeniyle tercih edilmesinin önlenmesi amacıyla ilk ipucu “zihinde kesme” olarak değiştirilmiştir. Bu ipucunda, verilen şeklin bir düzlem ile kesildiğinde alacağı yeni durum animasyonla gösterilmiştir. İkinci ipucu olan “zihinde döndürme” başlığında açı verilmeksizin şeklin x, y ve z- eksenleri etrafında döndürülmesinin yer aldığı video bulunmaktadır.



Şekil 3.24. Zihinde Döndürme İpucu'na yönelik ekran görüntüleri

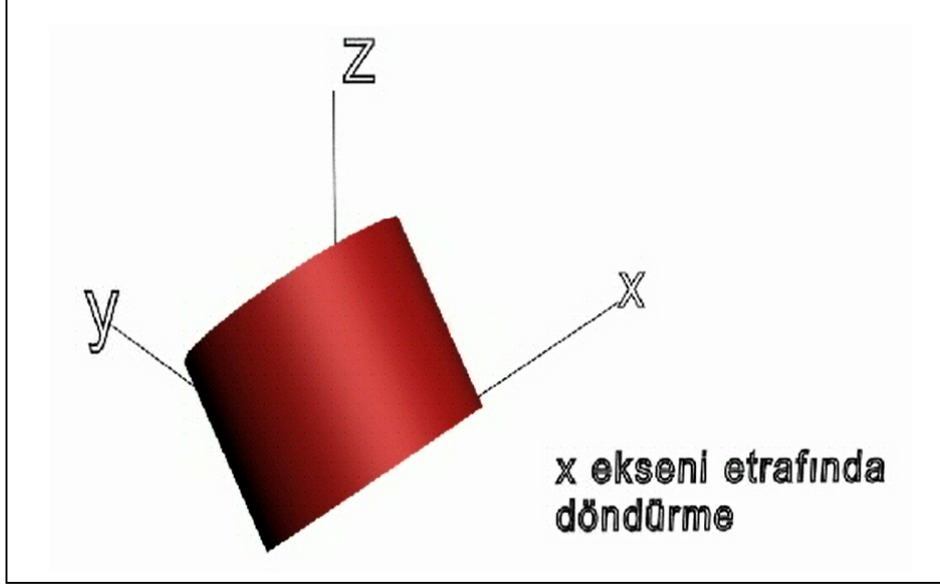
Zihinde kesme ve uzamsal görselleştirmeye yönelik ipuçları bir önceki etkinlikteki haliyle verilmiştir.

Bu etkinlikte yer alan üç aşama ile uygulama süresi 30 ile 72 dakika arasında değişim göstermiştir. Etkinlik sonunda 77 öğrenciden toplam 2290 dakikalık video kaydı elde edilmiştir. Son aşamanın tamamlanmasının ardından, öğrencilere “zihinde döndürme”, “zihinde kesme” ve “uzamsal görselleştirme” testleri yeniden uygulanmıştır.

### 3.5.3. Bağlamsal Etkinlik

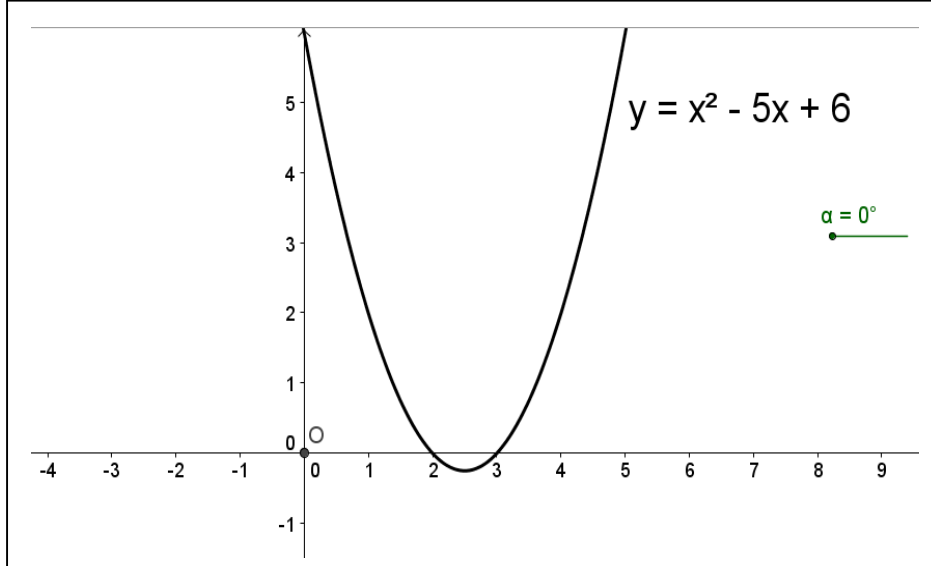
Diğer etkinliklerde olduğu gibi Bağlamsal Etkinlik uygulaması çerçevesinde, üç aşamadan oluşan bir etkinlik hazırlanmıştır. Bağlamsal etkinlik uygulamasındaki bağlam bu çalışmada matematik olarak alınmıştır.

Etkinliğin ilk aşamasında öğrencilere çeşitli şekillerin eksenler etrafında döndürülmelerine yönelik animasyonları izleme görevleri verilmiştir. Animasyonlarda yer alan döndürmelerin diğer etkinliklerdeki dönme işlemlerinden farkı, bu etkinlikte döndürme yapılacak olan eksenlerin yer almasıdır. Daha önce belirtildiği üzere, kontrollü döndürme etkinliğinde cisimlerin, eksen etrafında döndürülmesi verilen döndürme kuralına göre değişim göstermekteydi. Öğrencilere bu şekilde toplam 7 animasyon sunulmuştur.



Şekil 3.25. Bağlamsal etkinlik “İzleme” aşaması video ekranı

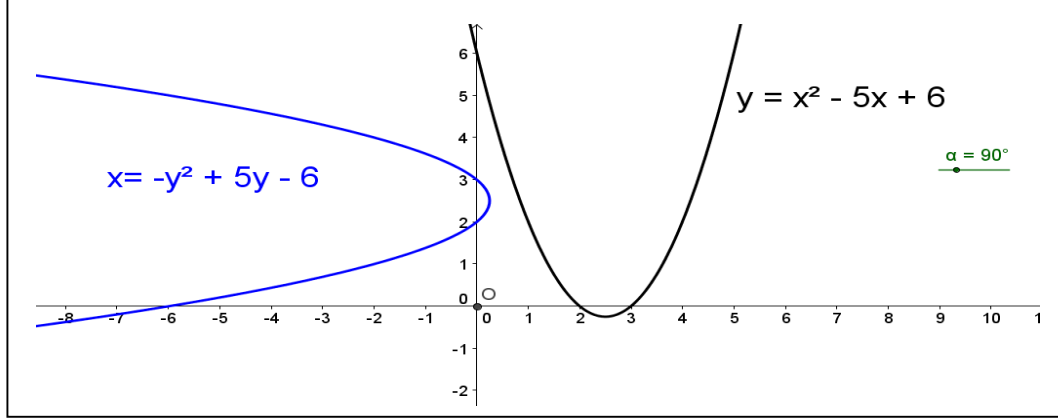
Bağlamsal etkinlik kapsamında, uygulama aşamasına yönelik etkinliklerde öğrencilere GeoGebra 4 dinamik geometri yazılımı aracılığıyla çeşitli görevler verilmiştir. Bu görevlerde öğrencinin, verilen iki boyutlu bir eğri grafiğinin pozitif ve negatif yönde çeşitli açılarla döndürülmesini gözlemleyerek dönme sonucu oluşan yeni eğrinin denklemini incelemesi gerekmektedir. Bu etkinliğe ilişkin bir örnek şu şekildedir:



Şekil 3.26. Bağlamsal etkinlik “Uygulama” aşaması örneği-1

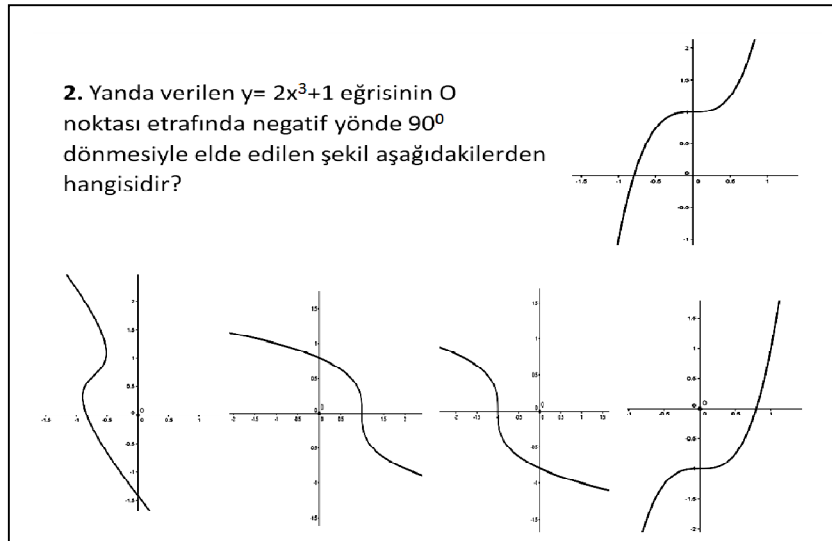
Yukarıdaki ekran görüntüsünde,  $y = x^2 - 5x + 6$  parabolünün grafiği verilmiştir. Öğrencilerden istenilen, bu grafiği sağ kısımda yer alan sürgüyü ( $\alpha = 0^\circ$ ) hareket

ettirerek pozitif yönde döndürmeleri, buna bağlı olarak eğrinin son konumunu ve denklemini incelemeleridir. Sürgüdeki birimler, bilgi karmaşasını önlemek amacıyla 45' er derece artacak şekilde düzenlenmiştir. Yani öğrenci sürgüyü hareket ettirdiğinde 45°,90°, 135°, 180°, 270° ve son olarak 360° lik döndürme yapabilecektir. Örnek olarak bu parabolün pozitif yönde 90° döndürülmesine yönelik karşılaşılan ekranı şu şekilde verebiliriz:



Şekil 3.27. Bağlamsal etkinlik “Uygulama” aşaması örneği- 2

Bağlamsal etkinliğin son aşaması olan “görev” aşamasında, öğrencilere 10 görev verilmiştir. Bu görevler 2 ve 3- boyutlu şekillerin eksenler etrafında belirli bir derecede döndürülmesi işlemlerini içermektedir. 2- boyutlu şekillerin döndürülmesinde eğri grafikleri kullanılmıştır. Öğrenciden beklenen, eğrinin verilen açıyla döndürüldükten sonraki konumunu ve (istenildiği takdirde) denklemini belirlemesidir. Örneğin,



Şekil 3.28. Bağlamsal etkinlik “Görev” aşaması örneği



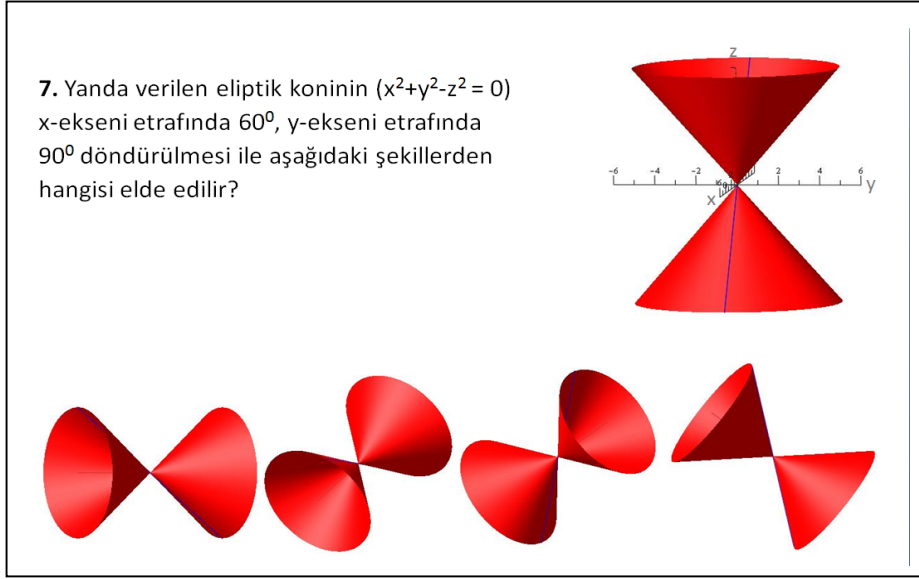
yukarıda verilen soruda,  $y= 2x^3+1$  eğrisinin O- başlangıç noktası etrafında  $-90^\circ$  dönmesiyle elde edilen şekil istenilmektedir. Öğrenci, bu soruya doğru cevap verdiğinde bir sonraki soruya geçerken, yanlış cevap verdiğinde karşısına “İpucu Ekranı” çıkmaktadır.



Şekil 3.29. Bağlamsal etkinlik “İpucu” ekran örneği

Yukarıda görüldüğü gibi ipucu ekranında öğrenciye iki seçenek sunulmaktadır. İlk seçenekte soruda verilen eğri denklemi ile aynı dereceye sahip başka bir denkleme ait eğrinin soruda verilen açı dışındaki (örn:  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$ ) açılarla dönmesi, ikinci seçenekte ise farklı bir eğrinin sorudaki açıyla döndürülmesi ipucu olarak verilmiştir. Öğrenci ipucu kullanmak istemediği durumda, soruya dönerek tekrar cevap verme hakkında sahiptir.

Bu etkinlikte yer alan 3- boyutlu şekillerin döndürülmesi sorularında, öğrencilerin Analitik Geometri dersinde incelemekte oldukları tek kanatlı paraboloid, çift kanatlı paraboloid, eliptik koni, eliptik paraboloid, hiperbolik paraboloid, elipsoid gibi üç boyutlu geometrik şekiller kullanılmıştır.



Şekil 3.30. Bağlamsal etkinlik “Görev” aşamasında 3- boyutlu soru örneği

3- boyutlu şekillerin yer aldığı bu sorulara yanlış cevap veren öğrenci, diğer sorularda olduğu gibi ipucu ekranıyla karşılaşmaktadır. Bu ekranda, ipucundan faydalanmak istenirse ilgili sorudaki şeklin eksenler etrafında döndürülmesine yönelik videoyu izleyebilir. İpucundan faydalanmak istemeyen öğrenci ise “soruya dön” kutucuğuna tıklayarak tekrar soruya dönebilir.

Bu etkinlikte öğrencilerin uygulama süresi 15 ile 29 dakika arasında olup, toplam 77 öğrenciden 1617 dakikalık video kaydı elde edilmiştir.

### 3.6. Etkinliklerin Uygulanması

Araştırma kapsamında geliştirilen üç etkinliğin öğrencilere uygulanması bilgisayar laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Ortalama 12 bilgisayara, etkinliklerde kullanılacak olan yazılımlar (Autodesk 3ds Max 2009, Hypercam3, GeoGebra 4) uygulama öncesi yüklenerek, bilgisayarlar hazır hale gelmiştir. Öğrencilere, uygulama süresi konusunda herhangi bir kısıtlama getirilmemiştir. Her bir etkinlik uygulamasının ardından öğrencilere zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme testleri verilmiştir. Uygulama ortamına ilişkin bazı görüntüler aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.31. Uygulama ortamına ilişkin görüntüler

### 3.7. Kullanılan Yazılımlar

Araştırmada kapsamında, gerek test geliştirme sürecinde soruların yazımı gerekse etkinliklerin hazırlanması aşamalarında çeşitli animasyon ve dinamik geometri yazılımlarından faydalanılmıştır.

#### 3.7.1. Autodesk 3d Max Animasyon Programı

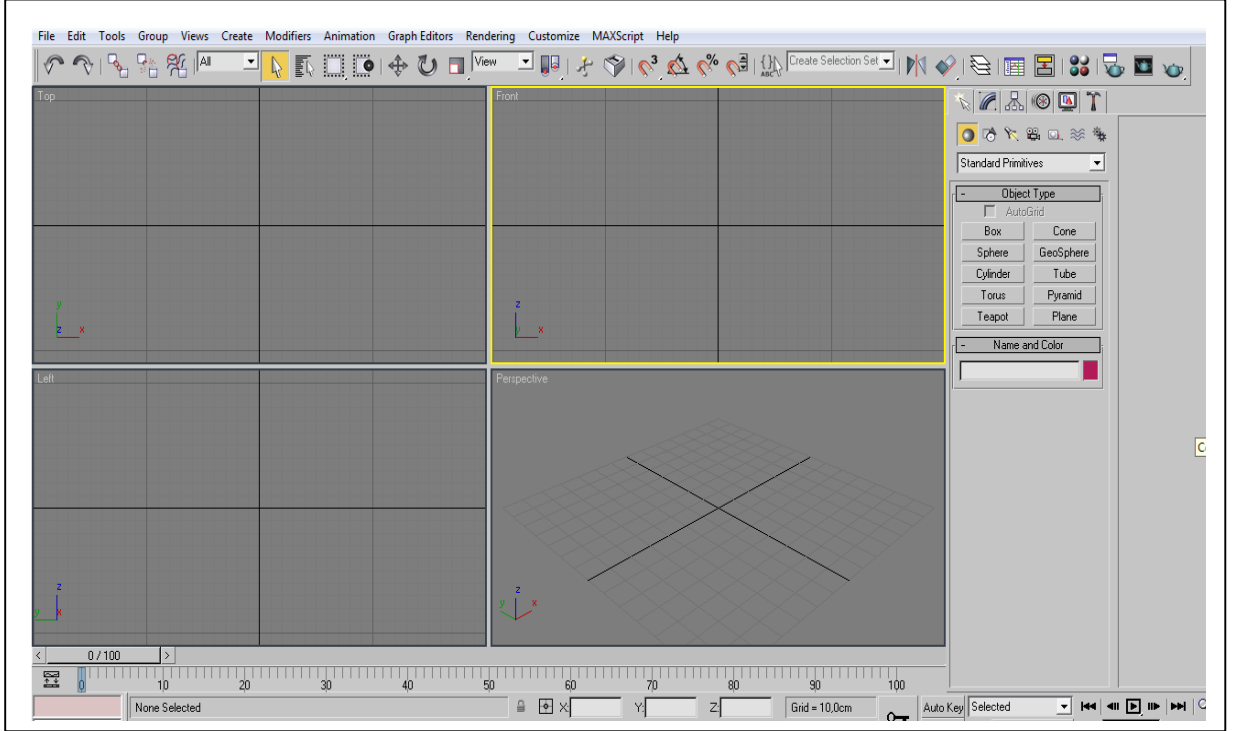
3D Max, günümüzde kullanımı giderek yaygınlaşan bir grafik ve animasyon programıdır. 3D Max, Autodesk firması tarafından geliştirilen (ve hala geliştirilmekte olan) dünyanın en popüler ve en çok kullanılan 3D modelleme ve animasyon programıdır. Alanyazında tam adı “3D Studio Max” olarak geçmektedir. Çeşitli televizyon reklamlarında, mimari yapıların düzenlenmesinde, sinema efektlerinde ve daha birçok alanda bu programın kullanıldığı görülebilir.

Bu yazılım vasıtasıyla yapılmış farklı tasarım örnekleri Şekil 3.32’de verilmiştir:



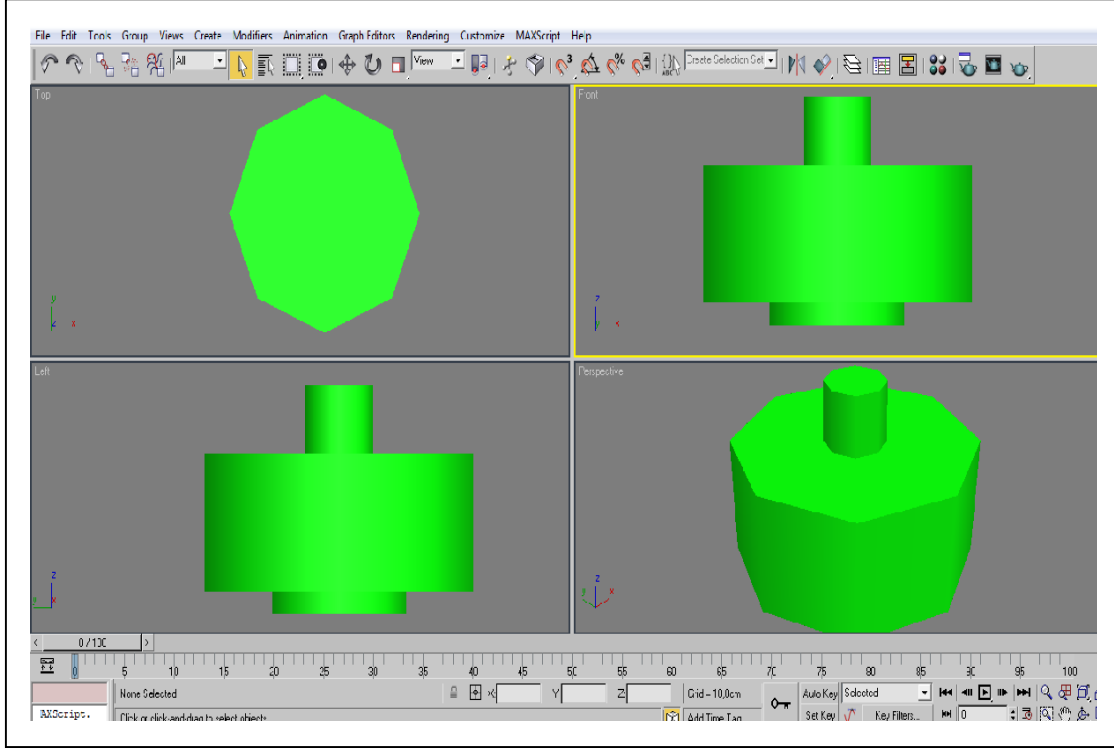
Şekil 3.32. 3d Max yazılımı ile yapılmış tasarım örnekleri

Bu çalışma kapsamında adı geçen animasyon programının 2009 sürümü kullanılmıştır. 3ds Max 2009 programı ilk açıldığında standart olarak 4' e bölünmüş çalışma ekranı ile karşılaşılır (Şekil 3.33). Bu ekranlar teknik çizim resimlerinde kullanılan görüşlerin yerine geçmektedir. Top ile gösterilen ekran üstten görüşü, Front ile gösterilen ekran önden görüşü, Left ile gösterilen ekran soldan görüşü ve Perspective ile gösterilen ekran perspektif görüşü yani şekillerin 3- boyutlu halini göstermektedir [13].



Şekil 3.33. 3d Max ekran görünümü

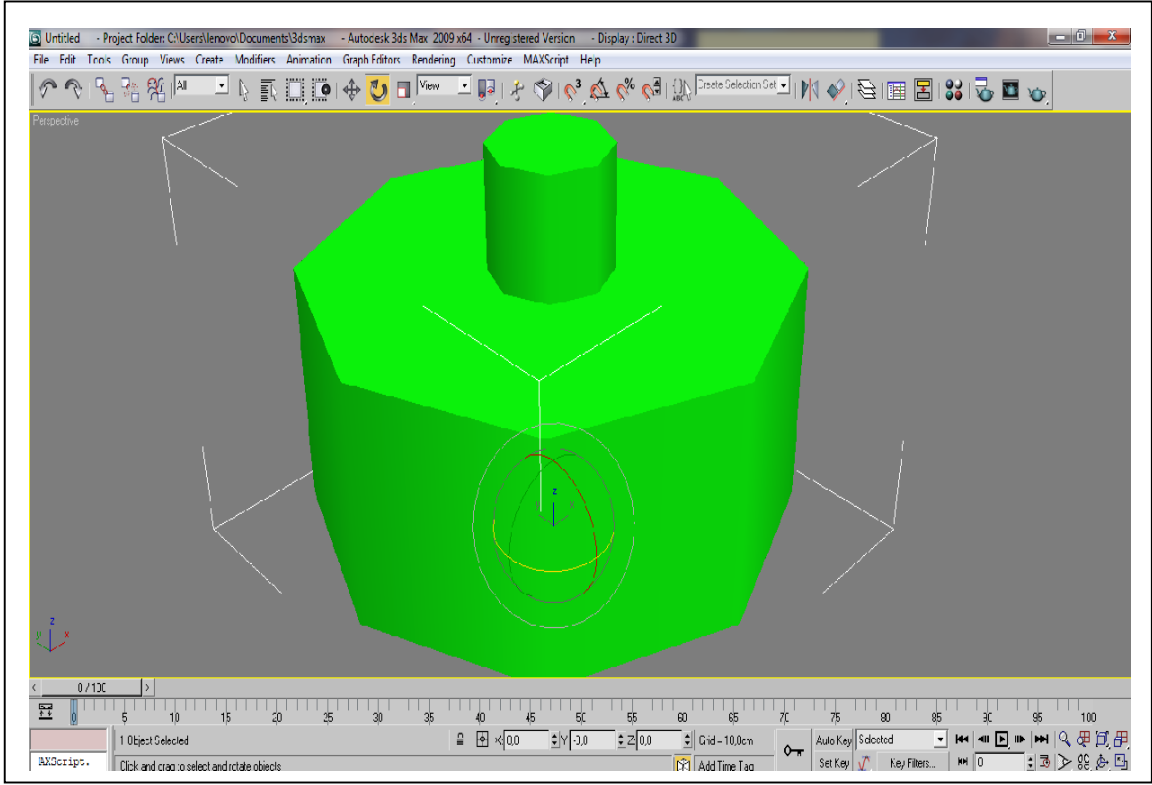
Başlangıç ekranında yer alan bakış açılarının yanı sıra Görünüm (Views) menüsünden şeklin alttan, sağdan, çizgisel ve arkadan görünümünü de izlemek mümkündür. Örnek olarak, bir geometrik şeklin ekranın 4 farklı bölümündeki görüntüleri Şekil 3.34' de verilmiştir.



Şekil 3.34. 3d Max çalışma ekranı görüntüsü

Ekranın sağ tarafında yer alan menüde istenilen düzgün geometrik şekil seçilerek bu şekil üzerinde keyfi değişiklikler yapılabilir. Mevcut bir düzlemsel şekli 3 boyutlu hale getirebilme, üç boyutlu bir şekli istenilen yönde ve açıda döndürebilme ve ayrıca herhangi bir şekli düzlem ile kesebilme özellikleri nedeniyle bu animasyon programının, bu tez çalışmasının amacına tam olarak hizmet ettiği düşünülmüştür.

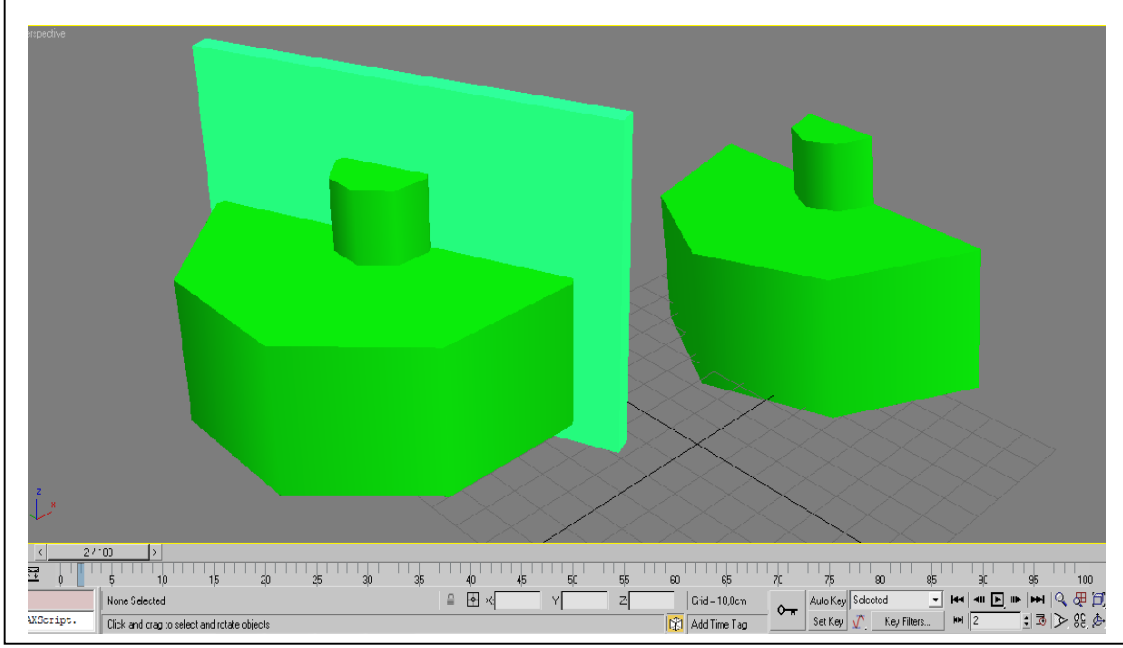
Örneğin Şekil 3.35' de ele alınan geometrik şeklin iki boyutlu hali; Front, Left ya da Top ekranlarından görülebilmektedir. Bu şekil x, y veya z- eksenleri etrafında belirli bir açıyla ya da açı gözetmeksizin döndürülebilir.



Şekil 3.35. Döndürme işlemine ait ekran görüntüsü

Yukarıdaki ekran görüntüsünde eksenler x (sarı yay), y (kırmızı yay) ve z (yeşil yay) ile küre şeklinde gösterilmektedir. Belirli bir açı olmaksızın yapılan döndürme işlemlerinde küre üzerindeki yaylardan biri seçilerek o yayın temsil ettiği eksen etrafında dönme işlemi gerçekleştirilir. Eğer açı ile döndürme yapılacaksa alttaki menü çubuğunda yer alan x, y ve z- kutucuklarına istenilen açı değeri yazılarak şeklin alacağı yeni hali belirlenmiş olur.

Yine aynı şekil için, bu şeklin bir düzlemle kesildiği düşünülüğünde geride kalan şeklin kesit yüzeyi bu program yardımıyla bulunabilmektedir.



Şekil 3.36. Kesme İşlemine ait ekran görüntüsü

Yukarıda bahsedilen özellikler, tez çalışmasının gerek test geliştirme gerekse etkinlik uygulamalarında oldukça fazla kullanılmıştır. Çalışma kapsamında, 3D Max programının öğrenci versiyonu kullanılmıştır.

Birçok alanda oldukça sık kullanılan bu programın, uzamsal yeteneğin gelişmesine etkisi olup olmadığı eğitim araştırmalarına konu olmuştur. Takahashi, G. [119] çalışmasında “Purdue Uzamsal Görselleştirme testi: Döndürmeler” testini bilgisayar ortamına 3d Max programı yardımıyla aktarmıştır. Bu program sayesinde görselleştirmedeki derinliği daha iyi bir şekilde öğrencilere aktarabileceğini savunan Takahashi, çalışmasının sonunda özellikle düşük uzamsal yetenek düzeyinde olan öğrencilerin 3-boyutlu ortam ile yapılan uygulama sonrasında uzamsal yetenek düzeylerinde artış gözlemlemiştir.

Sutton, K. ve Williams, A. [116], 3D Max programının bu tür uygulamalar için ideal olmasını özellikle etkileşimin yüksek oranda gerçekleşmesine dayandırmaktadır. Ayrıca Sutton ve Williams, bu program ile gerçekleştirilen uygulamalarda öğrencilerin görevlerinin manipule edilebilir, kontrol edilebilir veya detaylı incelenebilir olduğunu belirtmişlerdir.

Cohen, C.A. ve Hegarty, M. [28], öğrencilerin uzamsal görselleştirme yeteneklerini geliştirmek amacıyla yaptıkları çalışmalarında 2 farklı deney tasarlamışlardır. Deneylerde 3d Max ortamında çizilen koni, küp, silindir, prizma ve piramit gibi



düzgün üç boyutlu şekillerin bir düzlem ile kesildiğinde kesit yüzeyinin ne olacağını gösteren animasyonlar kullanılmıştır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37. Kare piramidin düzlem ile kesilmesine yönelik animasyon görüntüleri [28]

Her iki deney sonrasında ortaya çıkan sonuç, uzamsal görselleştirme yeteneğinin eğitim yapılarak geliştirilebileceği ve bu eğitimde etkileşimli bilgisayar görselleştirmelerinin oldukça kullanışlı olduğudur.

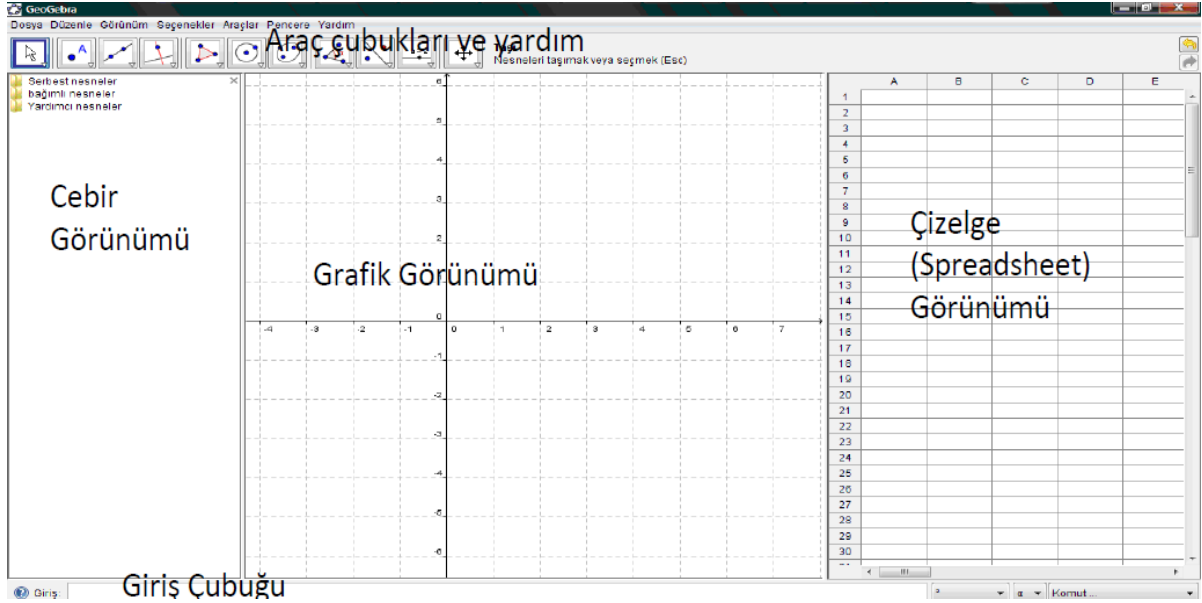
### 3.7.2. GeoGebra 4.2 Beta Yazılımı

Çalışma kapsamında kullanılan bir diğer bilgisayar aracı ise GeoGebra yazılımıdır. GeoGebra dinamik bir geometri yazılımı olup hem ücretsiz bir yazılım olması hem de kullanım kolaylığı nedeniyle eğitim çalışmalarında oldukça sık kullanılmaktadır.

GeoGebra, matematik nesnelere *Grafik*, sayısal *Cebir* ve *Çizelge (Spreadsheet)* olmak üzere 3 farklı görünümünü sağlar. Bunlar matematikle ilgili nesnelere *Grafiksel* (örneğin noktalar, fonksiyon grafikleri gibi), *Cebirsel* (noktaların koordinatları, denklemler) ve *çizelge (spreadsheet)* hücreleri olarak 3 farklı şekilde görülmesini sağlar [56].

Araç çubukları menüsünde bulunan inşa (oluşturma) araçları kullanılarak, fare ile grafik görünümünde geometrik şekiller oluşturulabilmektedir. Bir aracın nasıl kullanılacağını öğrenmek için Araç çubuğunda o yapıyı seçerek, seçilen araç çubuğu yardımı (araç çubuğunun karşısında) kullanılabilir. *Grafik görünümünde* oluşturulan herhangi bir nesnenin aynı zamanda cebir görünümünde *Cebirsel Gösterimi* de vardır [56].





Şekil 3.38. GeoGebra ekran görünümü

Hohenwarter, M. [55], dinamik bir geometri yazılımı olarak bilinen GeoGebra' yı "sembolik bağlantılar aracılığıyla aktif, deneysel ve keşfedici öğrenmeyi sağlayan ve bu yönde çok sayıda imkan sunan bilgisayar tabanlı bir araç" olarak tanımlamıştır. Hohenwarter, M. ve Preiner, J. [57] ise GeoGebra'yı dinamik bir geometri yazılımı olmaktan öte, bilgisayar cebiri sistemleri ile dinamik geometri yazılımları arasında bir köprü olarak tanımlamaktadır. Bu çalışmaya göre; GeoGebra, bir dinamik geometri yazılımının kullanım kolaylığı ile bilgisayar cebiri sistemlerinin belirli özelliklerini kombine etmiş ve böylece geometri, cebir ve analiz gibi matematik disiplinleri arasında bir köprü görevi görmektedir. Kraft, M. [65], öğrencilerin derslerdeki etkileşimli öğrenmesinde ve ilgili süreçteki yeterliliklerinin gelişmesinde bilgisayar ortamının ne derece etkili olduğunu belirlemek amacıyla gerçekleştirdiği çalışmada, bir ders materyalini bilgisayar ortamında GeoGebra yardımıyla hazırlayarak deney grubuna uygulamıştır. Uygulama sonunda, dinamik gösterimlerle desteklenen materyallerin kullanıldığı bir matematik dersindeki görselleştirmenin, görsel zenginliği bulundurmasının yanı sıra öğrenciler için ilginç ve motive edici olduğu sonucuna varmıştır.

Reis, Z.A. ve Gulsecen, S. [102] GeoGebra yazılımını tam sayıların sayı doğrusu üzerinde gösterilmesi amacıyla bir yardımcı materyal olarak kullanmışlardır. Çalışmada elde edilen sonuç, GeoGebra yardımıyla gerçekleştirilen öğretimde öğrencilerin, geleneksel yöntemle yapılan öğretime göre daha başarılı olduğudur.

Diković, L. [35] ise üniversite öğrencileri ile gerçekleştirdiği çalışmasında, GeoGebra kullanımının öğrencilerin Analiz dersini anlama ve bu dersteki bilgi düzeylerine olumlu etkileri olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Nagy- Kondor, R. [85], dinamik geometri yazılımlarının mühendislik öğrencilerinin uzamsal yeteneklerine olan etkisini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmasında, GeoGebra yazılımı ile kontrol grubuna etkinlikler gerçekleştirmiştir. Eğitim sonunda, dinamik geometri yazılımı ile yapılan etkinliklerin, öğrencilerin uzamsal yeteneklerinde ve geometri başarılarında artış sağladığı sonucuna ulaşmıştır.

## 4. BULGULAR

Araştırmanın bu kısmında, öncelikle veri toplama aracı olarak kullanılan testlerin madde analizi, geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarına yönelik bulgulara yer verilmiştir. Diğer bulgular ise öğrencilerin uzamsal yeteneklerini geliştirmeye yönelik hazırlanan etkinliklerin etkisini belirlemek amacıyla yapılan Tekrarlı Anova, Örtük Büyüme Modeli ve Tek Örneklem t-Testi analizlerinden oluşmaktadır.

### 4.1. Veri Toplama Araçlarının Madde Analizine Yönelik Bulgular

Araştırmacı tarafından geliştirilen Uzamsal Görselleştirme ve Zihinde Döndürme testleri ile alanyazında yer alan Zihinde Kesme testinin uygulanmasıyla elde edilen veriler Iteyan programı ile analiz edilmiştir. Her bir teste ait madde analizine yönelik bulgular aşağıda yer almaktadır:

#### 4.1.1. Uzamsal Görselleştirme Testinin Madde Analizine Yönelik Bulgular

Araştırmacı tarafından hazırlanan bu test toplam 236 öğrenciye uygulanmıştır. Bu teste ait madde analizi sonuçları şu şekildedir:

Madde analizi sonuçlarına göre, maddeler arasında en düşük güçlük değeri 0.27, en yüksek değeri 0.72 olarak belirlenmiştir. Diğer maddeler ise 0.34 ile 0.66 arasında değişim göstermektedir. Buna göre testin orta güçlükte olduğu söylenebilir. Madde ayırtıcılık gücü en düşük maddenin bu değere ait katsayısı 0.24, en yüksek maddenin ise 0.64'tür. Diğer maddelere ait değerler ise 0.31 ile 0.61 arasında değişim göstermektedir. Bu analize ait diğer sonuçlar Çizelge 4.1' de verilmiştir.

**Çizelge 4.1:** Uzamsal Görselleştirme Testi madde analizi sonuçları

<b>Madde Sayısı</b>	29
<b>Uygulanan Kişi Sayısı</b>	236
<b>Ortalama</b>	19.86
<b>Standart Sapma</b>	5.697
<b>Basıklık</b>	-0.755
<b>Çarpıklık</b>	0.383
<b>Ortalama madde güçlüğü</b>	0.492
<b>Ortalama madde ayırt ediciliği</b>	0.573

#### 4.1.2. Zihinde Döndürme Testinin Madde Analizine Yönelik Bulgular

Araştırmacı tarafından geliştirilen bu test 307 öğrenciye uygulanmıştır. Testin maddelerine ait en düşük madde güçlüğü 0.31 en yüksek madde değeri ise 0.68 olarak hesaplanmıştır. Ayırıcılık indeks değerlerine bakıldığında, en düşük değer 0.30 en yüksek değer ise 0.56 olarak elde edilmiştir. Bu analize ait diğer sonuçlar ise Çizelge 4.2' de gösterildiği gibidir.

**Çizelge 4.2:** Zihinde Döndürme Testi madde analizi sonuçları

<b>Madde Sayısı</b>	32
<b>Uygulanan Kişi Sayısı</b>	307
<b>Ortalama</b>	21.67
<b>Standart Sapma</b>	5.178
<b>Basıklık</b>	-0.549
<b>Çarpıklık</b>	-0.320
<b>Ortalama madde güçlüğü</b>	0.67
<b>Ortalama madde ayırt ediciliği</b>	0.47

#### 4.1.3. Zihinde Kesme Testinin Madde Analizine Yönelik Bulgular

Orjinali Mental Cutting Test olarak bilinen ve CEGB (College Entrance Examination Board) tarafından geliştirilen bu test, toplam 232 öğrenciye uygulanmıştır.

Madde analizi sonucunda, her bir maddenin ayırıcılık gücü ve madde güçlüğü hesaplanmıştır. Buna göre, en düşük ayırıcılık gücü 0.26, en yüksek ayırıcılık gücü ise 0.71 olarak belirlenmiştir. Madde güçlüğü değeri en düşük olan madde 0.20, en yüksek olan madde 0.57 katsayısına sahiptir. Diğer maddeler 0.29 ile 0.56 arasında değişim göstermektedir.

**Çizelge 4.3:** Zihinde Kesme Testi madde analizi sonuçları

<b>Madde Sayısı</b>	25
<b>Uygulanan Kişi Sayısı</b>	231
<b>Ortalama</b>	11.06
<b>Standart Sapma</b>	4.234
<b>Basıklık</b>	0.500
<b>Çarpıklık</b>	0.362
<b>Ortalama madde güçlüğü</b>	0.35
<b>Ortalama madde ayırt ediciliği</b>	0.45

## 4.2. Veri Toplama Araçlarının Güvenirlik Çalışmasına Yönelik Bulgular

Veri toplama araçlarındaki maddeler, gelen cevaplar doğrultusunda 1-0 şeklinde ikili (dichotomously) puanlanmıştır. Veri toplama araçlarının güvenirlik çalışmasında Cronbach  $\alpha$  iç tutarlılık katsayıları göz önünde bulundurulmuştur. Alanyazında ikili puanlamada KR- 20 tekniğinin kullanılması zorunluluğu üzerinde durulsa da tüm maddelerin 1-0 puanlandığı durumda KR- 20 ile Cronbach  $\alpha$  katsayılarının aynı sonucu verdiği bilinmektedir [30].

Çalışmada kullanılacak olan veri toplama araçlarına ait Cronbach  $\alpha$  içtutarlılık katsayıları şu şekildedir:

**Çizelge 4.4:** Veri Toplama Araçlarının Güvenirlik Katsayıları

Test	Madde Sayısı	Güvenirlik
Uzamsal Görselleştirme	29	.85
Zihinde Döndürme	32	.79
Zihinde Kesme	25	.69

## 4.3. Veri Toplama Araçlarının Geçerlik Çalışmasına Yönelik Bulgular

### 4.3.1. Alanyazında Yer Alan Diğer Testlerle Karşılaştırmaya Yönelik Bulgular

Çalışmanın yapı geçerliğine kanıt sağlamak amacıyla araştırmacı tarafından geliştirilen Zihinde Döndürme ve Uzamsal Görselleştirme testleri ile aynı yapıyı ölçen ölçme araçları bulunarak bu testler arasındaki korelasyona ve araştırmalarda belirtilen özelliklerin geliştirilen testlerde de sağlanıp sağlanmadığının kontrolü yapılmıştır.

Uzamsal görselleştirme testinin (UGT) yapı geçerliğine kanıt oluşturmak amacıyla Winter, J.W., Lappan, G., Fitzgerald, W. ve Shroyer, J. [128] tarafından hazırlanan “Uzamsal Görselleştirme Testi (UGT\*)” aynı çalışma grubuna uygulanmıştır. Uygulama sonucunda iki testten elde edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı 0.66 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.5).

**Çizelge 4.5:** Geliştirilen ve alanyazında yer alan uzamsal görselleştirme testleri arasındaki korelasyon analizi

		UGT*	UGT
UGT* (Winter, 1989)	Pearson Korelasyon	1	,667**
	Sig. (2-yönlü)		,000
	N	128	128
UGT	Pearson Korelasyon	,667**	1
	Sig. (2-yönlü)	,000	
	N	128	128

\*\* . Korelasyon 0.01 düzeyinde (2- yönlü) anlamlıdır.

Analiz sonucuna göre, geliştirilen Uzamsal Görselleştirme Testi ile Winter ve arkadaşları tarafından geliştirilen Uzamsal Görselleştirme Testi arasında .66 düzeyinde pozitif ve anlamlı bir ilişki elde edilmiştir.

Zihinde Döndürme testinin yapı geçerliğinin tespiti için alanyazında yer alan bir diğer zihinde döndürme testi dikkate alınmıştır. Bu test Peters ve arkadaşları tarafından 1995 yılında, Vandenberg, S.G. ve Kuse, A.R. [125] tarafından geliştirilen testin yenilenmiş hali olarak “A Redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: Different Versions and Factors That Affect Performance” adıyla ortaya konulmuştur [95]. Testin kullanım izni, araştırma kapsamında geçerlik çalışmasıyla amacıyla kullanılacağı bildirilerek 14 Haziran 2011 tarihinde Michael Peters’ den, testin maddelerinin yayınlanmaması koşuluyla, alınmıştır. Araştırmacı tarafından geliştirilen (ZD) ve alanyazında yer alan (MR) bu iki test aynı gruba uygulandığında elde edilen veriler arasındaki korelasyon katsayısı 0.81 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

**Çizelge 4.6:** Geliştirilen ve alanyazında yer alan zihinde döndürme testleri arasındaki korelasyon analizi

		ZD	MR
ZD	Pearson Korelasyon	1	,812**
	Sig. (2-yönlü)		,000
	N	128	128
MR	Pearson Korelasyon	,812**	1
	Sig. (2-yönlü)	,000	
	N	128	128

\*\* . Korelasyon 0.01 düzeyinde (2- yönlü) anlamlıdır

Geçerlik çalışmalarının diğer kısmında, alanyazında bu testlerin uygulandığı gruplara ilişkin sonuçların, geliştirilen iki test için de geçerli olup olmadığı sorusu üzerinde durulmuştur.

Vandenberg, S.G. ve Kuse, A.R. [125] ve Hamilton (1995,akt. [3]) çalışmalarında erkeklerin, kızlara nazaran zihinde döndürme ve uzamsal görselleştirme yeteneklerinin daha üst düzeyde olduklarını belirtmişlerdir. Ben-Chaim, D., Lappan, G. ve Houang, R.T. [9], çalışmalarında erkek öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerilerinin kız öğrencilere göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Benzer sonuca Baeninger, M. ve Newcombe, N. [6]' nin çalışmalarında da rastlayabiliriz. Linn, M.C. ve Petersen, A.C. [70] çalışmalarında zihinde döndürme becerilerinin erkek öğrencilerde daha yüksek düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen testlerin cinsiyete göre bir farklılık gösterip göstermediği farklılık varsa hangi grup lehine olduğunun belirlenmesi amacıyla verilere, bağımsız gruplarda t- testi uygulanmıştır. Her iki test için elde edilen analiz sonuçları şu şekildedir:

**Çizelge 4.7:** Uzamsal Görselleştirme testinin cinsiyete göre incelenmesi

	Varyansların Eşitliği için Levene Testi		Ortalamaların Eşitliği için t- testi				
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-yönlü)	Ortalama Farkı	Farkın Std. Hatası
Varyanslar eşit kabul edildiğinde	2,639	,106	-11,540	229	,000	-7,357	,638
Varyanslar eşit kabul edilmediğinde			-10,995	134,137	,000	-7,357	,60091

**Çizelge 4.8:** Zihinde Döndürme testinin cinsiyete göre incelenmesi

	Varyansların Eşitliği için Levene Testi		Ortalamaların Eşitliği için t- testi				
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-yönlü)	Ortalama Farkı	Farkın Std. Hatası
Varyanslar eşit kabul edildiğinde	6,747	,010	-6,971	229	,000	-4,12308	,59150
Varyanslar eşit kabul edilmediğinde			-6,861	201,616	,000	-4,12308	,60091

Bu sonuçlar doğrultusunda, geliştirilen testlerin alanyazında yer alan aynı tür test sonuçlarıyla tutarlılık gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır.

#### **4.3.2. Doğrulayıcı Faktör Analizine Yönelik Bulgular**

Geçerliğe kanıt sağlamak amacıyla yapılan son işlem testlere uygulanan Doğrulayıcı Faktör Analizi (DFA) dir. Doğrulayıcı faktör analizi uygulamasında, faktörleştirme tekniklerinden Maksimum Olasılık Faktör Analizi (Maximum Likelihood Factor Analysis) kullanılmıştır. Lawley tarafından 1940' larda geliştirilen bu teknik, evrenden çekilen gözlenen korelasyon matrisi örneğinin en yüksek hesaplanan yük değerleri olasılığında, faktör yükleri için evren değerlerini tahmin eder. Maksimum olasılık faktör analizi, aynı zamanda, faktörler ve değişkenler arasındaki kanonik korelasyonu en yüksek büyüklüğe çıkartır (Tabachnick& Fidel, 2001;akt. [31]). Bu analizin önemli bir avantajı, veri setinde göstergeler arasındaki ilişkilerin yeniden düzenlenebilmesi için, nasıl daha iyi faktör çözümlenmeleri



yapılabileceğine ilişkin istatistiksel değerlendirmelere olanak sağlamasıdır [31]. Ancak maksimum olasılık faktör analizi, değişkenler için çok değişkenli normal dağılım sayılığını gerektirir ve veri seti bu sayılıyı karşılamıyorsa çarpıtılmış ve güvenilir olmayan bir sonuç verebilir (Brown, 2006; akt. [31]).

Bu bilgilere dayanarak, çalışma kapsamında kullanılan veri toplama araçlarına uygulanacak doğrulayıcı faktör analizi öncesinde, bu testlerin uygulanmasıyla elde edilen verilerin normallik sayılığını karşılayıp karşılamadıkları incelenmiştir.

**Çizelge 4.9:** Testlerin normallik sayılıtlarına yönelik analizleri

		Uzamsal Görselleştirme	Zihinde Döndürme	Zihinde Kesme
		t	t	t
N		235	307	231
Normal Parametreleri Ortalama		15,40	17,14	13,64
	Std. Sapma	6,427	5,567	4,083
Uç Farklılıklar	Mutlak	,075	,073	,087
	Pozitif	,075	,057	,047
	Negatif	-,047	-,073	-,087
Kolmogorov-Smirnov Z		1,154	1,286	1,322
. Sig. (2-tailed)		,139	,073	,061

Çizelge 4.9' da yer alan Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov analiz sonuçları incelendiğinde her üç test için elde edilen p değerinin >0.05 olduğu görülmektedir.

Her bir teste uygulanan doğrulayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen uyum indeksleri ve yapılan modifikasyonlar şu şekildedir:

İlk olarak Uzamsal Görselleştirme Testinden elde edilen verilere uygulanan doğrulayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen uyum indeksleri şu şekildedir:  $X^2/sd = 1.41$ , CFI= 0.94, RMR= 0.015, GFI= 0.86, NNFI= 0.93 ve RMSEA= 0.042.

Yukarıdaki uyum indeksleri incelendiğinde;  $X^2/sd=1.41$ , RMR=0.015 ve RMSEA= 0.042 indeksleri bu model için mükemmel uyuma; NNFI= 0.93 ve CFI= 0.94 değerleri ise iyi uyuma işaret etmektedir [58; 118; 15; 60]. GFI= 0.86 değerinin

zayıf uyumu belirtmesi nedeniyle analiz sonucunda elde edilen modifikasyon önerileri incelenerek, birden fazla madde ile bağlanması önerilen iki madde (8. ve 16.) testten çıkarılmış, 6. ve 7. Maddeler birbirilerine bağlanmıştır. Son durumdaki uyum indeksleri aşağıdaki şekilde elde edilmiştir:

**Çizelge 4.10:** Uzamsal Görselleştirme Testi için doğrulayıcı faktör analizi

Uzamsal Görselleştirme	Uyum İyiliği İstatistikleri
$\chi^2/ sd$	1.23
Comparative Fit Index (CFI)	0.97
Root Mean Square Residual (RMR)	0.014
Goodness of Fit Index (GFI)	0.90
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.96
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.032

Buna göre bu model için; NNFI= 0.96, CFI= 0.97, RMR= 0.014,  $\chi^2/ sd=1.23$  ve RMSEA= 0.032 indeksleri mükemmel uyuma, GFI= 0.90 değeri ise iyi uyuma işaret etmektedir.

Bir diğer veri toplama aracı olan Zihinde döndürme testinden elde edilen verilere uygulanan doğrulayıcı faktör analizi sonuçlarına göre:  $\chi^2/ sd= 2.29$ , GFI= 0.82, CFI= 0.65, NNFI= 0.63, RMR= 0.015 ve RMSEA= 0.065 uyum indeksleri elde edilmiştir. Modifikasyon önerileri incelendiğinde, oldukça fazla madde ile bağlanması önerilen ve bu öneriler doğrultusunda  $\chi^2$  ye büyük etkisi olduğu gözlenen üç maddenin (4., 10. ve 32. maddeler) testten çıkarılmasına karar verilmiştir.

Bu maddelerin çıkarılmasıyla ve yine modifikasyon önerileri doğrultusunda 14. ve 26., 21. ve 23. maddelerin birbirine bağlanmasıyla elde edilen uyum iyiliği istatistikleri Çizelge 4.11' de verildiği şekilde elde edilmiştir.

**Çizelge 4.11:** Zihinde Döndürme Testi için doğrulayıcı faktör analizi

Zihinde Döndürme	Uyum İyiliği İstatistikleri
$\chi^2/ sd$	1.42
Comparative Fit Index (CFI)	0.93
Root Mean Square Residual (RMR)	0.012
Goodness of Fit Index (GFI)	0.92
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.91
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.037

Buna göre, uyum indeksleri incelendiğinde; GFI= 0.92, CFI=0.93 ve NNFI= 0.91 indeksleri iyi uyuma;  $\chi^2/ sd= 1.42$ , RMR=0.012 ve RMSEA= 0.037 indeksleri ise mükemmel uyuma işaret etmektedir. Buna göre Zihinde Döndürme Testi, 29 madde olarak son halini almıştır.

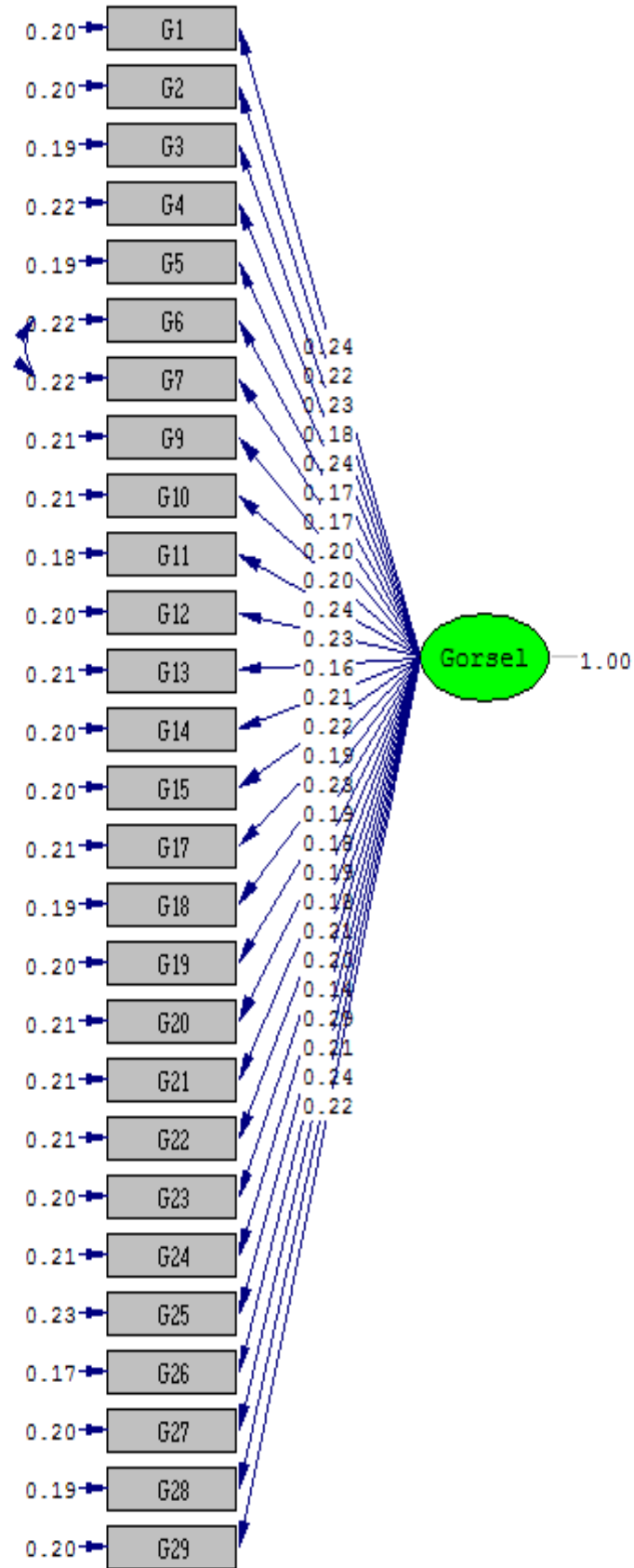
Son olarak, Zihinde Kesme Testi için yapılan doğrulayıcı faktör analizi sonucunda elde edilen uyum iyiliği indeksleri: :  $\chi^2/ sd= 1.36$ , GFI= 0.88, CFI= 0.83, NNFI= 0.82, RMR= 0.066 ve RMSEA= 0.040 şeklindedir. Önerilen modifikasyonlar doğrultusunda 24. Maddenin silinmesi, 11. ve 13. maddeler ile 20. ve 22. maddelerin birbirine bağlanmasıyla elde edilen uyum indeksleri Çizelge 4.12' de verilmiştir.

**Çizelge 4.12:** Zihinde Kesme Testi için doğrulayıcı faktör analizi

Zihinde Kesme	Uyum İyiliği İstatistikleri
$\chi^2/ sd$	1.17
Comparative Fit Index (CFI)	0.91
Root Mean Square Residual (RMR)	0.014
Goodness of Fit Index (GFI)	0.90
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.90
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.028

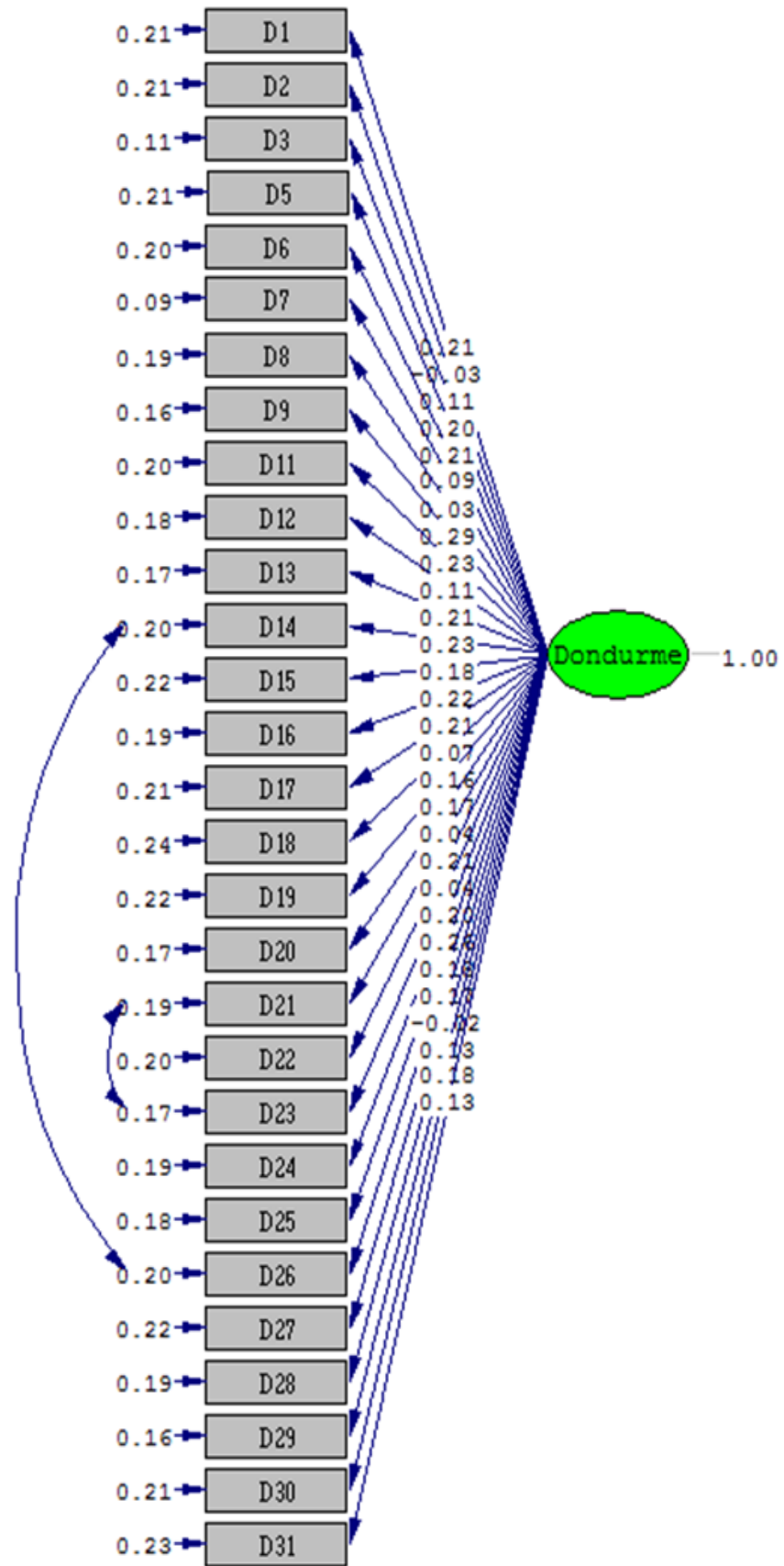
Yukarıda yer alan uyum iyiliği indeks değerlerine göre; GFI= 0.90, CFI=0.91 ve NNFI= 0.90 indeksleri göre modelin iyi uyum;  $X^2/sd= 1.17$ , RMR=0.014 ve RMSEA= 0.028 indeksleri ise modelin mükemmel uyum gösterdiğini belirtmektedir.

Birinci düzey Doğrulayıcı Faktör Analizi doğrultusunda her bir test için elde edilen yol şemaları şu şekildedir (Şekil: 4-1,2,3):

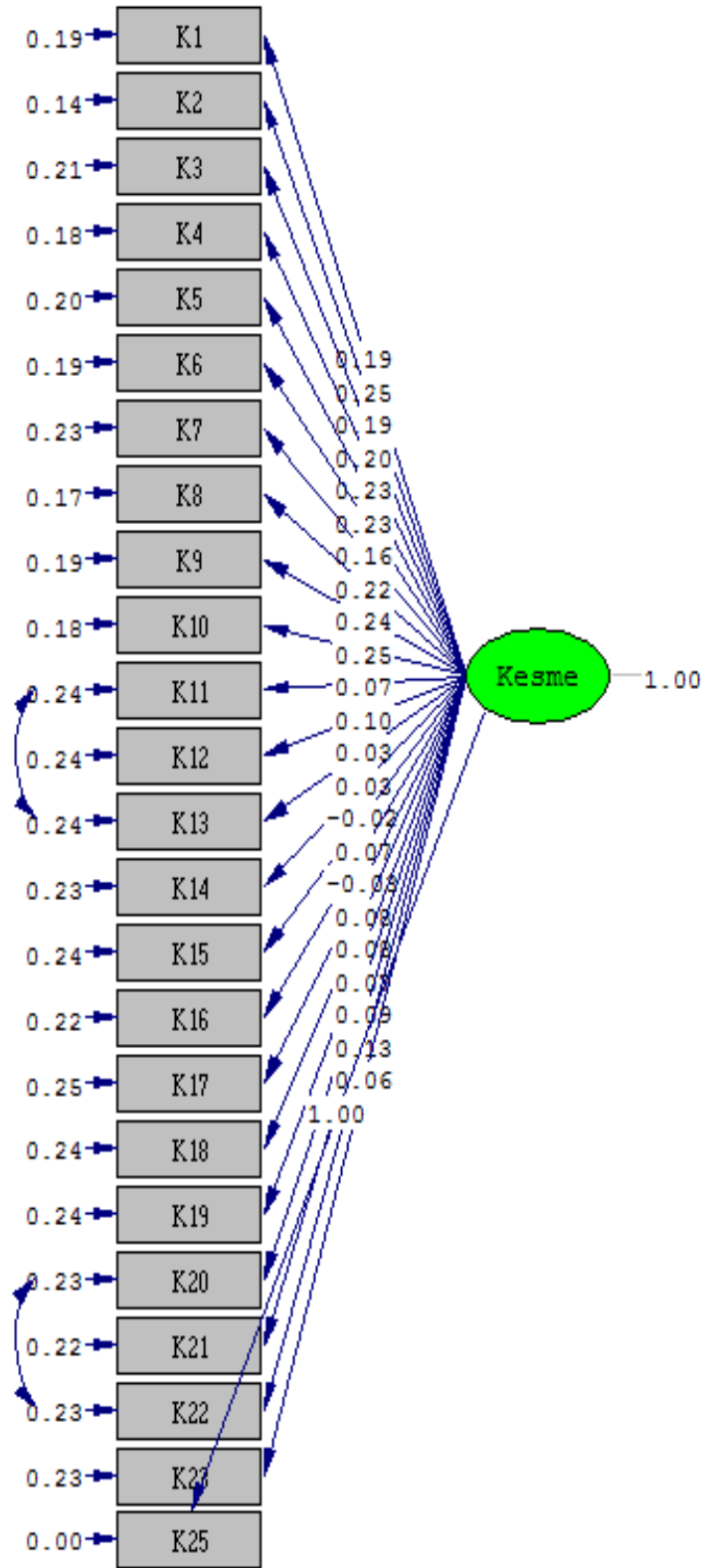


Chi-Square=398.81, df=322, P-value=0.00225, RMSEA=0.032

Şekil 4.1. Uzamsal Görselleştirme Testi İçin Yol Şeması



Şekil 4.2. Zihinde Döndürme Testi İçin Yol Şeması



Chi-Square=294.32, df=250, P-value=0.02839, RMSEA=0.028

Şekil 4.3. Zihinde Kesme Testi İçin Yol Şeması

Yukarıda yer alan uyum indekslerinin kriterleri ve kabulü için kesme noktaları şu şekildedir [31]:

**Çizelge 4.13:** Doğrulayıcı faktör analizi için uyum indeksleri kriterleri

Uyum İndeksi	Kriterler	Kabul İçin Kesme Noktaları
$\chi^2/ sd$	$p > 0.05$	$\leq 2$ mükemmel uyum
		$\leq 2.5$ mükemmel uyum
		$\leq 5$ orta düzeyde uyum
GFI/ AGFI	0 (uyum yok)	$\geq 0.90$ = iyi uyum
	1 (mükemmel uyum)	$\geq 0.95$ = mükemmel uyum
RMSEA	0 (mükemmel uyum)	$\leq 0.05$ = mükemmel uyum
	1 (uyum yok)	$\leq 0.06$ = iyi uyum
		$\leq 0.07$ = iyi uyum
		$\leq 0.08$ = iyi uyum
		$\leq 0.10$ = zayıf uyum
RMR/ SRMR	0 (mükemmel uyum)	$\leq 0.05$ = mükemmel uyum
	1 (uyum yok)	$\leq 0.08$ = iyi uyum
		$\leq 0.10$ = vasat uyum
CFI	0 (uyum yok)	$\geq 0.90$ = iyi uyum
	1 (mükemmel uyum)	$\geq 0.95$ = mükemmel uyum
NFI/ NNFI	0 (uyum yok)	$\geq 0.90$ = iyi uyum
	1 (mükemmel uyum)	$\geq 0.95$ = mükemmel uyum



Bu Çizelgeye bakıldığında, genel anlamda testlerin iyi uyum gösterdikleri sonucunu çıkarabiliriz.

#### 4.3.2.1. Uzamsal Yetenek İçin Doğrulayıcı Faktör Analizi

Uzamsal Görselleştirme, Zihinde Döndürme ve Zihinde Kesme alt boyutlarının aynı yapıyı ölçtüğünün doğrulanması amacıyla verilere İkinci Düzey Doğrulayıcı Faktör Analizi modeli uygulanmıştır. Burada birinci düzey faktörler uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme; ikinci düzey faktör ise uzamsal yetenek olarak ele alınmıştır.

İkinci düzey doğrulayıcı faktör analizi modellerinde, ikinci düzeyi tanımlayabilmek için en az üç birinci düzey faktör gerekir. Aksi halde, ikinci düzeyden birinci düzeye olan doğrudan etki yetersiz bir biçimde tanımlanmış olabilir (Kline, 2005, akt. [31]). İkinci düzey doğrulayıcı faktör analizine dair uyum indeksleri ilk aşamada şu şekilde elde edilmiştir:

**Çizelge 4.14:** Uzamsal Yetenek için doğrulayıcı faktör analizi

Uzamsal Yetenek	Uyum İyiliği İstatistikleri
Comparative Fit Index (CFI)	0.87
Root Mean Square Residual (RMR)	0.026
Goodness of Fit Index (GFI)	0.82
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.86
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.032

Analiz sonuçlarına göre önerilen modifikasyon indeksleri şu şekildedir:

**Çizelge 4.15:** İkinci düzey doğrulayıcı faktör analizi için modifikasyon indeksleri önerileri

	Ki-Karedeki Azalma	Yeni Kestirim
<b>Madde- Gizil Değişken</b>		
D17 K	11.6	-0.22
D19 K	9.8	-0.20
K21 D	9.4	0.21
<b>Maddeler arası</b>		
D2 G3	19.0	-0.06
D14 D20	24.5	0.07
K11 K13	20.3	0.05
G23 G26	21.4	-0.05

Yukarıda, madde- gizil değişken arası yol önerileri Ki- Kare ye anlamlı bir katkı sağlamayacağı için yapılmamıştır. Maddeler arası modifikasyon önerilerinde, maddelerin başka boyuttaki bir maddeyle bağlanması önerileri göz ardı edilerek, aynı boyuttaki maddelerin birbirleri ile bağlanması önerileri uygulanmıştır. Bu işlem sonrasında elde edilen yeni modifikasyon indeks değerleri şu şekildedir:

**Çizelge 4.16:** Modifikasyon önerileri sonrası Uzamsal Yetenek için doğrulayıcı faktör analizi

Uzamsal Yetenek	Uyum İyiliği İstatistikleri
$X^2/sd$	1.13
Comparative Fit Index (CFI)	0.92
Root Mean Square Residual (RMR)	0.015
Goodness of Fit Index	0.84
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.90
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.024

Uzamsal yetenek için yapılan ikinci düzey DFA ya ait yol şeması aşağıda verildiği gibidir:



Yukarıdaki şekilde kurulan ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizi sonuçlarından modelin iyi uyum gösterdiğini söylemek mümkündür. Buna göre çalışma kapsamında ele alınan Uzamsal Görselleştirme, Zihinde Döndürme ve Zihinde Kesme yetenekleri uzamsal yeteneğin bileşenleridir. Bu analiz sonucunda elde edilen aşağıdaki eşitlikler yardımıyla bu bileşenlerin uzamsal yeteneği hangi oranda açıkladıkları belirlenebilir.

$$\text{Uzamsal} = 0.91 * \text{Döndürme}, R^2 = 0.90$$

$$\text{Uzamsal} = 0.68 * \text{Görselleştirme}, R^2 = 0.50$$

$$\text{Uzamsal} = 0.93 * \text{Kesme}, R^2 = 0.83$$

Bu denklemlere göre, zihinde döndürme yeteneğinin uzamsal yeteneği % 90; zihinde kesmenin % 83 ve uzamsal görselleştirmenin % 50 oranında açıkladığı görülmektedir.

#### 4.4. Öğrencilerin Uzamsal Yetenek Düzeylerinin Belirlenmesine Yönelik Bulgular

Veri toplama araçlarının geçerlik ve güvenilirlik çalışmalarının ardından son hallerini alması sonucunda, etkinlik uygulamalarına geçilmeden önce çalışma grubunda yer alan öğrencilerin mevcut uzamsal yetenek düzeylerini belirlemek amacıyla uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme testleri bu gruba uygulanmıştır.

Testlerin uygulanmasının ardından her bir yeteneğe ilişkin test ortalamaları şu şekildedir:

**Çizelge 4.17:** Uzamsal Görselleştirme Testi'ne ilişkin betimsel istatistikler

N	77
Ortalama	13,77
Std. Sapma	3,82
Çarpıklık	-,127
Çarpıklığın std. hatası	,274
Basıklık	,071
Basıklığın std. hatası	,541
En Küçük Değer	3
En Büyük Değer	22

Çizelge 4.17' de görüldüğü üzere, uzamsal görselleştirme testinin çalışma grubuna uygulanması sonucunda ortalama= 13.77; standart sapma= 3.82, basıklık değeri= ,071 ve çarpıklık değeri= -,127 olarak elde edilmiştir. Ayrıca grupta bu testten alınan en yüksek puanın 22 ve en düşük puanın 3 olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.18:** Zihinde Döndürme Testi'ne ilişkin betimsel istatistikler

N	77
Ortalama	11,25
Std. Sapma	3,75
Çarpıklık	,310
Çarpıklığın std. hatası	,274
Basıklık	-,084
Basıklığın std. hatası	,541
En Küçük Değer	4
En Büyük Değer	21

Çizelge 4.18 de verilen değerler doğrultusunda, zihinde döndürme testinin çalışma grubuna uygulanması sonucunda ortalama= 11; standart sapma= 3.59, basıklık değeri= -,084 ve çarpıklık değeri= ,310 olarak elde edilmiştir. Çalışma grubunun bu testten aldıkları en yüksek puan 21 ve en düşük puan ise 4 olarak belirlenmiştir.

**Çizelge 4.19:** Zihinde Kesme Testi'ne ilişkin betimsel istatistikler

N	77
Ortalama	8,70
Std. Sapma	2,78
Çarpıklık	,444
Çarpıklığın std. hatası	,274
Basıklık	,166
Basıklığın std. hatası	,541
En Küçük Değer	4
En Büyük Değer	18

Son olarak zihinde kesme yeteneğine ait testten elde edilen verilerin analizi ile testin ortalaması 8.70; standart sapması= 2.78; basıklık değeri= .166, çarpıklık

değeri= .444, testten alınan en büyük değer 18 ve en düşük değer 4 olarak bulunmuştur.

#### **4.5. Veri Toplama Araçlarının Uygulanmasına Yönelik Bulgular**

Veri toplama araçlarının geçerlik ve güvenirlik çalışmalarının tamamlanmasının ardından, hazırlanan etkinlikler sırasıyla öğrencilere sunulmuştur. İlk aşamada, veri toplama araçları öğrencilerin mevcut düzeylerini belirlemek amacıyla uygulanmıştır. Bu uygulamadan 3 hafta sonra ilk etkinlik olan “Serbest Döndürme Etkinliği” ile ilgili görevleri yerine getiren öğrencilere bu etkinlik sonrasında her üç veri toplama aracı tekrar uygulanmıştır. Bu işlem “Kontrollü Döndürme” ve “Bağlamsal Döndürme” etkinlikleri için de yapılmış olup, toplamda 4 veri seti elde edilmiştir.

Yukarıda yapılan doğrulayıcı faktör analizlerine göre, uzamsal yeteneği en büyük oranda açıklayan faktörün “zihinde döndürme” yeteneği olduğu göz önünde bulundurularak etkinlikler zihinde döndürme yeteneğini geliştirmeye yönelik hazırlanmıştır.

Hazırlanan etkinliklerin, öğrencilerin uzamsal yeteneklerinde anlamlı bir artış sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi için Tekrarlı Anova istatistiği, (varsa) bu artışın tek bir etkinlikten mi yoksa etkinliklerin etkileşiminden mi kaynaklandığının belirlenmesi için Örtük Büyüme Modeli tekniği kullanılmıştır.

#### **4.5.1. Tekrarlı Anova Analizine Yönelik Bulgular**

Öğrencilerle gerçekleştirilen 3 farklı etkinliğin, öğrencilerin Uzamsal Yetenek düzeylerinde anlamlı bir artış sağlayıp sağlamadığının belirlenmesi için verilere Tekrarlı Anova İstatistiği uygulanmıştır. Her bir test için Tekrarlı Anova analizine ilişkin bulgular şu şekildedir:

##### **4.5.1.1. Uzamsal Görselleştirme Testine Yönelik Tekrarlı Anova Analizine İlişkin Bulgular**

Uzamsal görselleştirme testinin 4 uygulamasına yönelik betimsel istatistikler şu şekildedir:

(G1: İlk uygulamadan elde edilen veriler; G2:Serbest Etkinlik sonrası veriler, G3:Kontrollü etkinlik sonrası veriler, G4:Bağlamsal Etkinlik sonrası veriler)

**Çizelge 4.20:** Uzamsal Görselleştirme Testi'nin dört uygulamasına ait betimsel istatistikler

	Ortalama	Std. sapma	N
G1	13,77	3,827	77
G2	15,31	3,274	77
G3	17,69	2,984	77
G4	19,27	2,664	77

Çizelge 4.20 incelendiğinde birinci uygulamadan (G1), dördüncü uygulamaya (G4) kadar tüm etkinliklerde bir artış gözlemlenmektedir.

**Çizelge 4.21:** Uzamsal Görselleştirme: Küresellik için Mauchly Testi

Deneklerarası Etki	Mauchly's W	Yaklaşık Ki-Kare	df	Sig.	Epsilon <sup>a</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Alt Sınır
Uzamsal Görselleştirme	,486	53,889	5	,000	,660	,677	,333

Küresellik için Mauchly testi, düzeylerarası farkların varyansların eşitliğini vermektedir. Yapılan analizde, Mauchly testinin anlamlı sonuç verdiği görülmektedir ( $.00 < .05$ ).

Düzeyler arası artışın anlamlı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan Tekrarlı Anova istatistiğine ilişkin sonuçlar ise şu şekildedir:

**Çizelge 4.22:** Uzamsal Görselleştirme için Çok Değişkenli Testler

Etki		Değer	F	df Hipotezi	df hata	Sig.
Uzamsal Görselleştirme	Pillai's Trace	,811	105,765	3,000	74,000	,000
	Wilks' Lambda	,189	105,765	3,000	74,000	,000
	Hotelling's Trace	4,288	105,765	3,000	74,000	,000
	Roy's Largest Root	4,288	105,765	3,000	74,000	,000

Çizelge 4.22’de yer alan analiz sonuçları incelendiğinde tüm testlerin .05 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Son olarak, düzeyler arası farklılığın hangi düzeyler arasındaki farktan kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla Bonferonni metodu uygulanmıştır. Tekrarlı Anova analizinde genel olarak bu metodun uygulandığı görülmektedir. Bu metod, oldukça eski olmasına rağmen 1. Tip hata oranlarının kontrol edilmesini sağladığı için daha sağlam bir metod olarak görülmektedir [40].

**Çizelge 4.23:** Uzamsal Görselleştirme (UG) düzeyleri farkının Bonferonni Metodu ile karşılaştırılması

(I) UG	(J) UG	Ortalama Farkı (I-J)	Std. Hata	Sig.	Farklar için % 95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
1	2	-1,532*	,172	,000	-1,998	-1,066
	3	-3,909*	,237	,000	-4,551	-3,267
	4	-5,494*	,317	,000	-6,353	-4,634
2	1	1,532*	,172	,000	1,066	1,998
	3	-2,377*	,202	,000	-2,923	-1,830
	4	-3,961*	,266	,000	-4,682	-3,240
3	1	3,909*	,237	,000	3,267	4,551
	2	2,377*	,202	,000	1,830	2,923
	4	-1,584*	,199	,000	-2,122	-1,047
4	1	5,494*	,317	,000	4,634	6,353
	2	3,961*	,266	,000	3,240	4,682
	3	1,584*	,199	,000	1,047	2,122

Elde edilen analiz sonuçları doğrultusunda, uzamsal görselleştirmenin düzeyleri arasındaki farklılığın her bir düzey arasında anlamlı olduğu görülmektedir. Üstelik bu farklılık, her bir gruplandırma için sonraki düzey lehinedir.

#### 4.5.1.2. Zihinde Döndürme Testine Yönelik Tekrarlı Anova Analizine İlişkin Bulgular

Zihinde Döndürme Testi’nin dört uygulamasına yönelik betimsel istatistikler ise şu şekildedir:



(D1: İlk uygulamadan elde edilen veriler; D2: Serbest Etkinlik sonrası veriler, D3: Kontrollü etkinlik sonrası veriler, D4: Bağlamsal Etkinlik sonrası veriler)

**Çizelge 4.24:** Zihinde Döndürme Testi'nin dört uygulamasına ait betimsel istatistikler

	Ortalama	Std. Sapma	N
D1	11,25	3,753	77
D2	13,77	3,724	77
D3	16,08	3,557	77
D4	18,35	3,790	77

Yukarıdaki çizelge incelendiğinde, zihinde döndürmenin dört düzeyinin sayısal değer olarak farklı olduğu görülmektedir. Bu farkın anlamlı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla yapılan analizlere ait değerler şu şekildedir:

**Çizelge 4.25:** Zihinde Döndürme: Küresellik İçin Mauchly Testi

Denekler arası Etki	Mauchly's W	Yaklaşık Ki-Kare	df	Sig.	Epsilon		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Alt sınır
Zihinde Döndürme	,563	42,936	5	,000	,716	,738	,333

**Çizelge 4.26:** Zihinde Döndürme İçin Çok Değişkenli Testler

Etki		Değer	F	df Hipotezi	df Hatası	Sig.
Zihinde Döndürme	Pillai's Trace	,891	202,410 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000
	Wilks' Lambda	,109	202,410 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000
	Hotelling's Trace	8,206	202,410 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000
	Roy's Largest Root	8,206	202,410 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000

Çizelge 4.25 ve 4.26 dan elde edilen analiz sonuçlarına göre, zihinde döndürme yeteneğinin düzeyleri arasındaki varyanslar, anlamlı farklılık göstermektedir. Ayrıca, düzeyler arası artış her bir ikili karşılaştırmada anlamlıdır.

Zihinde döndürme yeteneğinin düzeylerinin ikili karşılaştırmalarına dayanan Bonferonni metodu uygulama sonuçları ise aşağıda verilmiştir:

**Çizelge 4.27:** Zihinde Döndürme (ZD) düzeyleri farkının Bonferonni Metodu ile karşılaştırılması

(I) ZD	(J) ZD	Ortalama Farkı (I-J)	Std. Error	Sig. <sup>a</sup>	Farkın % 95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
1	2	-2,519 <sup>*</sup>	,164	,000	-2,964	-2,075
	3	-4,831 <sup>*</sup>	,229	,000	-5,451	-4,211
	4	-7,104 <sup>*</sup>	,290	,000	-7,890	-6,317
2	1	2,519 <sup>*</sup>	,164	,000	2,075	2,964
	3	-2,312 <sup>*</sup>	,180	,000	-2,800	-1,823
	4	-4,584 <sup>*</sup>	,233	,000	-5,217	-3,952
3	1	4,831 <sup>*</sup>	,229	,000	4,848	5,451
	2	2,312 <sup>*</sup>	,180	,000	2,102	2,800
	4	-2,273 <sup>*</sup>	,201	,000	-3,072	-1,727
4	1	7,104 <sup>*</sup>	,290	,000	7,134	7,890
	2	4,584 <sup>*</sup>	,233	,000	4,405	5,217
	3	2,273 <sup>*</sup>	,201	,000	1,941	2,818

Bonferonni testinin sonuçlarına göre, zihinde döndürme yeteneği tüm düzeyler arasında anlamlı farklılık göstermektedir. Üstelik bu farklılık tüm ikili karşılaştırmalarda ileri düzey lehine görülmektedir.

#### 4.5.1.3. Zihinde Kesme Testine Yönelik Tekrarlı Anova Analizine İlişkin Bulgular

Zihinde Kesme testinin her bir etkinlik sonrası uygulamasına yönelik betimsel istatistikler ise şu şekildedir:

(K1: İlk uygulamadan elde edilen veriler; K2: Serbest Etkinlik sonrası veriler, K3: Kontrollü etkinlik sonrası veriler, K4: Bağlamsal Etkinlik sonrası veriler)

**Çizelge 4.28:** Zihinde Kesme Testi'nin dört uygulamasına ait betimsel istatistikler

	Ortalama	Std. Sapma	N
K1	8,70	2,787	77
K2	11,91	3,253	77
K3	13,40	3,172	77
K4	16,01	3,246	77

Yukarıdaki Çizelgede görünen, ortalamalar arası artışın anlamlılığına ilişkin yapılan Tekrarlı Anova analizi sonuçları şu şekildedir:

**Çizelge 4.29:** Zihinde Kesme: Küresellik için Mauchly Testi

Denekler Arası Etki	Mauchly's W	Yaklaşık Ki-Kare	df	Sig.	Epsilon <sup>a</sup>		
					Greenhouse-Geisser	Huynh-Feldt	Alt Sınır
Zihinde Kesme	,626	34,961	5	,000	,783	,810	,333

Mauchly testine göre, zihinde kesme testinden elde edilen verilerin, düzeyler arası varyanslarının anlamlı farklılık gösterdiği görülmektedir ( $.00 < .05$ ).

**Çizelge 4.30:** Zihinde Kesme için Çok Değişkenli Testler

Etki	Değer	F	df Hipotezi	df Hatası	Sig.	
Zihinde Kesme	Pillai's Trace	,888	195,903 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000
	Wilks' Lambda	,112	195,903 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000
	Hotelling's Trace	7,942	195,903 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000
	Roy's Largest Root	7,942	195,903 <sup>a</sup>	3,000	74,000	,000

Çizelge 4.30' da çok değişkenli testlerin her birinde düzeyler arası anlamlı fark olduğu görülmektedir. Bu farkın hangi ikili karşılaştırmadan kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla Çizelge 4.31' de yer alan Bonferonni Testi incelendiğinde, tüm ikili karşılaştırmalarda bu farkın ortaya çıktığı belirlenmiştir.

**Çizelge 4.31:** Zihinde Kesme (ZK) düzeyleri farkının Bonferonni Metodu ile karşılaştırılması

(I) ZK	(J) ZK	Ortalama Farkı (I-J)	Std. Hata	Sig. <sup>a</sup>	Farkın %95 Güven Aralığı	
					Alt Sınır	Üst Sınır
1	2	-3,208 <sup>*</sup>	,305	,000	-4,033	-2,383
	3	-4,701 <sup>*</sup>	,327	,000	-5,586	-3,817
	4	-7,312 <sup>*</sup>	,318	,000	-8,172	-6,451
2	1	3,208 <sup>*</sup>	,305	,000	2,383	4,033
	3	-1,494 <sup>*</sup>	,178	,000	-1,976	-1,012
	4	-4,104 <sup>*</sup>	,241	,000	-4,756	-3,452
3	1	4,701 <sup>*</sup>	,327	,000	3,817	5,586
	2	1,494 <sup>*</sup>	,178	,000	1,012	1,976
	4	-2,610 <sup>*</sup>	,244	,000	-3,271	-1,949
4	1	7,312 <sup>*</sup>	,318	,000	6,451	8,172
	2	4,104 <sup>*</sup>	,241	,000	3,452	4,756
	3	2,610 <sup>*</sup>	,244	,000	1,949	3,271

Veri toplama araçlarından elde edilen verilerin analizi ile hazırlanan etkinliklerin, öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin gelişmesine anlamlı katkısı olduğu görülmektedir.

#### 4.5.2. Örtük Büyüme Modeli Analizine Yönelik Bulgular

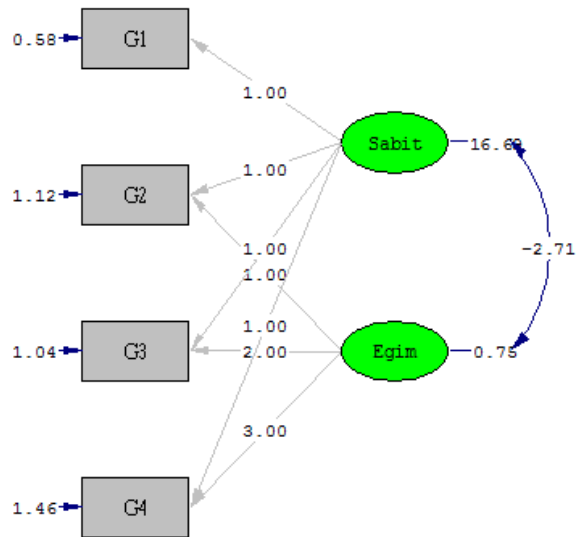
Verilere uygulanan Örtük Büyüme Modeli ile ortaya çıkan bu farkın her bir etkinlik ile mi yoksa etkinliklerin ortak etkisiyle mi meydana geldiği incelenmiştir. Bu inceleme esnasında üç tür örtük büyüme modelinden yararlanılmıştır. Bunlardan ilki uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme yeteneklerinin her birindeki büyümenin anlamlılığını sınavan koşulsuz örtük büyüme modeli; diğer model bu üç yeteneğin birlikte yordadığı uzamsal yetenekteki büyümenin anlamlılığını sınavan ilişkisel örtük büyüme modelidir. Diğer yandan, cinsiyetin uzamsal yeteneğin ve alt faktörlerinin gelişmesindeki rolünün belirlenmesi amacıyla elde edilen verilere koşullu örtük büyüme modeli uygulanmıştır.

#### 4.5.2.1. Koşulsuz Örtük Büyüme Modeli Uygulamasına Yönelik Bulgular

##### 4.5.2.1.1. Uzamsal Görselleştirme Yeteneği İçin Koşulsuz Örtük Büyüme Modeli

Uzamsal görselleştirme yeteneğinin hazırlanan etkinlikler ile gelişim gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla uygulanan örtük büyüme modeli için elde edilen ölçümler: Sürecin başında= G1, İlk etkinlik sonrası= G2, İkinci etkinlik sonrası= G3 ve Üçüncü etkinlik sonrası= G4 şeklindedir. Elde edilen dört ölçüm için şu şekilde bir model kurulmuştur:  $G1 = 1 \cdot \text{Sabit} + 0 \cdot \text{Egim}$ ;  $G2 = 1 \cdot \text{Sabit} + 1 \cdot \text{Egim}$ ;  $G3 = 1 \cdot \text{Sabit} + 2 \cdot \text{Egim}$ ;  $G4 = 1 \cdot \text{Sabit} + 3 \cdot \text{Egim}$ . Kurulan bu modelde gelişimin doğrusal olduğu kabul edilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen, uzamsal görselleştirme yeteneğinde koşulsuz örtük büyüme modelinin kestirimi şu şekildedir:



Şekil 4.5. Uzamsal görselleştirme için koşulsuz ÖBM nin kestirimi

Uzamsal görselleştirme yeteneğine ilişkin koşulsuz örtük büyüme modeline ait parametre kestirim değerleri şu şekildedir:

**Çizelge 4.32:** Uzamsal Görselleştirme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli parametre kestirim değerleri

	Kestirim	t Değeri
Önsel Yetenek (Sabit) Ortalaması	14.83	31.20
Önsel Yetenek (Sabit) Varyansı	16.69	5.96
Yetenekteki Büyüme (Eğim) Ortalaması	2.18	19.67
Yetenekteki Büyüme (Eğim) Varyansı	0.75	4.49
Kovaryans (Önsel yetenek, yetenekteki Büyüme)	-2.71	-4.63

Yukarıdaki parametre kestirim değerlerine göre, sabit faktör ortalaması 14.83 değerine sahiptir ve 0 değerinden anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin uzamsal görselleştirme yeteneğindeki önsel yetenek düzeyi olarak, öğrencilerin öğrenmeye konu olan özelliğe sahip olma ortalamasını göstermektedir. Öğrencilerin uzamsal görselleştirme sabit faktör varyans değeri 16.69 ( $p < .05$ ) olarak bulunmuştur.

Öğrencilerin, uzamsal görselleştirme yeteneklerindeki eğitim faktörü ortalama değeri 2.18 ve anlamlıdır ( $p < .05$ ). Bu değer, birim zamanda öğrencilerin uzamsal yeteneklerindeki artış miktarının ortalama 2.18 olduğu anlamına gelmektedir. Yukarıdaki çizelgede yer alan eğitim faktörü varyans değeri ise 0.75 ( $p < .05$ ) olarak elde edilmiştir.

Parametre kestirim değerlerinde yer alan Kovaryans değerinin -2.71 ( $p < .05$ ) olması; önsel yetenek düzeyleri düşük olan öğrencilerin yüksek oranda gelişim, önsel yetenek düzeyleri yüksek olan öğrencilerin düşük oranda gelişim gösterdiklerinin bir kanıtıdır.

Uzamsal görselleştirmedeki koşulsuz örtük büyüme modeline ilişkin uyum indeksleri ise şu şekildedir:

**Çizelge 4.33:** Uzamsal Görselleştirme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli uyum indeksleri

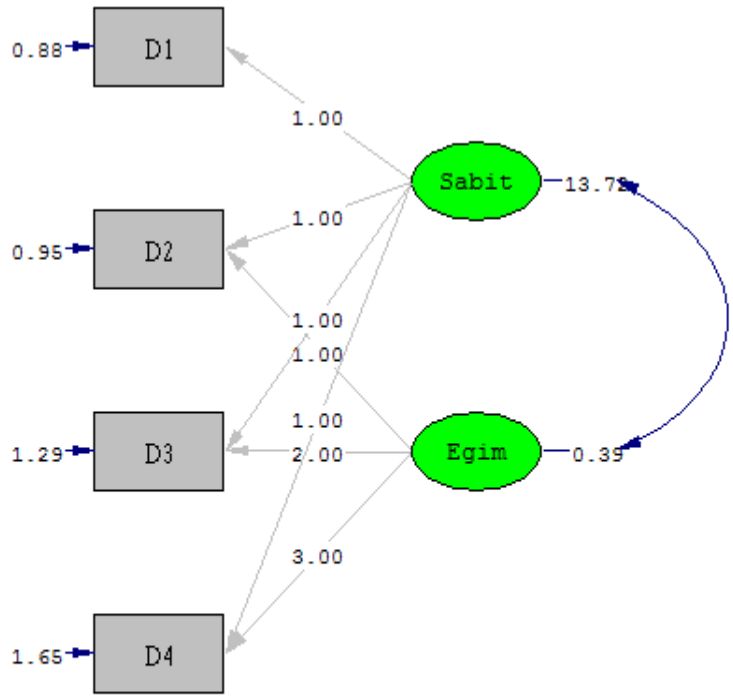
	Uyum İyiliği İstatistikleri
Comparative Fit Index (CFI)	0.98
Goodness of Fit Index	0.96
Adjusted Goodness of Fit Index	0.91
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.98
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.11

Çizelgede yer alan indeksler incelendiğinde, modelin mükemmel uyum gösterdiği görülmektedir. Yalnızca RMSEA değerinin  $.11 > .08$  olması bir sorun olarak görülse de örtük büyüme modellerinde RMSEA indisinin veri- model uyumunu sağlam olarak kestirmede yetersiz kaldığı (Coffman& Millsap, 2005; akt. [5]) bulgusuna dayanarak bu durum göz ardı edilmiştir.

#### **4.5.2.1.2. Zihinde Döndürme Yeteneği İçin Koşulsuz Örtük Büyüme Modeli**

Zihinde döndürme yeteneğinin hazırlanan etkinlikler ile gelişim gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla uygulanan örtük büyüme modeli için elde edilen ölçümler: Sürecin başında= D1, İlk etkinlik sonrası= D2, İkinci etkinlik sonrası= D3 ve Üçüncü etkinlik sonrası= D4 şeklindedir. Elde edilen dört ölçüm için şu şekilde bir model kurulmuştur:  $D1 = 1 * \text{Sabit } 0 * \text{Egim}$ ;  $D2 = 1 * \text{Sabit } 1 * \text{Egim}$ ;  $D3 = 1 * \text{Sabit } 2 * \text{Egim}$ ;  $D4 = 1 * \text{Sabit } 3 * \text{Egim}$ . Kurulan bu modelde gelişimin doğrusal olduğu kabul edilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen, zihinde döndürme yeteneğinde koşulsuz örtük büyüme modelinin kestirimi şu şekildedir:



Chi-Square=6.45, df=5, P-value=0.26452, RMSEA=0.062

Şekil 4.6. Zihinde Döndürme için koşulsuz ÖBM nin kestirimi

Zihinde döndürme yeteneğine ilişkin koşulsuz örtük büyüme modeline ait parametre kestirim değerleri şu şekildedir:

**Çizelge 4.34:** Zihinde Döndürme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli parametre kestirim değerleri

	Kestirim	t Değeri
Önsel Yetenek (Sabit) Ortalaması	11.49	26.42
Önsel Yetenek (Sabit) Varyansı	13.72	5.86
Yetenekteki Büyüme (Eğim) Ortalaması	2.51	27.46
Yetenekteki Büyüme (Eğim) Varyansı	0.39	3.25
Kovaryans (Önsel yetenek, yetenekteki Büyüme)	-0.69	-1.82



Yukarıdaki parametre kestirim değerlerine göre, sabit faktör ortalaması 11.49 değerine sahiptir ve 0 değerinden anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin zihinde döndürme yeteneğindeki önsel yetenek düzeyi olarak, öğrencilerin öğrenmeye konu olan özelliğe sahip olma ortalamasını göstermektedir. Öğrencilerin zihinde döndürme sabit faktör varyans değeri 13.72 ( $p < .05$ ) olarak bulunmuştur. Bu değer, sürecin başlangıcında öğrencilerin ölçmeye konu olan özelliğe sahip olma düzeylerinin homojen olmadığını, zihinde döndürme yeteneğine ilişkin bireysel farklılıklar bulunduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin, zihinde döndürme yeteneklerindeki eğitim faktörü ortalama değeri 2.51 ve anlamlıdır ( $p < .05$ ). Bu değer, birim zamanda öğrencilerin zihinde döndürme yeteneklerindeki artış miktarının ortalama 2.51 düzeyinde olduğu anlamına gelmektedir. Yukarıdaki çizelgede yer alan eğitim faktörü varyans değerinin 0.39 ( $p < .05$ ) olması ise öğrencilerin zihinde döndürme düzeylerinin homojen olmadığı yetenek düzeyleri gelişimleri açısından öğrenciler arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Parametre kestirim değerlerinde yer alan Kovaryans değerinin -0.69 ( $p > .05$ ) olması; öğrencilerin zihinde döndürme yeteneklerindeki gelişimin, önsel yeteneklerinden bağımsız olarak gerçekleştiğini göstermektedir.

Zihinde döndürmedeki koşulsuz örtük büyüme modeline ilişkin uyum indeksleri ise şu şekildedir:

**Çizelge 4.35:** Zihinde Döndürme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli uyum indeksleri

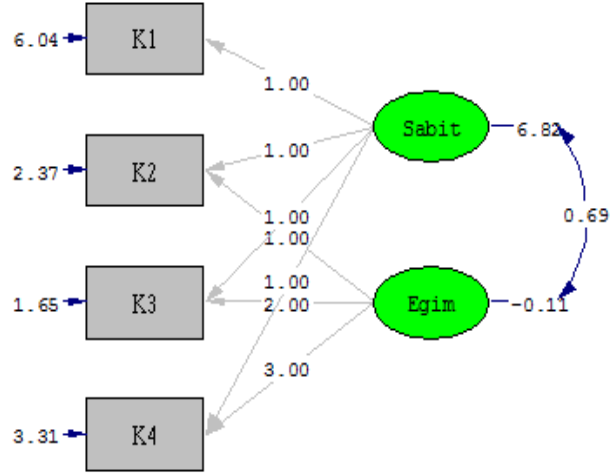
	Uyum İyiliği İstatistikleri
Comparative Fit Index (CFI)	0.99
Goodness of Fit Index	0.99
Adjusted Goodness of Fit Index	0.97
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.99
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.062

Çizelgede yer alan indeksler incelendiğinde, modelin mükemmel uyum gösterdiği görülmektedir.

#### 4.5.2.1.3. Zihinde Kesme Yeteneği İçin Koşulsuz Örtük Büyüme Modeli

Zihinde kesme yeteneğinin hazırlanan etkinlikler ile gelişim gösterip göstermediğinin belirlenmesi amacıyla uygulanan örtük büyüme modeli için elde edilen ölçümler: Sürecin başında= K1, İlk etkinlik sonrası= K2, İkinci etkinlik sonrası= K3 ve Üçüncü etkinlik sonrası= K4 şeklindedir. Elde edilen dört ölçüm için şu şekilde bir model kurulmuştur:  $K1 = 1 \cdot \text{Sabit} + 0 \cdot \text{Eğim}$ ;  $K2 = 1 \cdot \text{Sabit} + 1 \cdot \text{Eğim}$ ;  $K3 = 1 \cdot \text{Sabit} + 2 \cdot \text{Eğim}$ ;  $K4 = 1 \cdot \text{Sabit} + 3 \cdot \text{Eğim}$ . Kurulan bu modelde gelişimin doğrusal olduğu kabul edilmiştir.

Analiz sonucunda elde edilen, zihinde kesme yeteneğinde koşulsuz örtük büyüme modelinin kestirimi şu şekildedir:



Şekil 4.7. Zihinde kesme için koşulsuz ÖBM nin kestirimi

Zihinde kesme yeteneğine ilişkin koşulsuz örtük büyüme modeline ait parametre kestirim değerleri şu şekildedir:

**Çizelge 4.36:** Zihinde Kesme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli parametre kestirim değerleri

	Kestirim	t Değeri
Önsel Yetenek (Sabit) Ortalaması	9.74	27.12
Önsel Yetenek (Sabit) Varyansı	6.82	4.13
Yetenekteki Büyüme (Eğim) Ortalaması	2.28	24.01
Yetenekteki Büyüme (Eğim) Varyansı	-0.11	-0.69
Kovaryans (Önsel yetenek, yetenekteki Büyüme)	0.69	1.84

Yukarıdaki parametre kestirim değerlerine göre, sabit faktör ortalaması 9.74 değerine sahiptir ve 0 değerinden anlamlı bir farklılık göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin zihinde kesme yeteneğindeki önsel yetenek düzeyi olarak, öğrencilerin öğrenmeye konu olan özelliğe sahip olma ortalamasını göstermektedir. Öğrencilerin zihinde kesme sabit faktör varyans değeri 6.82 ( $p < .05$ ) olarak bulunmuştur. Bu değer, sürecin başlangıcında öğrencilerin ölçmeye konu olan özelliğe sahip olma düzeylerinin homojen olmadığını, zihinde kesme yeteneğine ilişkin bireysel farklılıklar bulunduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin, zihinde kesme yeteneklerindeki eğitim faktörü ortalama değeri 2.28 ve anlamlıdır ( $p < .05$ ). Bu değer, birim zamanda öğrencilerin zihinde kesme yeteneklerindeki artış miktarının ortalama 2.28 olduğu anlamına gelmektedir. Yukarıdaki çizelgede yer alan eğitim faktörü varyans değerinin -0.11 ( $p > .05$ ) olması ise öğrencilerin zihinde kesme düzeylerinin homojen olduğunu ve yetenek gelişimleri açısından öğrenciler arasında farklılıklar olmadığını göstermektedir.

Parametre kestirim değerlerinde yer alan Kovaryans değerinin 0.69 ( $p > .05$ ) olması; öğrencilerin zihinde kesme yeteneklerindeki gelişimin, önsel yeteneklerinden bağımsız olarak gerçekleştiğini göstermektedir.

Zihinde kesmedeki koşulsuz örtük büyüme modeline ilişkin uyum indeksleri ise şu şekildedir:

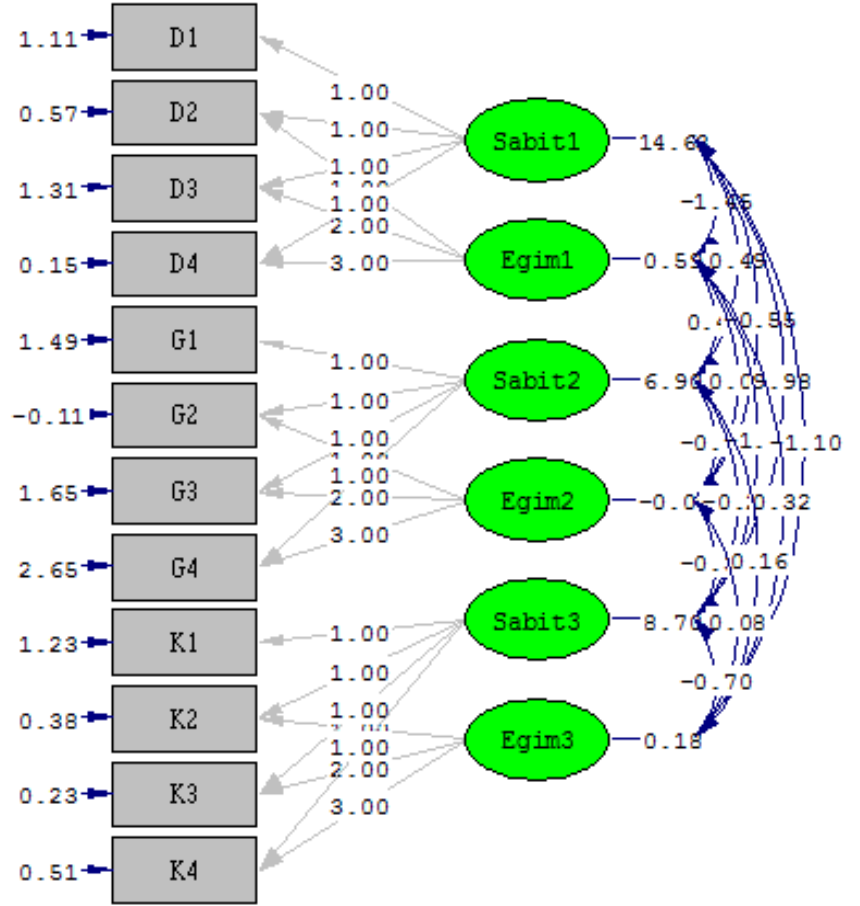
**Çizelge 4.37:** Zihinde Kesme Testi koşulsuz örtük büyüme modeli uyum indeksleri

	Uyum İyiliği İstatistikleri
Comparative Fit Index (CFI)	0.89
Goodness of Fit Index (GFI)	0.91
Adjusted Goodness of Fit Index (AGFI)	0.82
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.87
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.23

Çizelgede yer alan indeksler incelendiğinde, modelin zayıf uyum gösterdiği görülmektedir.

#### **4.5.2.3. Uzamsal Yetenek İçin İlişkisel Örtük Büyüme Modeline Yönelik Bulgular**

Uzamsal yeteneğin her bir boyutunun tek tek incelenmesinin ardından, yapılan etkinliklerin öğrencilerin uzamsal yeteneklerinde anlamlı bir artışa sebep olup olmadığının belirlenmesi amacıyla uzamsal yeteneğin alt boyutlarına birlikte ilişkisel ÖBM uygulanmıştır.



Chi-Square=59.81, df=48, P-value=0.11796, RMSEA=0.057

Şekil 4.8. Uzamsal Yetenek için İlişkisel ÖBM nin kestirimi

Yukarıdaki şekilde verilen İlişkisel ÖBM' deki örtük faktörler; zihinde döndürme yeteneğindeki önsel yetenek düzeyi (Sabit1) ve bu yetenek düzeyi ortalamasındaki artış (Egim1); uzamsal görselleştirme yeteneğindeki önsel yetenek düzeyi (Sabit2) ve bu yetenek düzeyi ortalamasındaki artış (Egim2) ve son olarak zihinde kesme yeteneğindeki önsel yetenek düzeyi (Sabit3) ve bu yetenek düzeyi ortalamasındaki artış (Egim3) ile gösterilmektedir.

Uzamsal yetenekteki ilişkisel örtük büyüme modeline ilişkin uyum indeksleri ise şu şekildedir:

**Çizelge 4.38:** Uzamsal Yetenekteki İlişkisel ÖBM' ye İlişkin Uyum İndeksleri

	Uyum İyiliği İstatistikleri
Comparative Fit Index (CFI)	0.99
Goodness of Fit Index (GFI)	0.90
Non-Normed Fit Index (NNFI)	0.99
Root Mean Square Error of Approximation (RMSEA)	0.057

Çizelgede yer alan indeksler incelendiğinde, modelin iyi uyum gösterdiği görülmektedir.

İlişkisel örtük büyüme modelinde yer alan örtük faktörler arasındaki kovaryans değerleri Çizelge 4.39' da verilmiştir:

**Çizelge 4.39:** Örtük Faktörler arasındaki Kovaryans değerleri

	<i>Zihinde Döndürme</i>		<i>Uzamsal Görselleştirme</i>		<i>Zihinde Kesme</i>	
	Sabit	Eğim	Sabit	Eğim	Sabit	Eğim
<b><i>Zihinde Döndürme</i></b>						
Sabit						
Eğim	-2,82*					
<b><i>Uzamsal Görselleştirme</i></b>						
Sabit	0,57	1,89				
Eğim	-1,52	-0,22	-1,82			
<b><i>Zihinde Kesme</i></b>						
Sabit	5,61*	-3,01*	-0,10	-1,32		
Eğim	-3,68*	4,96*	0,70*	1,35*	-2,88*	

#### 4.6. Veri Toplama Araçlarındaki Soru Türlerine Yönelik Bulgular

Bu kısımda, tez çalışması kapsamında veri toplama aracı olarak kullanılan üç testte yer alan farklı özellikteki maddelerin, doğru cevaplanma oranının hangi etkinlik ile daha çok artış gösterdiğini belirlemek amacıyla yapılan analizlere yer verilmektedir.

##### 4.6.1. Uzamsal Görselleştirme Testinde Yer Alan Soru Türlerine Yönelik Bulgular

Uzamsal görselleştirme testi daha önce belirtildiği üzere altı bölüm halinde hazırlanmıştır. Bu bölümlerdeki soruların 2 grup altında toplanması mümkündür. Buna göre birinci gruptaki sorular öğrencilerin şekilleri 2- boyuttan 3- boyuta aktarabilmesi yeteneğine, ikinci gruptaki sorular ise 3- boyuttan 2- boyuta aktarabilme yeteneğine ilişkin sorulardır. Yapılan etkinliklerin hangi gruba ilişkin yetenekte artış sağladığını görmek amacıyla uzamsal görselleştirme testinin uygulanmasıyla elde edilen verilere Tek Örneklem t- testi uygulanmıştır. Buna göre elde edilen analiz sonuçları şu şekildedir:

**Çizelge 4.40:** Uzamsal Görselleştirme Testi gruplarının Tek Örneklem t-Testi

Test Değeri= 0							
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
Grup1_1	10.01	29.353	76	.000	10.012	9.33	10.69
Grup2_1	4.83	22.294	76	.000	4.831	4.39	5.26
Grup1_2	11.27	38.593	76	.000	11.272	10.69	11.85
Grup2_2	5.76	26.371	76	.000	5.766	5.33	6.20
Grup1_3	12.46	43.753	76	.000	12.467	11.90	13.03
Grup2_3	6.58	40.238	76	.000	6.584	6.25	6.91
Grup1_4	14.09	54.839	76	.000	14.090	13.57	14.60
Grup2_4	7.40	39.216	76	.000	7.402	7.02	7.77

Yukarıdaki çizelgede Grup1\_1 ve Grup2\_1, uzamsal görselleştirme testinin başlangıç aşamasında uygulanması sonucunda elde edilen birinci ve ikinci gruba ait soruları; Grup1\_2 ve Grup2\_2, her iki grubun serbest etkinlik sonrasındaki

değerlerini; Grup1\_3 ve Grup2\_3 kontrollü etkinlik sonrasındaki değerlerini; son olarak Grup1\_4 ve Grup2\_4 bağlamsal etkinlik sonrasındaki değerlerini göstermektedir. Çizelge 4.40 incelendiğinde, birinci ve ikinci grubun ortalamaları arasında tüm düzeylerde anlamlı bir fark bulunduğu görülmektedir. Üstelik bu fark her bir düzeyde birinci grup lehinedir.

Her bir etkinliğin, birinci ve ikinci grup ortalamalarına ne düzeyde etkisinin bulunduğu belirlenmesi amacıyla, Grup 1 ve Grup 2' nin dört düzeyine tekrar Tek Örneklem t-Testi uygulanmıştır. Bu analizden elde edilen bulgular şu şekildedir:

**Çizelge 4.41:** Uzamsal Görselleştirme Testi birinci grup düzeyleri Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
Grup1_1	10.01	29.353	76	.000	10.012	9.33	10.69
Grup1_2	11.27	38.593	76	.000	11.272	10.69	11.85
Grup1_3	12.46	43.753	76	.000	12.467	11.90	13.03
Grup1_4	14.09	54.839	76	.000	14.090	13.57	14.60

Çizelge 4.41'de görüldüğü üzere, görsellerin görüntülerinin 2-boyuttan 3- boyuta aktarılabilmesi yeteneği her bir etkinlik düzeyinde anlamlı farklılık göstermektedir. Ortalamalar arası fark incelendiğinde en yüksek fark Grup1\_3 ile Grup1\_4; en düşük fark ise Grup1\_2 ile Grup1\_3 arasında görülmektedir.



**Çizelge 4.42:** Uzamsal Görselleştirme Testi ikinci grup düzeyleri Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
Grup2_1	4.83	22.294	76	.000	4.831	4.39	5.26
Grup2_2	5.76	26.371	76	.000	5.766	5.33	6.20
Grup2_3	6.58	40.238	76	.000	6.584	6.25	6.91
Grup2_4	7.40	39.216	76	.000	7.402	7.02	7.77

Çizelge 4.42' de ise, görsellerin görüntülerinin 3-boyuttan 2- boyuta aktarılabilmesi yeteneğinin yine her bir etkinlik düzeyinde anlamlı farklılık gösterdiği görülmektedir. Ortalamalar arası farklılık incelendiğinde ikinci düzey ile üçüncü düzey arasındaki farkın üçüncü düzey ile dördüncü düzey arasındaki farka eşit olduğu, birinci düzey ile ikinci düzey arasındaki farkın ise en yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

#### **4.6.2. Zihinde Döndürme Testinde Yer Alan Soru Türlerine Yönelik Bulgular**

Zihinde döndürme testindeki sorular serbest döndürme, kontrollü döndürme ve bağlamsal döndürme soruları olmak üzere üç kategoriden oluşmaktadır. Yapılan etkinliklerin hangi tür sorulara ilişkin ortalamalarda artış sağladığını belirlemek amacıyla zihinde döndürme testinin uygulanmasıyla elde edilen verilere Tek Örneklem t- testi uygulanmıştır. Buna göre elde edilen analiz sonuçları şu şekildedir:

**Çizelge 4.43:** Zihinde Döndürme Testi gruplarının Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
serbest1	4.71	19.396	76	.000	4.71	4.23	5.19
kontrollu1	3.05	17.813	76	.000	3.05	2.71	3.39
baglamsal1	4.42	17.180	76	.000	4.42	3.91	4.94
serbest2	5.67	22.544	76	.000	5.67	5.17	6.17
kontrollu2	4.59	28.666	76	.000	4.59	4.27	4.91
baglamsal2	4.81	20.005	76	.000	4.81	4.33	5.29
serbest3	6.63	31.495	76	.000	6.63	6.21	7.05
kontrollu3	5.51	42.822	76	.000	5.51	5.26	5.77
baglamsal3	5.48	24.568	76	.000	5.48	5.03	5.92
serbest4	7.76	28.657	76	.000	7.76	7.22	8.30
kontrollu4	6.18	46.051	76	.000	6.18	5.91	6.44
baglamsal4	6.19	27.266	76	.000	6.19	5.74	6.64

Yukarıdaki çizelgede serbest1, kontrollu1 ve baglamsal1 değişkenleri zihinde döndürme testinin başlangıç aşamasında uygulanması sonucunda elde edilen her üç gruba ait soruları göstermektedir. Diğer değişkenler, serbest2-3-4, kontrollu2-3-4 ve baglamsal2-3-4 ise her bir etkinlik sonrasında uygulanan testten elde edilen verileri göstermektedir.

Çizelge 4.43 incelendiğinde, üç grubun ortalamaları arasında tüm düzeylerde anlamlı bir fark bulunduğu görülmektedir. Ayrıca bu fark her bir düzeyde serbest döndürme lehinedir. Serbest döndürmeyi ikinci ve dördüncü düzey baglamsal döndürme izlerken üçüncü düzeyde bu iki değişken arasındaki sıralama değişmiştir.

Gruplararası karşılaştırmanın ardından her bir etkinliğin, bu üç grubun ortalamalarına ne düzeyde etkisinin bulunduğu belirlenmesi amacıyla, her bir grubun düzeylerine Tek Örneklem t-Testi uygulanmıştır. Bu analizden elde edilen bulgular şu şekildedir:

**Çizelge 4.44:** Serbest Döndürme sorularına yönelik Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
serbest1	4.71	19.396	76	.000	4.71	4.23	5.19
serbest2	5.67	22.544	76	.000	5.67	5.17	6.17
serbest3	6.63	31.495	76	.000	6.63	6.21	7.05
serbest4	7.76	28.657	76	.000	7.76	7.22	8.30

Çizelge 4.44'de görüldüğü üzere, serbest döndürme sorularındaki öğrenci ortalamaları her bir etkinlik düzeyinde anlamlı farklılık göstermektedir. Ortalamalar arası fark incelendiğinde en yüksek fark serbest3 ile serbest4 ortalamaları arasında görülmekte iken serbest1 ve serbest2 ile serbest2 ve serbest3 arasındaki ortalama artışlarının aynı olduğu gözlemlenmiştir.

**Çizelge 4.45:** Kontrollü Döndürme sorularına yönelik Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
kontrollu1	3.05	17.813	76	.000	3.051	2.71	3.39
kontrollu2	4.59	28.666	76	.000	4.597	4.27	4.91
kontrollu3	5.51	42.822	76	.000	5.519	5.26	5.77
kontrollu4	6.18	46.051	76	.000	6.181	6.18	6.44

Çizelge 4.45'de, kontrollü döndürme sorularına ait ortalamalarda her bir etkinlik düzeyinde anlamlı farklılıklar görülmektedir. Ortalamalar arası farklılık incelendiğinde, kontrollu1 ile kontrollu2 ortalamaları arasındaki farkın en yüksek, kontrollu3 ile kontrollu4 arasındaki farkın ise en düşük değerde olduğu görülmektedir.

Son olarak bağlamsal döndürme sorularının uygulama başlangıcına ve her bir etkinlik sonrasında ait ortalamalarına uygulanan Tek Örneklem t-Testine ait bulgular şu şekildedir:

**Çizelge 4.46:** Bağlamsal Döndürme sorularına yönelik Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2-yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
baglamsal1	4.42	17.180	76	.000	4.428	3.91	4.94
baglamsal2	4.81	20.005	76	.000	4.818	4.33	5.29
baglamsal3	5.48	24.568	76	.000	5.480	5.03	5.92
baglamsal4	6.19	27.266	76	.000	6.194	5.74	6.64

Çizelge 4.46'da, kontrollü döndürme sorularına ait ortalamalarda her bir etkinlik düzeyinde anlamlı farklılıklar görülmektedir. Ortalamalar arası farklılıklar düzeyler arasında çok büyük değişim göstermemekle birlikte baglamsal3 ile baglamsal4 ortalamaları arasındaki farkın diğer iki ortalamaya nazaran daha fazla olduğu görülmektedir.

#### 4.6.3. Zihinde Kesme Testinde Yer Alan Soru Türlerine Yönelik Bulgular

Zihinde kesme testindeki sorular "örüntü problemleri" ve "nicelik problemleri" olmak üzere iki kategoriden oluşmaktadır. Yapılan etkinliklerin hangi tür sorulara ilişkin ortalamalarda artış sağladığını belirlemek amacıyla zihinde kesme testinin uygulanmasıyla elde edilen verilere Tek Örneklem t- testi uygulanmıştır.

Çizelge 4.47'de verilen değişkenlerin açıklamaları şu şekildedir:

**Çizelge 4.47:** Zihinde Kesme Testi gruplarının Tek Örneklem t-Testi

		Test Değeri= 0					
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
Oruntu1	6.68	26.438	76	.000	6.688	6.18	7.19
Nicelik1	2.63	16.817	76	.000	2.636	2.32	2.94
Oruntu2	9.42	30.510	76	.000	9.428	8.81	10.04
Nicelik2	3.02	20.001	76	.000	3.025	2.72	3.32
Oruntu3	10.68	34.785	76	.000	10.688	10.07	11.30
Nicelik3	3.35	21.395	76	.000	3.350	3.03	3.66
Oruntu4	12.64	42.372	76	.000	12.649	12.05	13.24
Nicelik4	4.09	26.799	76	.000	4.090	3.78	4.39

Çizelge 4.47' de yer alan değerler incelendiğinde, tüm düzeylerde örüntü problemleri ve nicelik problemleri ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık görülmektedir. Üstelik bu fark, her bir düzeyde örüntü problemleri lehinedir.

Örüntü ve nicelik problemlerinin yapılan etkinlikler ile ne düzeyde geliştiğinin belirlenmesi amacıyla bu problemlerin her bir düzey sonrası elde edilen ortalamalarına uygulanan Tek Örneklem t-Testi analizine yönelik bulgular şu şekildedir: Oruntu1-Nicelik1: Zihinde kesme testinin ilk uygulaması ile elde edilen veriler; Oruntu2-Nicelik 2: Serbest etkinlik sonrasında zihinde kesme testinin uygulanması ile elde edilen veriler; Oruntu3-Nicelik3: Kontrollü etkinlik sonrasında zihinde kesme testinin uygulanması ile elde edilen veriler; Oruntu4-Nicelik4: Bağlamsal etkinlik sonrasında zihinde kesme testinin uygulanması ile elde edilen veriler.

**Çizelge 4.48:** Örüntü Problemlerine yönelik Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
Oruntu1	6.68	26.438	76	.000	6.688	6.18	7.19
Oruntu2	9.42	30.510	76	.000	9.428	8.81	10.04
Oruntu3	10.68	34.78	76	.000	10.688	10.07	11.30
Oruntu4	12.64	42.37	76	.000	12.649	12.05	13.24

Çizelge 4.48’de görüldüğü üzere, örüntü problemlerindeki öğrenci ortalamaları her bir etkinlik düzeyinde anlamlı farklılık göstermektedir. Ortalamalar arası fark incelendiğinde en yüksek artış serbest etkinlik sonrasında, oruntu1 ile oruntu2 ortalamaları arasında görülmektedir. En düşük artış ise kontrollü etkinlik uygulaması sonrasında oruntu2 ve oruntu3 değişkenleri arasında gözlenmiştir.

**Çizelge 4.49:** Nicelik Problemlerine yönelik Tek Örneklem t-Testi

	Test Değeri= 0						
						Farkın % 95 Güven Aralığı	
	Ortalama	t	df	Sig (2- yönlü)	Ortalama Farkı	En Düşük	En Yüksek
Nicelik1	2.63	16.817	76	.000	2.636	2.32	2.94
Nicelik2	3.02	20.001	76	.000	3.025	2.72	3.32
Nicelik3	3.35	21.395	76	.000	3.350	3.03	3.66
Nicelik4	4.09	26.799	76	.000	4.090	3.78	4.39

Çizelge 4.49’ a göre, nicelik problemlerinin ortalamaları örüntü problemlerinde olduğu gibi tüm düzeylerde anlamlı bir farklılık göstermektedir. Düzeylerarası ortalama artışlarında en yüksek artışın, Nicelik3 ve Nicelik4 ortalamaları arasındaki farkın diğer ortalamalardan yüksek olması nedeniyle bağlamsal döndürme etkinliği ile sağlandığı görülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Uzamsal yeteneğin matematiksel düşünmede, başta geometri olmak üzere matematiğin her alanında çok önemli bir rol oynadığı yadsınamaz bir gerçektir. Problem çözme veya kanıtlama gibi matematik derslerinin temel amaçlarından olan konuları anlama ve öğrenmedeki başarıya katkısı göz önüne alındığında, uzamsal yeteneğin geliştirilmesine yönelik çalışmalar matematik eğitiminin önemli bir parçası olarak değerlendirilebilir.

Bu düşünceden yola çıkılarak belirlenen bu tez çalışmasının bir amacı, uzamsal yeteneğin bileşenlerinin farklı bir gruplandırma ile ele alınması ve bu bileşenlerin alanyazında yer alan testlerden farklı testlerle ölçülmesi; bir diğer amacı ise uzamsal yeteneğin farklı etkinlikler ile geliştirilip geliştirilemeyeceğinin ortaya konması ve eğer bir gelişim söz konusu ise bunun en çok hangi tür etkinlikle sağlandığının belirlenebilmesidir.

Bu bölümde, çalışmanın amacı doğrultusunda yapılan uygulamaların gerek test geliştirme gerekse bu testlerin uygulanması aşamalarında elde edilen bulgulara ilişkin sonuçlar verilecek ve bu sonuçlar alanyazında yer alan araştırmalarla karşılaştırılarak tartışılacaktır.

Alanyazında uzamsal yeteneğin bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan birçok araştırma bu tez çalışması kapsamında incelenerek yapılan farklı gruplandırmalar hakkında bilgi edinilmiştir. Bu araştırmaların incelenmesinde dikkati çeken en önemli nokta, tanımlar ve ölçme araçları konusunda oldukça farklı görüşlerle karşılaşılması olmuştur. Bu durum, tez çalışmasının ortaya çıkış aşamasında, tanımlar üzerinde birlik sağlanması ve ölçme araçlarında hedeflenen temel davranışların belirlenmesi ihtiyacını doğurmuştur.

Bu ihtiyaç doğrultusunda alanyazında, uzamsal yetenek ve bileşenleri üzerine yapılan tanımlardan esas alınacak olan tanımlar belirlenmiş ve kavramsal çerçevede bir adım atılmıştır. Buna göre ilk olarak bu tez çalışması kapsamında uzamsal yeteneğin bileşenleri “uzamsal görselleştirme”, “zihinde döndürme” ve “zihinde kesme” yetenekleri olarak ele alınmıştır. Belirlenen uzamsal yetenek bileşenlerinin ölçülmesi amacıyla geliştirilecek testler için hedeflenen temel davranışlar belirlenerek mevcut testlerdeki sorular incelenmiş ve zihinde döndürme ile uzamsal görselleştirme testlerinin pilot hali için sorular hazırlanmıştır.

Uzamsal görselleştirme testinde hedeflenen temel davranışlar; iki boyutlu geometrik şekillerin eksenler etrafında döndürülmesiyle meydana gelen üç boyutlu geometrik şekilleri belirleyebilmesi; üç boyutlu geometrik şekillerin, hangi iki boyutlu geometrik şeklin, herhangi bir eksen etrafında döndürülmesiyle meydana geldiğini belirleyebilmesi; açık hali verilen 3-boyutlu bir cismin kapalı halini tanıyabilmesi ve son olarak kapalı hali verilen üç boyutlu bir cismin açık halini tanıyabilmesi olarak belirlenmiştir. Test maddelerinin hazırlanmasının ardından pilot uygulama yapılmak üzere toplam 236 öğrenciye ulaşılmıştır.

Uzamsal görselleştirme testinin pilot uygulamasından elde edilen bulgular doğrultusunda ortalama madde gücünün 0.49; ortalama madde ayırt ediciliğinin ise 0.57 olduğu görülmüştür. Buna göre, hazırlanan testin orta güçte ve maddelerin ayırt ediciliğinin orta düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca, testten elde edilen verilerin basıklık ve çarpıklık değerlerinin sıfıra yakın olması, testten elde edilen verilerin normal dağılıma yakın bir dağılım gösterdikleri sonucunu vermektedir. Ayrıca pilot uygulamadan elde edilen verilerin güvenilirlik analizleri doğrultusunda test uygulamasından elde edilen ölçümlerin .85 düzeyinde güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna göre, uzamsal görselleştirme testinde pilot uygulama aşamasında yüksek düzeyde güvenilirliğe rastlandığını söylemek mümkündür.

Tez çalışması kapsamında uzamsal yeteneğin bir diğer bileşeni olarak ele alınan zihinde döndürme yeteneğine ait testin hazırlanma aşamasına, testin ölçmeyi hedeflediği davranışlar belirlenerek başlanmıştır. Hazırlanan testin pilot uygulaması iki devlet üniversitesinin fen fakültesi matematik bölümü ve eğitim fakültesi matematik öğretmenliği bölümü öğrencilerinden oluşan toplam 307 kişi ile gerçekleştirilmiştir. Zihinde döndürme testinin pilot uygulama verilerine uygulanan madde analizinden elde edilen bulgular doğrultusunda her bir maddenin madde güçlük değerinin 0.31 ile 0.68 arasında; madde ayırtıcılık indeks değerlerinin ise 0.30 ile 0.56 arasında değişim gösterdiği görülmüştür. Elde edilen bir diğer bulgu, ortalama madde gücünün 0.67; ortalama madde ayırt ediciliğinin ise 0.47 düzeyinde olmasıdır. Bu bulgular doğrultusunda, hazırlanan testin orta güçte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen basıklık (-0.549) ve çarpıklık (-0.320) değerleri ise verilerin normale oldukça yakın dağılım gösterdiğini belirtmektedir.



Tüm bu değerler göz önünde bulundurulduğunda, uygulama grubunda yer alan öğrencilerin bu yetenek düzeyinde homojenlik göstermeleri göze çarpmaktadır.

Zihinde döndürme testinin pilot uygulamasından elde edilen verilere uygulanan güvenilirlik analizi sonucunda Cronbach  $\alpha$  içtutarlılık katsayısı .79 olarak elde edilmiştir. Buna göre, ölçümlerin oldukça güvenilir düzeyde olduğu görülmektedir.

Son olarak, uzamsal yeteneğin bu çalışmada üzerinde durulacak bir başka bileşeni olan zihinde kesme testine ait pilot uygulama 232 öğrenciyle gerçekleştirilmiştir. Bu testin pilot uygulamasından elde edilen verilerin madde analizi sonucunda maddelerin en düşük ayırıcılık gücü 0.26, en yüksek ayırıcılık gücü ise 0.71 olarak belirlenmiştir. Madde güçlüğü değeri en düşük olan madde 0.20, en yüksek olan madde 0.57 katsayısına sahiptir. Diğer maddeler 0.29 ile 0.56 arasında değişim göstermektedir. Buna göre bu testin de diğer testler gibi orta güçlükte olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen pozitif ancak oldukça küçük basıklık (0.500) ve çarpıklık (0.362) değerleri ise verilerin normale oldukça yakın dağılım gösterdiğini belirtmektedir. Zihinde kesme testinin pilot uygulamasından elde edilen ölçümlerin güvenilirlik düzeyi ise .69 olarak bulunmuştur. Buna göre, bu teste ait ölçümlerin orta düzeyde güvenilir olduğu görülmektedir.

Veri toplama araçları olarak kullanılacak olan testlerin madde analizleri ve güvenilirlik işlemlerinin yapılmasının ardından, testlerin geçerliği için kanıt sağlanması işlemi gerçekleştirilmiştir. Geliştirilen testlerin yapı geçerliğine kanıt sağlamak amacıyla araştırmacı tarafından geliştirilen Zihinde Döndürme ve Uzamsal Görselleştirme testleri ile alanyazında aynı yapıyı ölçen ölçme araçları bulunarak bu testler arasındaki korelasyona ve araştırmalarda belirtilen özelliklerin geliştirilen testlerde de sağlanıp sağlanmadığının kontrolü yapılmıştır.

Alanyazında yer alan, Winter ve arkadaşları [128] tarafından geliştirilen Uzamsal Görselleştirme testi ile bu tez çalışması kapsamında geliştirilen Uzamsal Görselleştirme testlerinin aynı gruba uygulanması sonucunda, ölçümler arasında .66 düzeyinde pozitif ve anlamlı bir korelasyon gözlemlenmiştir. Buna göre bu ilişkinin orta düzeyde olduğu söylenebilir. Ayrıca, alanyazında birçok çalışmada, uzamsal görselleştirmenin cinsiyete göre (erkekler lehine) anlamlı bir fark gösterdiği görülmektedir [125; 3; 10; 6]. Geliştirilen uzamsal görselleştirme testinin

cinsiyete göre anlamlı bir fark gösterip göstermediği, eğer bir fark var ise hangi grup lehine olduğunun belirlenmesi amacıyla yapılan bağımsız gruplarda t-testi analizine göre uygulama grubunda bulunan öğrencilerin uzamsal görselleştirme yetenek düzeyleri cinsiyete göre erkek öğrenciler lehine anlamlı bir fark göstermektedir.

Bir diğer geliştirilen test olan zihinde döndürme testinin yapı geçerliğine kanıt sağlamak amacıyla alanyazında yer alan Vandenberg ve Kuse [125] tarafından geliştirilen testin Peters ve arkadaşları [95] tarafından yeniden düzenlenmesiyle elde edilen “A Redrawn Vandenberg and Kuse Mental Rotations Test: Different Versions and Factors That Affect Performance” testi kullanılmıştır. Bu test ile geliştirilen zihinde döndürme testinin aynı öğrenci grubuna uygulanması sonucunda elde edilen ölçümler arasında .81 düzeyinde yüksek ve pozitif bir ilişki elde edilmiştir. Uzamsal görselleştirme yeteneğinde olduğu gibi, zihinde döndürme yeteneğinde de alanyazındaki genel kanı bu yeteneğin cinsiyete göre anlamlı bir fark gösterdiği ve bu farklılığın erkek öğrenciler lehine olduğu yönündedir [70; 47; 127]. Geliştirilen zihinde döndürme testinden elde edilen verilere uygulanan bağımsız gruplarda t-testi analiz sonuçlarına göre, bu yetenek cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermiş ve bu farklılığın erkek öğrenciler lehine olduğu görülmüştür.

Yukarıda yapılan geçerlik çalışmaları neticesinde, geliştirilen uzamsal görselleştirme ve zihinde döndürme testlerinin yapı geçerliğine kanıt sağlandığı görülmektedir.

Tez çalışması kapsamında geliştirilen ve kullanılmak üzere ele alınan üç testin geçerliği için yapılan son işlem doğrulayıcı faktör analizi uygulamasıdır. Doğrulayıcı faktör analizi, yapı geçerliğini sınamak amacıyla kullanılmaktadır [41]. Bu anlamda doğrulayıcı faktör analizinin yapı geçerliğini sınağına dair en güçlü iddia Stapleton [113] tarafından ortaya konulmuştur. Stapleton, doğrulayıcı faktör analizinin, yapı geçerliğine ilişkin deneysel kanıtların ortaya konmasında çok daha güçlü bir yöntem olduğunu iddia etmektedir.

Doğrulayıcı faktör analizi ile sağlanmak istenilen koşul geliştirilen testlerin tek boyutlu olduğunun gösterilmesidir. Madde-Tepki Kuramı (Item-Response Theory)'na göre; herhangi bir yetenek ölçümünden elde edilen verilere bu kuramın

uygulanmasında ve kuramın iddiaları çerçevesinde madde ve yetenek kestirmelerinin elde edilebilmesi için, ölçülen psikolojik özelliğin tek boyutlu olması (unidimensionality) gerekmektedir (Lord&Novick, 1968; akt.[32]).

Uzamsal görselleştirme testinden elde edilen verilere uygulanacak olan doğrulayıcı faktör analizi öncesinde, analizde kullanılacak maksimum olasılık faktör analizi tekniği gereği her bir testin normallik sayılığını karşılayıp karşılamadığı incelenmiştir. Normallik sayılığının incelenmesi amacıyla yapılan Tek Örneklem Kolmogorov-Smirnov analiz sonuçları incelendiğinde her üç test için elde edilen p değerinin >0.05 olması nedeniyle, bu testlerden elde edilen verilerin normallik sayılığını sağladıkları belirlenmiştir.

Uzamsal görselleştirme testi için uygulanan doğrulayıcı faktör analizinde elde edilen bulgular doğrultusunda testten iki maddenin çıkarılmasına karar verilmiştir. Son durumda, uyum indeksleri incelendiğinde;  $X^2/sd= 1.23$ , CFI= 0.97, NNFI= 0.96, RMR=0.014 ve RMSEA= 0.032 indeksleri bu model için mükemmel uyuma; GFI= 0.90 değeri ise iyi uyuma işaret etmektedir. Bu göstergeler doğrultusunda, uzamsal görselleştirme testinin yapı geçerliğine kanıt sağlanmış ve testte yer alan maddelerin tek boyutta toplandığı sonucuna ulaşılmıştır.

Araştırmacı tarafından geliştirilen bir diğer test olan zihinde döndürme testine uygulanan birinci düzey doğrulayıcı faktör analizinde elde edilen bulgular doğrultusunda, uyum iyiliği istatistikleri incelenmiş ve bu istatistiklere göre testten üç maddenin çıkarılmasına ve testte yer alan 4 maddenin ikişerli grup olarak birbirine bağlanmasına karar verilmiştir. Maddelerin aynı boyutta olması, bu bağlama işleminin yapılmasında sakınca görülmemesini sağlamıştır. Testin nihai haline tekrar uygulanan doğrulayıcı faktör analizinde elde edilen bulgulara göre uyum iyiliği indeks değerleri şu şekilde elde edilmiştir:  $X^2/sd= 1.42$ , GFI= 0.92, CFI= 0.93, NNFI= 0.92, RMR= 0.012 ve RMSEA= 0.037. Buna göre, uyum indeksleri incelendiğinde; GFI, CFI ve NNFI indeksleri iyi uyuma; RMR ve RMSEA indeksleri ise mükemmel uyuma işaret etmektedir. Buradan elde edilen sonuçlar doğrultusunda, zihinde döndürme testinin yapı geçerliğine kanıt sağlanmıştır.

Son olarak, alanyazında yer alan Zihinde Kesme testinin, tez çalışması kapsamında yapı geçerliğinin sağlanabilmesi amacı ile uygulanan doğrulayıcı faktör analizinden elde edilen bulgular doğrultusunda uyum iyiliği indeks

değerlerinin bir kısmının iyi uyum (GFI= 0.90, CFI=0.91 ve NNFI= 0.90), diğer kısmının ise mükemmel uyum ( $X^2/sd= 1.17$ , RMR=0.014 ve RMSEA= 0.028) gösterdiği görülmüştür. Bu son işlem ile zihinde kesme testinin yapı geçerliği için kanıt sağlanmıştır.

Testlerin her biri için gerçekleştirilen geçerlik çalışmalarının ardından, bu çalışma kapsamında uzamsal yeteneğin bileşenleri olarak kabul edilen üç yeteneğin gerçekten aynı boyut altında toplanıp toplanmadığının, bir diğer deyişle bu üç yeteneğin aynı yapıyı ölçtüğünün belirlenmesi amacıyla elde edilen verilere ikinci düzey doğrulayıcı faktör analizi uygulanmıştır. İkinci düzey doğrulayıcı faktör analizinden elde edilen bulgular doğrultusunda, elde edilen uyum iyiliği istatistiklerine göre ( $X^2/sd= 1.13$ , CFI=0.92, GFI=0.84, NNFI=0.90, RMSEA= 0.024) bu modelin iyi uyum gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Burada uyum iyiliği indekslerinden GFI' nin 0.84 değerinde olması örneklem sayısına bağlı bir sorun olarak görüldüğünden, diğer indekslerin iyi uyum göstermeleri göz önünde bulundurularak bu değer kabul edilmiştir. Alanyazında yer alan çalışmalarda, nispeten daha küçük örneklerde GFI indeksi için 0.80 den büyük olma koşulunun geçerli olabileceği belirtilmektedir [69; 53].

Bu analizden elde edilen bir diğer sonuç ise, zihinde döndürme yeteneğinin uzamsal yeteneği % 90 oranında, zihinde kesme yeteneğinin uzamsal yeteneği % 83 oranında ve uzamsal görselleştirme yeteneğinin uzamsal yeteneği % 50 oranında açıklamasıdır. Elde edilen bu sonuç, uzamsal yeteneğin geliştirilmesinin amaçlandığı bu çalışmada, uygulanacak etkinliklerin zihinde döndürme yeteneğini temel almasına neden olmuştur. Uzamsal yeteneği diğer bileşenlerine nazaran daha yüksek oranda açıklayan zihinde döndürme yeteneği üzerine geliştirilen etkinlikler sayesinde, hem bu yeteneğin hem diğer bileşenlerin hem de uzamsal yeteneğin ne derece etkilendiğinin belirlenmesi mümkün olmuştur.

Sorby, S., Hungwe, K. ve Drummer, T. [110] uzamsal yeteneğin bileşenleri olarak ele aldıkları uzamsal algı, görselleştirme, uzay ilişkileri ve uzamsal yönelim yetenekleri içerisinde zihinde döndürme yeteneğinin diğer boyutları kapsadığını ve zihinde döndürme yeteneğini geliştirmeye yönelik yapılan etkinliklerin uzamsal yeteneğin diğer birçok bileşenini geliştireceğini iddia etmişlerdir.

Testlerin geliştirme işlemlerinin tamamlanması ve uzamsal yeteneğin bileşenlerinin belirlenmesinin ardından öğrencilerin mevcut düzeylerinin belirlenmesi amacıyla her üç testin uygulaması yapılmıştır. Buna göre, öğrencilerin uzamsal görselleştirme testi ortalamaları 13.77 (27 soru üzerinden), zihinde döndürme testi ortalamaları 11.25 (29 soru üzerinden) ve zihinde kesme testi ortalamaları 8.70 (24 soru üzerinden) olarak belirlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, öğrencilerin uzamsal görselleştirme yetenek düzeylerinin zihinde döndürme ve zihinde kesme yetenek düzeylerinden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Uzamsal yetenek testlerinin ilk uygulamasının ardından, bu yeteneği geliştirme amacıyla geliştirilen 3 farklı etkinlik uygulamaya konulmuştur. Serbest etkinlik, kontrollü etkinlik ve bağlamsal etkinlik olarak adlandırılan bu etkinliklerden herbiri; İzleme, Uygulama ve Test- Değerlendirme olmak üzere üç aşamadan oluşmaktadır. Etkinliklerde kullanılan üç boyutlu ortamın yenilik etkisini en aza indirmek amacıyla, bu aşamada herhangi bir zaman sınırlamasına ve yönerge uygulamasına gidilmemiştir.

Serbest etkinlik uygulaması, öğrencilerin bilgisayar kullanım alışkanlığı, ipucu kullanım oranı ve doğru ve cevap verme gibi değişkenlere bağlı olarak 40 ile 75 dakika arasında değişim göstermiştir. Öğrencilerin değerlendirme aşamasının son sorularına yaklaştıkça dikkatlerinin dağıldığının gözlemlenmesi sonraki iki etkinlikte bu kategoride yer alan soru sayısının azaltılmasına neden olmuştur. Kontrollü etkinlik aşamasının uygulaması 30 ile 72 dakika, bağlamsal etkinlik aşamasının uygulaması ise 15 ile 29 dakika arasında değişim göstermiştir.

Her bir etkinlik sonrasında uygulanan uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme testlerinden elde edilen verilere Tekrarlı Anova Analizi uygulanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, öğrencilerin uzamsal görselleştirme testine verdikleri cevapların ortalaması uygulama sürecinin başlangıcında (G1): 13.77, serbest etkinlik sonrası (G2): 15.31, kontrollü etkinlik sonrası (G3): 17.69 ve bağlamsal etkinlik sonrası (G4): 19.27 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular doğrultusunda, uzamsal görselleştirme testinin ilk uygulamasından (G1), dördüncü uygulamasına (G4) kadar tüm etkinliklerin sonunda bir artış gözlemlenmektedir. Bu artışın anlamlı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla tekrarlı Anova analizinden elde edilen diğer bulgular dikkate alınmıştır. Analizden elde edilen bulgular doğrultusunda Küresellik için Mauchly Testinin anlamlı sonuç verdiği

görülmektedir ( $p < .05$ ). Bu durum, tekrarlı ölçümlerin birbirleriyle ilişkisiz ve varyansları arasındaki farklılığın anlamlı olduğuna dolayısıyla küresellik koşulunun sağlanmadığına işaretir [40]. Küreselliğin sağlanmadığı durumlarda, çok değişkenli istatistiksel yöntemleri kullanma gereği ortaya çıkmaktadır.

Çok değişkenli test istatistiklerinden elde edilen bulgular doğrultusunda Pillai's Trace, Wilks' Lambda, Hotelling's Trace ve Roy's Largest Root testlerinde düzeyler arası farklılığın .05 düzeyinde anlamlı olduğunu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca göre, uygulanan etkinliklerin öğrencilerin uzamsal görselleştirme yetenek düzeylerinin anlamlı bir artış sağladığı görülmektedir. Düzeyler arası farklılığa hangi etkinlikler arası artışın neden olduğunu belirlemek amacıyla uygulanan Bonferonni testinden elde edilen bulgularda ise tüm etkinlikler arasında anlamlı fark ortaya çıktığı görülmektedir.

Zihinde döndürme testinden elde edilen verilere Tekrarlı Anova analizi uygulanması sonucunda elde edilen bulgulara göre, öğrencilerin zihinde döndürme yetenek düzeylerinin ortalamaları uygulama sürecinin başlangıcında (D1): 11.25, serbest etkinlik sonrası (D2): 13.77, kontrollü etkinlik sonrası (D3): 16.08 ve bağlamsal etkinlik sonrası (D4): 18.35 olarak gözlemlenmiştir. Analizden elde edilen bulgular doğrultusunda Küresellik için Mauchly Testinin anlamlı sonuç verdiği görülmektedir ( $p < .05$ ). Bu sonuç dikkate alınarak yapılan çok değişkenli test istatistik analizlerinden elde edilen bulgular doğrultusunda her bir testte düzeyler arası farklılığın anlamlı olduğu sonucu gözlemlenmiştir. Bu durum, yapılan etkinliklerin zihinde döndürme yetenek düzeyinde anlamlı bir artışa neden olduğu sonucunu ortaya koymaktadır. Son olarak düzeyler arası farkın ikili karşılaştırmalarının yapıldığı Bonferonni testinden elde edilen bulgular ise tüm düzeyler arası anlamlı bir fark bulunduğunu göstermektedir.

Son olarak, zihinde kesme testinin dört uygulamasıyla elde edilen verilere uygulanan tekrarlı Anova analizinden elde edilen bulgular incelendiğinde, her bir uygulamanın ortalamaları elde edilmiştir. Bu ortalamalar; Uygulama sürecinin başlangıcında (K1): 8.70, serbest etkinlik sonrası (K2): 11.91, kontrollü etkinlik sonrası (K3): 13.40 ve bağlamsal etkinlik sonrası (K4): 16.01 şeklindedir. Diğer testlerde olduğu gibi bu test için de Küresellik için Mauchly Testinin ( $< .05$ ) anlamlı sonuç verdiği dolayısıyla küreselliğin sağlanmadığı görülmektedir. Bulgular arasında yer alan zihinde kesme testi için çok değişkenli test istatistik analizleri

incelendiğinde her bir testin anlamlı farklılık gösterdiği, yani zihinde kesme yeteneğinin etkinlikler neticesinde anlamlı bir artış gösterdiği sonucu elde edilmiştir. Bu farkın hangi etkinlik ya da etkinliklerden kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla incelenen Bonferonni testi sonucuna göre, fark tüm etkinlikler arasında gözlemlenmektedir. Bu durum, yapılan etkinliklerin öğrencilerin zihinde kesme yetenek düzeylerinin gelişmesini sağladığı sonucunu doğrulamaktadır.

Yapılan etkinliklerin, uzamsal yeteneğin her bir bileşeninde uzamsal yetenek düzeyinde meydana getirdiği artışın Tekrarlı Anova analizi ile belirlenmesinin ardından, bu artışın her bir etkinliğe bağlı olarak ya da etkinliklerin tümünün etkileşiminden mi kaynaklandığının belirlenmesi amacıyla elde edilen verilere Örtük Büyüme Modeli uygulanmıştır. Aşkar, P. ve Yurdugül, H. [5]' ün çalışmalarında üzerinde durdukları, tekrarlı ölçüm deseninin olumsuz yönleri göz önünde bulundurularak Örtük Büyüme Modelinin çalışmanın amacına tam olarak hizmet edeceği düşünülmüştür.

Uzamsal görselleştirme yeteneğinin hazırlanan her bir etkinlik ile gelişim gösterip göstermediğinin doğrulanması amacıyla verilere koşulsuz örtük büyüme modeli uygulanmıştır. Koşulsuz örtük büyüme modelinden elde edilen bulgular doğrultusunda, elde edilen sabit faktör ortalaması, anlamlı bir farklılık göstermesi, öğrencilerin uzamsal görselleştirme yeteneğindeki önsel yetenek düzeyi olarak, öğrencilerin öğrenmeye konu olan özelliğe sahip olma ortalamasını göstermektedir. Ayrıca, öğrencilerin uzamsal görselleştirme sabit faktör varyans değeri 16.69 ( $p < .05$ ) olarak bulunmuştur. Bu değer, sürecin başlangıcında öğrencilerin ölçmeye konu olan özelliğe sahip olma düzeylerinin homojen olmadığını, uzamsal görselleştirme yeteneğine ilişkin bireysel farklılıklar bulunduğunu göstermektedir.

Öğrencilerin, uzamsal görselleştirme yeteneklerindeki eğitim faktörü ortalama değeri 2.18 ve anlamlıdır ( $p < .05$ ). Bu değer, birim zamanda öğrencilerin uzamsal yeteneklerindeki artış miktarının ortalama 2.18 olduğu anlamına gelmektedir. Elde edilen eğitim faktörü varyans değeri, öğrencilerin uzamsal yetenek düzeylerinin homojen olmadığı yetenek gelişimleri açısından öğrenciler arasında farklılıklar olduğunu göstermektedir. Parametre kestirim değerlerinde yer alan Kovaryans değeri ise önsel yetenek düzeyleri düşük olan öğrencilerin yüksek oranda gelişim,

önsel yetenek düzeyleri yüksek olan öğrencilerin düşük oranda gelişim gösterdikleri sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Bu analiz sonucunda, elde edilen uyum iyiliği istatistikleri incelendiğinde modelin mükemmel uyum gösterdiği sonucu elde edilmiştir. Buna göre, hazırlanan her bir etkinliğin uzamsal yetenek düzeyinde anlamlı bir artış sağladığı görülmektedir.

Hazırlanan etkinliklerin, öğrencilerin zihinde döndürme yetenek düzeylerinde ayrı ayrı etki gösterdiğinin doğrulanması amacıyla verilere uygulanan koşulsuz örtük büyüme modelinden elde edilen bulgulara göre, öğrenciler uygulama sürecinin başlangıç aşamasında farklı yetenek düzeylerine sahiplerdir. Bulgulardan elde edilen bir diğer sonuç, öğrencilerin zihinde döndürme yetenek düzeylerinde artışın farklı oranlarda olduğu yönündedir. Kovaryans değerinin anlamlı çıkması yetenek düzeylerinde meydana gelen bu gelişimin önsel yetenek düzeylerinden bağımsız gerçekleştiği sonucunu göstermektedir.

Uygulanan modelden elde edilen uyum iyiliği istatistikleri incelendiğinde, modelin mükemmel uyum gösterdiği görülmektedir. Bu sonuç doğrultusunda, her bir etkinlik uygulamasının zihinde döndürme yetenek düzeyine olumlu katkı sağladığı sonucuna ulaşılmıştır.

Zihinde kesme testinden elde edilen verilere uygulanan örtük büyüme modeli analizinden elde edilen bulguların, diğer iki testte ortaya çıkan sonuçlardan farklı anlamlar taşıdığı göze çarpmaktadır. Bulgular incelendiğinde, öğrencilerin zihinde kesme yeteneğindeki büyüme (eğim) varyansına ve önsel yetenekteki büyüme kovaryansına ait t değerlerinin anlamlı çıkmadığı görülmektedir. Buna göre, öğrencilerin zihinde kesme yetenek düzeylerinde meydana gelen değişim anlamlı değildir. Buna bağlı olarak, etkinlikler sonucu ortaya çıkan gelişim de öğrencilerin bireysel özelliklerine bağlı olarak farklı düzeylerde gerçekleşmemiştir. Bu sonuçlara ek olarak, elde edilen kovaryans değeri yetenek düzeylerindeki bu gelişimin önsel yetenek düzeylerinden bağımsız gerçekleşmediğini göstermektedir. Tekrarlı Anova analizi ile etkinlikler arasında yetenek düzeylerinde artış gözlenmişken bu durumun örtük büyüme modeli ile doğrulanamaması, her bir etkinliğin ayrı ayrı değil tüm etkinliklerin birlikte bu yeteneği geliştirdiği sonucunu ortaya çıkarmaktadır.



Öğrencilerin uzamsal yeteneğin alt bileşenlerindeki yetenek düzeylerinin etkinlikler ile artış gösterdiğinin belirlenmesi, araştırmacı tarafından bu gelişimin uzamsal yetenek düzeyinde de meydana geldiğinin öngörülmesine neden olmuştur. Bu öngörüü doğrulamak amacıyla, testlerden elde edilen verilere ilişkisel örtük büyüme modeli uygulanmıştır.

İlişkisel örtük büyüme modelinde elde edilen uyum iyiliği indeksleri incelendiğinde, modelin iyi uyum gösterdiği sonucu elde edilmektedir. İlişkisel örtük büyüme modelindeki örtük faktörler arasındaki kovaryans değerleri incelendiğinde; öğrencilerin zihinde kesme yetenek düzeylerindeki gelişimin, süreç başındaki zihinde döndürme ve uzamsal görselleştirme yetenek düzeyleri ile doğrudan bağlantılı olduğu görülmektedir ( $kov(Sabit1, Egim3)=-3.36$ ,  $p<0,05$  ve  $kov(Sabit2, Egim3)=0.70$ ,  $p<0,05$ ). Diğer yandan, zihinde döndürme yetenek düzeylerindeki gelişim, önsel zihinde kesme yetenek düzeyi ile bağlantılıdır ( $kov(Sabit3, Egim1)=-3.01$ ,  $p<0,05$ ). Ancak, önsel zihinde döndürme yetenek düzeylerinin, uzamsal görselleştirme yetenek düzeylerine bir etkisinin olmadığı görülmektedir ( $kov(Sabit1, Egim2)= -1.52$ ,  $p>0,05$ ). Örtük faktörlerin kovaryans değerlerinin incelenmesiyle ortaya çıkan bir diğer sonuç, zihinde döndürme ile zihinde kesme ve uzamsal görselleştirme ile zihinde kesme yeteneklerinin gelişim oranlarının birbirleri ile bağıntılı olmalarıdır ( $kov(Egim1, Egim3)= 4.96$ ;  $kov(Egim2, Egim3)= 1.35$ ,  $p<0.05$ ). Zihinde döndürme ile uzamsal görselleştirme yetenek düzeylerindeki artış ise birbirinden bağımsız gerçekleşmektedir ( $kov(Egim1, Egim2)= -0.22$ ,  $p>0.05$ ).

Çalışma kapsamında veri toplama aracı olarak kullanılan uzamsal görselleştirme, zihinde döndürme ve zihinde kesme testleri yapı bakımından tek boyutlu olmakla birlikte farklı soru türlerinden oluşan testlerdir.

Uzamsal görselleştirme testinde yer alan sorular, bu kavramın çalışma kapsamında ele alınan tanımından yola çıkılarak iki boyutlu ve üç boyutlu görsellerin birbirleri ile ilişkilendirilmesini ölçecek şekilde hazırlanmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen bulgular, öğrencilerin iki boyutlu görsellerin üç boyutlu durumlarını düşünebilme yeteneklerinin, üç boyutlu görsellerin iki boyutlu durumlarını düşünebilme yeteneklerinden daha gelişmiş durumda olduğu sonucunu ortaya koymuştur. Yapılan etkinlikler ise bu sonucu değiştirmemiştir. İki boyutlu görsellerin üç boyutlu durumlarını belirleyebilme yeteneği her bir etkinlik ile

gelişim göstermektedir. Ancak bu gelişimin en fazla bağlamsal etkinlik ile sağlanması dikkat çekici bir sonuçtur.

Uzamsal görselleştirme testinde yer alan bir diğer soru grubu da öğrencilerin üç boyutlu görsellerin iki boyutlu durumlarını belirleyebilme yeteneklerine yönelik hazırlanmıştır. Bu yeteneğin yapılan etkinlikler ile gelişim gösterdiği, üstelik bu gelişimin en fazla serbest etkinlik ile sağlandığı bu çalışmanın bir diğer sonucudur.

Zihinde döndürme testinde yer alan sorular ise serbest döndürme, kontrollü döndürme ve bağlamsal döndürme soruları olmak üzere üç grup halinde hazırlanmışlardır. Yapılan istatistiksel analizlerden elde edilen bulgular doğrultusunda, öğrencilerin serbest döndürme sorularındaki ortalamalarının tüm düzeylerde diğer iki grupta yer alan soruların ortalamalarından yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Elde edilen bir diğer sonuç, öğrencilerin kontrollü döndürme sorularındaki ortalamalarının ilk iki düzeyde bağlamsal döndürme sorularından düşük olmasına rağmen, kontrollü etkinlik sonrasında bu sıralamanın değişmesidir. Dördüncü düzeyde ise bağlamsal etkinlik sonrasında, bağlamsal döndürme sorularındaki ortalama yeniden kontrollü döndürme soruları ortalamalarının önüne geçmiştir. Bu sonuçlara göre, yapılan etkinliklerin ait olduğu soru türündeki yetenek düzeyini artırdığını söylemek mümkündür.

Zihinde döndürme testine ait soru türlerinin her birinin dört düzeydeki incelemeleri yapıldığında, üç grubun ortalamalarının yapılan etkinlikler ile artış gösterdiği görülmektedir. Serbest döndürme sorularında en yüksek artış bağlamsal etkinlik ile sağlanırken serbest ve kontrollü etkinliklerin aynı düzeyde etki gösterdiği sonucuna ulaşılmıştır. Kontrollü döndürme sorularında ise serbest etkinliğin bu soru türünde en yüksek, bağlamsal etkinliğin ise en düşük artışı sağladığı görülmektedir. Son olarak bağlamsal döndürme sorularının farklı düzeylerdeki ortalamalarının incelenmesi sonucunda, diğer etkinliklerden çok farklı olmamakla birlikte bağlamsal etkinliğin bu sorulara ait ortalamalarda daha çok artışı sağladığı belirlenmiştir. Serbest döndürme ve kontrollü döndürme sorularında beklentilerin aksine farklı etkinlikler bu sorulardaki ortalamayı yükseltirken bağlamsal döndürme soruları beklentiyi karşılayarak bağlamsal etkinlik ile en yüksek artışı göstermişlerdir.

Çalışma kapsamında ele alınan bir diğer test olan zihinde kesme testi örüntü ve nicelik problemleri olmak üzere iki soru türünden meydana gelmektedir. Verilere uygulanan analizlerden elde edilen bulgulara göre, her bir düzeyde öğrencilerin örüntü problemlerine ait ortalamalarının nicelik problemlerine ait ortalamalarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca hem örüntü hem de nicelik problemlerindeki doğru cevap verme oranı yapılan etkinlikler ile önemli artış göstermişlerdir.

Zihinde kesme testi örüntü problemlerinin düzeylere göre incelenmesi sonucunda, en yüksek ortalama artışının serbest etkinlik sonrasında olduğu görülmektedir. En düşük artış ise kontrollü etkinlik ile sağlanmıştır. Nicelik problemlerinde ise en yüksek artış bağlamsal etkinlik ile sağlanmıştır.

Buradan elde edilen sonuçlara göre, çalışma kapsamında hazırlanan gerek serbest, gerek kontrollü gerekse bağlamsal etkinliğin uzamsal yetenek ve bileşenleri üzerinde farklı etkileri olduğu söylenebilir. Etkinlikler ilk bakışta zihinde döndürme yeteneğini geliştirmeye yönelik olarak görülmektedir. Ancak zihinde döndürme yeteneğinin hem istatistiksel olarak uzamsal yeteneği büyük oranda açıklaması hem de sezgisel olarak bir kısım uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme görevlerini barındırmasından dolayı, bu yeteneğin gelişmesi ile diğer iki yeteneğin gelişmesinin sağlanması kolaylıkla öngörülebilmektedir.

## 6. ÖNERİLER

Bireylerin durumlar karşısında “olaylara bakış açılarına”, “sosyal çevreleri ile iletişimlerine” ya da “öğrenim süreçlerinde gösterdikleri başarı ya da başarısızlıklarına” bakıldığında aralarında somut ve belirgin farklılıklar olduğu gözlenebilmektedir. Ancak bu farklılıkların, bireylerin hangi özelliklerinden kaynaklanıyor olabileceği normal koşullar altında tüm ayrıntılarıyla anlaşılammaktadır. Bireyler arasında bir başka farklılık ise onların herhangi bir olay ya da problem karşısında çözüm yolu üretirken gösterdikleri beceri ya da yetenekleridir.

Olaylar ya da problemler karşısında bazı bireyler gereken başarıyı gösterebilirken bazıları ise başarısız olabilmektedirler. Burada bireylerin, çeşitli durumlar karşısında; iç dünyalarında, olay ya da problemleri farklı canlandırılmış olabilecekleri ve çözüm için doğru ya da yanlış farklı zihinsel stratejiler geliştirmiş olabilecekleri akla gelebilir. Bu durum, sonuçta başarı ya da başarısızlık olarak ortaya çıkabilir. Burada, problem çözmeden harita ile yön bulmaya; geometrik bir şekilden tıbbi bir terime kadar geniş bir tanıma sahip olan uzamsal yetenek kavramı ortaya çıkmaktadır.

Uzamsal yetenek üzerine yapılan birçok çalışma, bu yeteneğin önemini oldukça açık bir şekilde ortaya koymaktadır. Ancak bu yetenek için yapılan farklı tanımlar ve tanımlanan farklı değişkenler, uzamsal yetenek hakkında net sınırlar koymaya engel olmaktadır. Bu nedenle, bu kavram üzerine araştırma yapmadan önce sınırları belirgin hale getirmek bir gereklilik haline gelmektedir.

Alanyazında yer alan testler incelendiğinde, uzamsal yeteneği veya herhangi bir bileşenine ait yeteneği ölçme amacıyla hazırlanan soruların genellikle zeka soruları türünde olduğu dikkat çekmektedir. Oysaki yapılan birçok çalışma ile farklı disiplinlerdeki etkisi belirlenmiş olan uzamsal yeteneğin tüm disiplinlerden arınık bir şekilde ölçülmeye çalışılması, onu bağımsız bir yetenek haline getirebilir. Bu sebeplerden yola çıkılarak bu çalışmada matematik ve özellikle geometri ile ilişkisi oldukça net bir şekilde ortaya konulmuş olan uzamsal yeteneğin bileşenleri olarak kabul edilen zihinde döndürme ve uzamsal görselleştirme testlerinde alana yönelik sorular yer almıştır.

Matematik derslerinde, öğrencilerin mevcut uzamsal yetenek düzeyleri onları hem bilişsel hem de duyuşsal yönden oldukça etkileyici bir faktördür. Örneğin matematik dersinde bir eğrinin eksenler etrafında döndürülmesi, bir silindirin içine küre yerleştirilmesi, bir koninin kesilmesi ile oluşan yüzey alanının bulunması gibi her seviyede karşılaşılan bu uygulamalarda öğrencinin uzamsal yetenek düzeyi ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında uygulanan testlerden alınan sonuçlara göre, çalışma grubundaki öğretmen adaylarının zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme yetenek düzeylerinin düşük olduğu gözlemlenmiştir. Bu yeteneğin geliştirilmesi üzerine yapılan çalışmaların, daha erken yaşlarda daha verimli sonuçlar verdiğini göz önünde bulundurarak öğrencilerin ilk ve ortaöğretim düzeyinde uzamsal yetenek düzeylerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi yönünde çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışmaların yapılmasında öğretmenler, ortaya konulan öneriler ve sonuçların öğrencilere aktarılmasında kuşkusuz en önemli role sahiplerdir. Bu anlamda, öğretmen adaylarının uzamsal yetenek kavramının farkında olmaları ve bu yeteneklerini geliştirme çabası içinde olmaları önem kazanmaktadır.

Uzamsal yeteneğin geliştirilebilir bir yetenek olduğu yapılan çalışmalarla birçok kez ortaya konulmuştur. Bununla birlikte asıl önemli nokta, bu yeteneğin gelişmesine dair yapılan etkinliklerin nasıl hazırlanması ve düzenlenmesi gerektiğidir. Bu etkinlikler için sıkça karşılaşılan önerilerden ilki somut modellerin kullanımudur. Matematiğin içerdiği soyut kavramları materyallerle destekleyerek somutlaştırmak uzamsal yeteneğin bu alanda gelişmesine yönelik önemli etkinliklerden biridir.

Uzamsal yeteneği geliştirme adına önerilen bir diğer yöntem, günümüzde kullanışlığı tartışılmaz olduğu üzere, bilgisayarlardır. Bilgisayarlar, birçok materyali eğitimciler için daha kolay ulaşılabilir, hazırlanabilir ve sunulabilir hale getirmektedirler. Özellikle her geçen gün daha etkili hale gelen 3-boyutlu yazılımlar sayesinde artık hemen her konuda çeşitli uygulamaları bilgisayar ortamına aktarmak mümkün olmaktadır. Bilgisayar yazılımlarının kullanımının getirdiği çok sayıda kolaylığın yanı sıra teknik sebeplerden kaynaklı bir takım sakıncalar da beraberinde gelmektedir. Bilgisayar ortamında hazırlanan etkinliklerde teknik özellikler, alan bilgisi kadar ön plana çıkmaktadır. Etkinliklerin kullanışlığı, kolay

erişilebilir olması ve her şeyden önce anlaşılır olması en önemli gerekliliklerden birkaçıdır.

Bu çalışma kapsamında hazırlanan etkinliklerin öğrencilere uygulanması esnasında dikkati çeken önemli bir nokta, öğrencilerin bilgisayar ortamına özellikle de 3-boyutlu ortama aşına olmamalarıdır. Çalışma grubunun seçilmesi için kriter oluşturan bu durum, aynı zamanda etkinliklerin uygulanması esnasında çok daha fazla zaman harcanmasına neden olmuştur. Öğrencilerin, özellikle de öğretmen adaylarının mesleki yaşamlarında sıkça başvuracakları bu ortamlar hakkında bilgi sahibi olmaları ve en azından temel bazı becerilere sahip olmaları gerekmektedir.

Alanyazında yer alan çalışmalar incelendiğinde, uzamsal yeteneğin herhangi bir bileşenini geliştirmeye yönelik etkinliğin genel olarak o bileşene ait becerileri içerdiği görülmektedir. Örneğin, küp karşılaştırma testi uygulanan öğrenci grubuna yapılan etkinlikte öğrencilere somut materyal olarak küpler verilerek daha sonrasında yeteneklerinin gelişip gelişmediğinin incelemesi yapılmaktadır. Bu tez çalışması ile ortaya çıkan en önemli sonuçlardan biri, uzamsal yeteneğin bileşenlerinin birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmemesi gerektiğidir. Elde edilen sonuçlar, zihinde döndürme yeteneği üzerine hazırlanan etkinliklerin öğrencilerin hem uzamsal görselleştirme hem de zihinde kesme yetenek düzeylerini geliştirdiğini göstermektedir. Bu nedenle, farklı bileşenlerin temel özelliklerini bir arada barındıran etkinliklerin uzamsal yeteneği geliştirmede daha etkili olacağı düşünülerek bu tür etkinliklerin geliştirilmesi adına daha kapsamlı araştırmalar yapılabilir.

Uzamsal yeteneğin cinsiyete göre anlamlı fark gösterdiği, üstelik bu farkın erkekler lehine olduğu birçok çalışma ile ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ele alınan yetenek türlerinin cinsiyete göre incelenmesi kız-erkek öğrenci sayıları arasındaki yüksek fark nedeniyle mümkün olmamıştır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında geliştirilen testlerin farklı gruplarda cinsiyete göre incelemesine yönelik araştırmalar yapılması önerilmektedir. Ayrıca bilgisayar ortamında hazırlanan etkinliklerin, hem süre hem başarı açısından cinsiyete göre incelemesinin yapıldığı çalışmaların da alanyazına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Uzamsal yeteneğin, bireylerarası gösterdiği farklılık için öne sürülen nedenlerden biri “uygulama süresi”dir. Bu çalışma kapsamında; testlerin cevaplanmasında,

etkinliklerin tamamlanmasında veya bilgisayar ortamındaki şekillerin döndürülmesinde “hız” herhangi bir şekilde değişken olarak ele alınmadığı için uygulamalarda süre kısıtlamasına gidilmemiştir. Benzer etkinliklerin hazırlandığı çalışmalarda süre veya hız kavramlarının bir değişken olarak işe koşularak uzamsal yetenek üzerinde etkisinin olup olmadığının belirlenmesi önerilebilir.

Bu çalışma kapsamında, zihinde döndürme, uzamsal görselleştirme ve zihinde kesme testlerinde yer alan sorular farklı özellikleri ölçmeyi amaçlamaktadırlar. Örneğin, uzamsal görselleştirme testinde yer alan sorulardan bir kısmı öğrencilerin, 2-boyuttaki şekillerin 3-boyutlu hallerini düşünebilme yeteneklerini ölçmeyi amaçlarken diğer kısım sorular ise 3-boyutlu şekillerin 2-boyuttaki hallerini düşünebilme yeteneğini ölçmeye yönelik hazırlanmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, aynı yeteneği ölçmeyi hedefleyen sorular dahi olsa farklı etkinlikler ile farklı eğilimler gösterebilmektedirler. Bu nedenle, uzamsal yetenek üzerine yapılacak ileriki çalışmalarda yeteneğe tek boyutlu değil birden fazla boyutla yani farklı soru türleri ve etkinliklerle yaklaşmanın uzamsal yeteneğin daha kapsamlı ele alınmasını sağlayabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın en önemli özelliklerinden biri, hazırlanan yetenek testlerinde ve etkinliklerde matematik bağlamının kullanılmasıdır. Yapılacak diğer çalışmalarda, farklı bağlamların ele alınarak uzamsal yeteneğin diğer alanlarda nasıl etkiler gösterdiğinin belirlenmesi ve farklı boyutlarının bu bağlamlar ile ilişkilendirilmesi bir öneri olarak sunulabilir.

## KAYNAKLAR

- [1] Addepalli, S., *Effects Of Mental Rotation, Visual Aids And Training On Inspection Performance During Airport Baggage Inspection*. Master Thesis, Jawaharlal Nehru Technological University, **2005**.
- [2] Adanez, G.P., Velasco, A.D., Predicting Academic Success of Engineering Students in Technical Drawing from Visualization Test Scores, *Journal for Geometry and Graphics*, 6 (1), 99-109, **2002**, <http://www.heldermann-verlag.de/jgg/jgg06/jgg0608.pdf> (Ekim, **2011**).
- [3] Alias, M., Black, T.R., Gray, D.E. Effect of Instructions on Spatial Visualisation Ability in Civil Engineering Students. *International Education Journal*, 3 (1), 1-12, **2002**.  
<http://ehlt.flinders.edu.au/education/iej/articles/v3n1/Alias/paper.pdf> (Aralık, **2010**).
- [4] Aris, S.R.S., Ghani, Z.A., Rasol, R., Razak, W.R.A., *Visualization Instrument to Assess Visual Ability Among First Year Students Majoring In Chemistry, Biology And Physics*. Technical Report. Institute of Research, Development and Commercialization, Universiti Teknologi MARA, **2010**.  
<http://eprints.ptar.uitm.edu.my/3306/> (Eylül, **2011**).
- [5] Aşkar, P., Yurdugül, H., Örtük Büyüme Modellerinin Eğitim Araştırmalarında Kullanımı. *İlköğretim Online*, 8 (2), 534- 555, **2009**.  
<http://ilkogretim-online.org.tr> (Mayıs, **2012**).
- [6] Baenninger, M., Newcombe, N., Environmental Input to the Development of Sex- Related Differences in Spatial and Mathematical Ability, *Learning and Individual Differences*, 7, 363–379, **1995**.  
<http://www.temple.edu/psychology/newcombe/documents/BaenningerNewcombe1995Environmentalinputtothedevoofsex-relateddifferences.pdf> (Ekim, **2010**).
- [7] Barnea, N., Dori, Y.J., Computerized Molecular Modeling - *The New Technology For Enhancing Model Perception Among Chemistry Educators And Learners*. *Chemistry Education*, 1, 109-120, **1999**.  
[http://www.uoi.gr/cecp/2000\\_January/pdf/16barneaf.pdf](http://www.uoi.gr/cecp/2000_January/pdf/16barneaf.pdf) (Ocak, **2012**)
- [8] Battista, M.T., Wheatley, G.H., Talsma, G., The Importance Of Spatial Visualization And Cognitive Development For Geometry Learning In Preservice Elementary Teachers, *Journal for Research in Mathematics Education*, 13 (5), 332- 340, **1982**, <http://www.jstor.org/stable/749007> (Haziran, **2010**)
- [9] Ben-Chaim, D., Lappan, G., Houang, R.T., The Effect of Instruction on Spatial Visualization Skills of Middle School Boys and Girls, *American Educational Research Journal*, 25 (1), 51- 71, **1988**.  
<http://www.jstor.org/stable/1163159> (Nisan, **2010**)



- [10] Ben- Chaim,D.,Lappan, G., Hougang, R.T., Adolescents' Ability to Communicate Spatial Information: Analyzing and Effecting Students' Performance, *Educational Studies in Mathematics*, 20 (2), 121- 146, **1989**, <http://www.jstor.org/stable/3482494> (Haziran, 2011)
- [11] Bishop, A.J., Spatial Abilities and Mathematics Education. *Educational Studies in Mathematics*, 11, 257- 269, **1980**. <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/3481801.pdf> ( Ekim, **2009** )
- [12] Bock, R. D., Kolakowski, D., Further Evidence of Sex-Linked Major-Gene Influence on Human Spatial Visualization Ability, *American Journal of Human Genetics*, 24, 1-14, **1973**. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1762227/pdf/ajhg00446-0003.pdf> (Ocak, **2012**)
- [13] Bora, H., *Modelleme ve Görselleştirme: 3ds Max 2010 Uygulamalı Örnek Çizimler*, Türkmen Kitabevi, İstanbul, **2009**.
- [14] Braukman, J., Pedras, M.J. A Comparison Of Two Methods Of Teaching Visualization Skills To College Students. National Association of Industrial and Technology Teacher Educators, 30(2), 65-80, **1993**.
- [15] Brown, T.A., *Confirmatory Factor Analysis for Applied Research*, NY: Guilford Publications, Inc., **2006**.
- [16] Bulut, S., Köroğlu, S., Onbirinci Sınıf Öğrencilerinin ve Matematik Öğretmen Adaylarının Uzaysal Yeteneklerinin İncelenmesi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18, 56-61, **2000**.
- [17] Burton, L., Fogarty, G., The Factor Structure of Visual Imagery And Spatial Abilities, *Intelligence*, 31, (3), 289-318, **2003**. [http://eprints.usq.edu.au/946/1/Fogarty\\_BurtonFogarty\\_The\\_factor\\_structure\\_of\\_visual\\_imagery.pdf](http://eprints.usq.edu.au/946/1/Fogarty_BurtonFogarty_The_factor_structure_of_visual_imagery.pdf) ( Şubat **2011**)
- [18] Burton, L. A., Henninger, D., Hafetz, J., Gender Differences in Relations of Mental Rotation, Verbal Fluency and Sat Scores To Finger Length Ratios As Hormonal Indexes, *Developmental Neuropsychology*, 28(1), 493–505, **2005**. <http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1207/s15326942dn2801> (Ekim, **2010**)
- [19] Büyüköztürk, Ş., Kılıç Çakmak, E., Akgün, Ö.E., Karadeniz, Ş., Demirci,F., *Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Pegem Akademi, Ankara, **2009**.
- [20] Büyüköztürk, Ş., *DeneySEL Desenler*, 3. Baskı, Pegem Akademi, Ankara, **2011**.
- [21] Carroll, J.B., *Human Cognitive Abilities: A Survey of Factor-Analytic Studies*, Cambridge University Press, New York, **1993**. [http://www.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=jp9dt4\\_0\\_cIC&oi=fnd&pg=PA3&dq=spatial+ability+test+carroll+1993&ots=dAzWQaOo\\_Z&sig=pipMD](http://www.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=jp9dt4_0_cIC&oi=fnd&pg=PA3&dq=spatial+ability+test+carroll+1993&ots=dAzWQaOo_Z&sig=pipMD)

[X5FcwYbJ9nDKIFevPrYsHo&redir\\_esc=y#v=onepage&q=spatial&f=false](#)  
(Ekim **2011**)

- [22] Casey, M.B., Nuttall, R.L., Pezaris, E. Evidence in Support of a Model That Predicts How Biological and Environmental Factors Interact To Influence Spatial Skills. *Developmental Psychology*, 35 (5), 1237- 1247, **1999**.  
<http://psycnet.apa.org/?fa=main.doiLanding&doi=10.1037/00121649.35.5.1237> (Kasım, **2011**)
- [23] Cherney, I.D., Neff, N.L. Role of strategies and Prior Exposure in Mental Rotation. *Perceptual & Motor Skills*, 2 (3), 1269, **2004**.  
<http://connection.ebscohost.com/c/articles/13997172/role-strategies-prior-exposure-mental-rotation> (Ekim, **2010**)
- [24] Cherney, I.D., Mom, Let Me Play More Computer Games: They Improve My Mental Rotation Skills, *Sex Roles*, 59, 776- 786, **2008**.  
<http://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2Fs11199-008-9498-z>  
(Ekim, **2011**)
- [25] Christou, C., Pittalis, M., Mousoulides, N., Pitta, D., Jones, K., Sendova, E., Boytchev, P., Developing an Active Learning Environment for the Learning of Stereometry, *8th International Conference on Technology in Mathematics Teaching (ICTMT8)*, **2007**.  
<http://www.elica.net/download/papers/DevActEnvStereometry.pdf> ( Aralık, **2009**)
- [26] Clements, D.H., McMillen, S., Rethinking “Concrete” Manipulatives, *Teaching Children Mathematics*, 2(5), 270-279, **1996**,  
[http://investigations.terc.edu/library/bookpapers/rethinking\\_concrete.cfm](http://investigations.terc.edu/library/bookpapers/rethinking_concrete.cfm)  
(Eylül, **2009**)
- [27] Clements, D.H., Geometric and Spatial Thinking in Young Children, *National Science Foundation, Arlington*, 40, 1- 40, **1998**.  
<http://eric.ed.gov/PDFS/ED436232.pdf> ( Şubat, **2011**)
- [28] Cohen, C. A., Hegarty, M., Spatial Visualization Training Using Interactive Animation, *Conference on Research and Training in Spatial Intelligence. Sponsored by National Science Foundation*, 13-15 June, Evanston, **2008**,  
[http://groups.psych.northwestern.edu/uttal/people/documents/CCohen\\_Spatialvisualizationtrainingusinginteractiveanimation.pdf](http://groups.psych.northwestern.edu/uttal/people/documents/CCohen_Spatialvisualizationtrainingusinginteractiveanimation.pdf) (Aralık, **2010**)
- [29] Connolly, P., Holliday-Darr, K., Blasko, D. G., Multiview Drawing Instruction: A Two- location Experiment. *Engineering Design Graphics Journal*, 70 (3), 22-28, **2005**.  
<http://www.edgj.org/index.php/EDGJ/article/viewFile/93/90> (Mart, **2011**)
- [30] Cronbach, L.J., Coefficient Alpha and The Internal Structure Of Tests, *Psychometrika*, 16 (3), 297- 334, **1951**.  
[http://psych.colorado.edu/~carey/Courses/PSYC5112/Readings/alpha\\_Cronbach.pdf](http://psych.colorado.edu/~carey/Courses/PSYC5112/Readings/alpha_Cronbach.pdf) (Mayıs, **2010**)

- [31] Çokluk, Ö., Şekercioğlu, G., Büyüköztürk, Ş., *Çok Değişkenli İstatistik, (SPSS ve Lisrel Uygulamaları)*, Pegem Akademi Yayıncılık, Ankara, **2010**.
- [32] Demirtaşlı, Çıkrıkçı, N., Test geliştirmede yeni yaklaşımlar: Madde Tepki Kuramı, Özellikleri, Modelleri ve Sınırlılıkları, *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 28(2), 161- 173, **1996**.  
<http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/40/486/5705.pdf> ( Aralık, **2011**)
- [33] Del Grande, J. J., Spatial perception and primary geometry. In M. M. Lindquist, A. P. Shulte (Eds), *Learning and teaching geometry*, K - 12, 1987 *Yearbook*, Reston, VA: NCTM., 126-135., **1987**.  
[http://math.buffalostate.edu/~wilsondc/MED%20604/NCTM\\_87\\_Spatial\\_Perception.pdf](http://math.buffalostate.edu/~wilsondc/MED%20604/NCTM_87_Spatial_Perception.pdf) (Nisan, **2012**)
- [34] Deno, J.A. The Relationship of Previous Experiences to Spatial Visualization Ability, *Engineering Design Graphics Journal*, 5-17, **1995**.
- [35] Diković, L., Applications Geogebra Into Teaching Some Topics Of Mathematics At The College Level. *ComSIS*, 6 (2), 191- 203, **2009**.  
<http://www.comsis.org/ComSIS/Vol6No2/RegularPapers/pdf/E.pdf> (Mart, **2011**)
- [36] Eisenberg, T.A. McGinty, R.L. On Spatial Visualization in College Students, *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 95 (1), 99- 104, **1977**.  
<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00223980.1977.9915865> (Eylül, **2011**)
- [37] Eliot, J., Smith, I.M., *An International Directory of Spatial Tests*, Windsor, The NFER-Nelson Publishing Company Ltd., United Kingdom, **1983**.  
<http://drcdev.ohiolink.edu/handle/123456789/921> (Aralık, **2009**)
- [38] Fan X., Fan X., Power of Latent Growth Modeling for Detecting Linear Growth: Number of Measurements and Comparison With Other Analytic Approaches. *The Journal of Experimental Education*, 73 (2), 121-139, **2005**.  
<http://dx.doi.org/10.3200/JEXE.73.2.121-139> ( Ekim, **2011**)
- [39] Fennema, E., Tartre, L.A., The Use of Spatial Visualization in Mathematics by Girls and Boys, *Journal for Research in Mathematics Education*, 16 (3), 184- 206, **1985**.  
<http://www.jstor.org/stable/748393> (Aralık, **2009**)
- [40] Field, A., *Discovering Statistics Using Spss* (3<sup>rd</sup> Edition), Sage Publications, London, **2009**.
- [41] Floyd, F.J., Widaman, K.F., Factor Analysis in the Development and Refinement of Clinical Assessment Instruments. *Psychological Assessment*, 7(3), 286- 299, **1995**.  
<http://psychology.ucdavis.edu/labs/Widaman/mypdfs/wid079.pdf> (Ekim, **2011**)

- [42] French, J.W.,Ekstrom,R.B.,Price,L.A., *Manual for Kit of Reference Tests for Cognitive Factors*. Educational Testing Service, New Jersey, Princeton, **1963**. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/410915.pdf> (Temmuz, **2010**)
- [43] Garg, A.X., Norman,G.R., Eva,K.W., Spero, L., Sharan, S., Is There Any Real Virtue of Virtual Reality?: The Minor Role of Multiple Orientations in Learning Anatomy from Computers. *Academic Medicine*, 77 (10), 97- 99., **2002**.  
[http://journals.lww.com/academicmedicine/Fulltext/2002/10001/Is\\_There\\_AnyReal\\_Virtue\\_of\\_Virtual\\_Reality\\_The.30.aspx](http://journals.lww.com/academicmedicine/Fulltext/2002/10001/Is_There_AnyReal_Virtue_of_Virtual_Reality_The.30.aspx) (Ocak, **2012**)
- [44] Gergelitsová, Š., Computer Aided Development of Spatial Abilities, *WDS'07 Proceedings of Contributed Papers*, 246- 250, **2007**.  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.186.6822&rep=rep1&type=pdf> (Kasım, **2009**)
- [45] Ghiselli, E.E., The Validity of Aptitude Tests in Personnel Selection, *Personnel Psychology*, 26, 461- 477, **1973**.  
<http://web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=cc152e27-3790-4737-a15a-05a2ab45321b%40sessionmgr11&vid=1&hid=15> (Nisan, **2012**)
- [46] Ginn, S. R.,Pickens, S. J., Relationships Between Spatial Activities And Scores On The Mental Rotation Test As A Function Of Sex, *Perceptual and Motor Skills*, 100, 877–881, **2005**.  
<http://www.amsciepub.com/doi/abs/10.2466/pms.100.3.877-881> (Ekim, **2011**)
- [47] Goldstein, D., Haldane, D., Mitchell, C., Sex Differences In Visual-Spatial Ability: The Role Of Performance Factors. *Memory & Cognition*, 18 (5), 546–550, **1990**.  
<http://www.springerlink.com/content/q72t6q966k2x4212/fulltext.pdf> (Mart, **2011**)
- [48] Gorska, R., Sorby, S.A., Leopold, C., Gender Differences in Visualization Skills-An International Perspective, *Engineering Design Graphics Journal*, 62 (3), 9- 18, **1998**.  
<http://edgj.org/index.php/EDGJ/article/view/115/111> (Aralık, **2009**)
- [49] Gur, R.C., Alsop, D., Glahn,D., Petty,R., Swanson,C.L., Maldjian,J.A., Turetsky,B.I., Detre, J.A.,Gee, J., Gur,R.E., An fMRI Study of Sex Differences in Regional Activation to a Verbal and a Spatial Task, *Brain and Language* 74, 157–170, **2000**.  
[http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0093-934X\(00\)92325-3](http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0093-934X(00)92325-3) (Aralık, **2011**)
- [50] Halpern, D.F.,*Sex Differences in Cognitive Abilities*, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, **2000**.  
<http://books.google.com.tr/books?id=2zNNhXqJJP4C> (Ekim, **2011**)

- [51] Hansen, J. A., Barnett, M., MaKinster, J. G ,Keating, T., The Impact of Three- Dimensional Computational Modeling on Student Understanding of Astronomical Concepts: A Quantitative Analysis, *International Journal of Science Education*, 26(11), 1365-1378, **2004**.  
<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/09500690420001673757>  
(Ocak, **2011**)
- [52] Hegarty, M., Keehner, M., Cohen, C.,Montello,D.R.,Lippa, Y., *The Role of Spatial Cognition in Medicine: Applications for Selecting and Training Professionals*, (Ed. G. Allen), Lawrence Erlbaum Associates., New Jersey, **2007**.  
[www.eeducation.psu.edu/drupal6/files/sgam/EXCELLENT\\_applied.pdf](http://www.eeducation.psu.edu/drupal6/files/sgam/EXCELLENT_applied.pdf)  
(Nisan, **2012**)
- [53] Herzog, P., *Open and Closed Innovation (Different Cultures for Different Strategies)*, Frankfurt: Gabler Edition, Wissenschaft, **2007**.
- [54] Hetland,L., Learning to Make Music Enhances Spatial Reasoning, *Journal of Aesthetic Education*, 34, 179- 238, **2000**.  
<http://pmorg.net/strings/community/Hetland2.pdf> (Mayıs, **2011**)
- [55] Hohenwarter, M., *GeoGebra- didaktische Materialien und Anwendungen für den Mathematikunterricht.*, Doktora Tezi, Salzburg Universität, Naturwissenschaftlichen Fakultät, **2006**.  
[http://www.geogebra.org/publications/mhohen\\_diss.pdf](http://www.geogebra.org/publications/mhohen_diss.pdf) ( Eylül, **2010**)
- [56] Hohenwarter, M., Hohenwarter, J., *GeoGebra Help Official Manual 3.2.*, **2009**. <http://www.geogebra.org/help/docuen.pdf> ( Mart, **2010**)
- [57] Hohenwarter, M., Preiner, J., Dynamic Mathematics with GeoGebra, *The Journal of Online Mathematics and its Applications*, (7), **2007**.
- [58] Hooper, D.,Coughlan, J., Mullen, M., Structural Equation Modelling: Guidelines For Determining Model Fit, *The Electronic Journal of Business Research Methods*, 6(1), 53 - 60, **2008**. [www.ejbrm.com](http://www.ejbrm.com) (Ekim, **2011**)
- [59] Idris, N., Spatial Visualization And Geometry Achievement Of Form Two Students. *Jurnal Pendidikan*, 25 (1), 29- 40, **2005**.  
<http://www.myjurnal.my/public/article-view.php?id=11683> (Temmuz, **2011**)
- [60] Jöreskog,K., Sörbom, D., *Lisrel 8: Structural Equation Modeling With The Simplis Command Language*, Lincolnwood: Scientific Software International, Inc.,**1993**.
- [61] Karasar, N., *Bilimsel Araştırma Yöntemi*, Nobel Yayıncılık, Ankara, **2002**.
- [62] Kimura, D., *Sex and Cognition, First Edition*, MIT Press, Mass, Cambridge, **1999**.  
<http://books.google.com.tr/books?id=vRS0zqnlS78C&printsec=frontcover&>

[dg=kimura+1999&hl=tr&sa=X&ei=3r1iUcTdCOvZ4QTy3oGQAw&ved=0C8Q6AEwAA](http://www.ijerph.com/abstract.php?paperid=10000) (Kasım, **2010**)

- [63] Kosslyn, S.M., Behrmann, M., Jeannero, M., The Cognitive Neuroscience Of Mental Imagery, *Neuropsychologia*, 33(11), 1335- 1344, **1995**.  
<http://www.iwitts.com/html/okagaki.pdf> (Mayıs, **2010**)
- [64] Kozhevnikov, M., Motes, M.A., Hegarty, M., Spatial Visualization in Physics Problem Solving, *Cognitive Science*, 31, 549–579, **2007**.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1080/15326900701399897/pdf>  
(Nisan, **2012**)
- [65] Kraft, M., Visualisierung im Mathematikunterricht mit dem Werkzeug “Geogebra”.Schriftliche Hausarbeit vorgelegt im Rahmen der Ersten Staatsprüfung für das Lehramt für die Sekundarstufe II in Mathematik von, **2006**.[http://www.geogebra.org/publications/2006-KraftVisualisieren\\_mit\\_GeoGebra.pdf](http://www.geogebra.org/publications/2006-KraftVisualisieren_mit_GeoGebra.pdf) ( Mart, **2010**).
- [66] Kyllonen, P.C., Lohman, D.F., Snow,R.E., Effects of Aptitudes, Strategy Training, and Task Facets on Spatial Task Performance, *Journal of Educational Psychology*, 76 (1), 130- 145, **1984**.  
<http://psycnet.apa.org/journals/edu/76/1/130/> (Aralık, **2010**)
- [67] Lappan, G., *Geometry: The forgotten strand*. (On-line), **1999**.  
<http://www.ntm.org/news/pastpresident/1999-12president.htm> ( Aralık, **2010**)
- [68] Lawton,C.A., Gender Differences in Way-Finding Strategies: Relationship to Spatial Ability and Spatial Anxiety. *Sex Roles*, 30 (11/12), 765- 779, **1994**.  
<http://link.springer.com/article/10.1007%2FBF01544230?LI=true#>  
(Aralık, **2010**)
- [69] Liang,R.D, Chang,C.S., Wang, T.S., The effect of service responsiveness and social emotions on service outcomes: An empirical investigation of service firms, *African Journal of Business Management*, 5 (8), 3155-3167, **2011**.  
<http://www.academicjournals.org/ajbm/pdf/pdf2011/18apr/liang.pdf>  
(Eylül, **2012**).
- [70] Linn,M.C.,Petersen, A.C., Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta- Analysis,*Child Development*, 56 (6), 1479- 1498, **1985**. <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1130467.pdf> (Nisan, **2011**)
- [71] Lennon, P.A., Improving Students' Flexibility of Closure While Presenting Biology Content, *The American Biology Teacher*, 62 (3), 177- 180, **2000**.  
<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/4450869.pdf> (Ekim,**2011**)



- [72] Lohman, D.F., Spatial Ability and G, Spearman Seminar. University of Plymouth, **1993**. [http://faculty.education.uiowa.edu/dlohman/pdf/Spatial\\_Ability\\_and\\_G.pdf](http://faculty.education.uiowa.edu/dlohman/pdf/Spatial_Ability_and_G.pdf) (Kasim, **2009**).
- [73] Maccoby, E. E., Jacklin, C. N., *The psychology of sex differences*, Stanford University Press, Stanford, CA, **1974**.  
[http://books.google.com.tr/books?id=neWeAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.tr/books?id=neWeAAAAIAAJ&printsec=frontcover&hl=tr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false) (Kasim, **2011**)
- [74] Macnab, W., Johnstone, A.H., Spatial Skills Which Contribute to Competence in the Biological Sciences. *Journal of Biological Education*, 24 (1), 37- 41, **2010**.  
<http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/00219266.1990.9655099> (Ocak, **2011**)
- [75] Makino,K.,Saito,T.,Shiina,K.,Suzuki,K., Jingu, T., Analysis of Problem Solving Process of a Mental Cutting Test By The Use of Eye Fixations Data, *Proceedings 5th ASEE International Conference ECGDG 1992*, Melbourne, Australia, **1992**.
- [76] Masters,M.S., Sanders,B. Is the Gender Difference in Mental Rotation Disappearing?, *Behavior Genetics*, 23 (4), **1993**.  
<http://link.springer.com/article/10.1007/BF01067434#page-2> (Ekim, **2010**)
- [77] Mayer, R.E., Sims, V.K., For Whom Is a Picture Worth a Thousand Words? Extensions of a Dual-Coding Theory of Multimedia Learning, *Journal of Educational Psychology*, 86 (3), 389- 401, **1994**.  
[http://visualllearningresearch.wiki.educ.msu.edu/file/view/Mayer+%26+Sims+\(1994\).pdf/50533673/Mayer+%26+Sims+\(1994\).pdf](http://visualllearningresearch.wiki.educ.msu.edu/file/view/Mayer+%26+Sims+(1994).pdf/50533673/Mayer+%26+Sims+(1994).pdf) (Aralık, **2010**)
- [78] McGee, M. G., Human Spatial Abilities: Psychometric Studies And Environmental, Genetic, Hormonal, And Neurological Influences, *Psychological Bulletin*, 86 (5), 889- 918, **1979**.
- [79] Melear, C. T., Profile of the Non-major in College Biology. *Paper presented at the Annual Meeting of the Association for Psychological Type*, Atlanta, GA, **1990**, <http://www.eric.ed.gov/PDFS/ED325369.pdf> (Temmuz, **2011**)
- [80] Minke,A., *Conducting Repeated Measures Analyses: Experimental Design Considerations*, Texaz A&M University, **1997**.  
<http://ericae.net/ft/tamu/Rm.htm> (Mayıs, **2011**)
- [81] Miyake, A., Friedman, N.P., Rettinger, D.A., Shah, P.,Hegarty, M., How Are Visuospatial Working Memory, Executive Functioning, and Spatial Abilities Related? A Latent-Variable Analysis, *Journal of Experimental Psychology: General*, 130 (4), 621- 640, **2001**.  
<http://www.psych.ucsb.edu/~hegarty/papers/4%20%20Miyake%20et%20al.%202001.pdf> (Mart, **2011**)

- [82] Moé, A., Are Males Always Better Than Females In Mental Rotation? Exploring A Gender Belief Explanation, *Learning and Individual Differences*, 19, 21–27, **2009**.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1041608008000216>  
(Ekim, **2011**)
- [83] Mohler, J.L., *Examining The Spatial Ability Phenomenon From The Student's Perspective*, Doctoral Dissertation, Purdue University, Indiana, **2006**.[http://www.tech.purdue.edu/cg/academics/graduate/mohler\\_dissertation.pdf](http://www.tech.purdue.edu/cg/academics/graduate/mohler_dissertation.pdf) (Ekim, **2010**)
- [84] Muthén, B. O., Curran, P.J., General Longitudinal Modeling of Individual Differences in Experimental Designs: A Latent Variable Framework for Analysis and Power Estimation, *Psychological Methods*, 2 (4), 371- 402, **1997**. [http://pages.gseis.ucla.edu/faculty/muthen/articles/Article\\_071.pdf](http://pages.gseis.ucla.edu/faculty/muthen/articles/Article_071.pdf)  
(Şubat, **2011**)
- [85] Nagy-Kondor, R., Spatial Ability, Descriptive Geometry and Dynamic Geometry Systems, *Annales Mathematicae et Informaticae*, 37, 199- 210, **2010**. [http://ami.ektf.hu/uploads/papers/finalpdf/AMI\\_37\\_from199to210.pdf](http://ami.ektf.hu/uploads/papers/finalpdf/AMI_37_from199to210.pdf)  
(Temmuz, **2012**)
- [86] Németh, B., Hoffmann, M., Gender Differences in Spatial Visualization Among Engineering Students, *Annales Mathematicae et Informaticae*, 33, 169-174, **2006**.<http://emis.bibl.cwi.nl/journals/AMI/2006/nemeth.pdf>  
(Ekim, **2009**)
- [87] Newcombe, N., Bandura, M. M., Taylor, D. G., Sex Differences in Spatial Ability and Spatial Activities, *Sex Roles*, 9(3), 377-386, **1983**.  
<http://www.temple.edu/psychology/newcombe/documents/NewcombeBanduraTaylor1983.pdf> (Ekim, **2011**)
- [88] Okagaki, L., Frensch, P.A., Effects of Video Game Playing on Measures of Spatial Performance: Gender Effects in Late Adolescence. *Journal Of Applied Developmental Psychology*, 15, 33-58, **1994**.  
<http://www.iwitts.com/html/okagaki.pdf> (Haziran, **2010**)
- [89] Olkun, S., Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities, *International Journal of Mathematics Teaching and Learning*, **2003**. <http://www.ex.ac.uk/cimt/ijmtl/ijabout.htm>  
(Ekim, **2009**)
- [90] Olkun, S., Altun, A., İlköğretim Öğrencilerinin Bilgisayar Deneyimleri ile Uzamsal Düşünme ve Geometri Başarıları Arasındaki İlişki, *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(4), **2003**.  
<http://www.tojet.net/articles/2413.html> (Haziran, **2009**)
- [91] Olkun, S., Sinoplu, B., The Effect of Pre-Engineering Activities on 4th and 5th Grade Students' Understanding of Rectangular Solids Made of Small



- Cubes, *International Online Journal Science and Mathematics Education*, 8, 1-9, **2008**.  
[http://www.upd.edu.ph/~ismed/online/articles/effect/Vol8\\_The%20Effect.pdf](http://www.upd.edu.ph/~ismed/online/articles/effect/Vol8_The%20Effect.pdf) (Ekim, **2009**)
- [92] Orion, N., Ben-Chaim, D., Kali, Y., Relationship Between Earth-Science Education and Spatial Visualization, *Journal of Geoscience Education*, 45, 129- 132, **1997**.  
[http://stwww.weizmann.ac.il/menu/publications/earth/a6\\_whole.pdf](http://stwww.weizmann.ac.il/menu/publications/earth/a6_whole.pdf) (Ocak, **2011**)
- [93] Pellegrino, J.W., Alderton, D.L., Shute, V.J., Understanding Spatial Ability. *Educational Psychologist*, 19 (3), 239- 253, **1984**.  
[http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute%201984\\_a.pdf](http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute%201984_a.pdf) (Ekim, **2011**)
- [94] Peters, M., Chisholm, P., Laeng, B., Spatial Ability, Student Gender, and Academic Performance, *Journal of Engineering Education*, 1, 69- 73, **1995**. <http://www.jee.org/1995/january/510.pdf> (Ekim, **2010**)
- [95] Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R. and Richardson, C. A Redrawn Vandenberg & Kuse Mental Rotations Test: Different Versions and Factors that affect Performance. *Brain and Cognition*, 28, 39-58, **1995**.
- [96] Peters, M., Sex Differences And The Factor Of Time in Solving Vandenberg And Kuse Mental Rotation Problems, *Brain and Cognition*, 57, 176-184, **2005**.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0278262604002398> (Ekim, **2011**)
- [97] Pribyl, J.R., Bodner, G.M., Spatial Ability And Its Role In Organic Chemistry: A Study of Four Organic Courses, *Journal Of Research In Science Teaching*, 24 (3), 229- 240, **1987**.  
[http://128.210.142.72/chemed/bodnergroup/PDF\\_2008/48%20Pribyl.pdf](http://128.210.142.72/chemed/bodnergroup/PDF_2008/48%20Pribyl.pdf) (Aralık, **2011**)
- [98] Quaiser-Pohl, C., The Mental Cutting Test “Schnitte” and Picture Rotation Test- Two New Measures to Assess Spatial Ability, *International Journal of Testing*, 3 (3), 219- 231, **2003**.  
<http://userpages.unikoblenz.de/~quaiser/files/Publikationen/IJT0303pp219-231.pdf> (Nisan, **2010**)
- [99] Rafi, A., Samsudin, K. A., Ismail, A., On Improving Spatial Ability Through Computer- Mediated Engineering Drawing Instruction, *Educational Technology, Society*, 9 (3), 149-159, **2006**.  
[http://ifets.info/journals/9\\_3/13.pdf](http://ifets.info/journals/9_3/13.pdf) (Nisan, **2011**)
- [100] Rafi, A., Samsudin, K.A., Said, C.S., Training In Spatial Visualization: The Effects Of Training Method And Gender, *Educational Technology*,

- Society*, 11 (3), 127-140, **2008**.[http://www.ifets.info/journals/11\\_3/10.pdf](http://www.ifets.info/journals/11_3/10.pdf) (Nisan, **2011**)
- [101] Rauscher, F. H., Shaw, G.L., Levine, L. J., Wright, E. L., Dennis, W. R., Newcomb, R.L., Music Training Causes Long-Term Enhancement of Preschool Children's Spatial-Temporal Reasoning, *Neurological Research*, 19, 2-8, **1997**. <http://faculty.washington.edu/demorest/rauscher.pdf> (Ocak, **2012**)
- [102] Reis, Z.A., Gulsecen, S., The Effect Of The Geogebra Use In Mathematics Education: A Case Study On Integers In Turkey. *GeoGebra NA2010*, 27-28 July, Ithaca College, Ithaca, NY, USA., **2010**.  
[http://geogebraithaca.wikispaces.com/file/view/z10\\_os3-2-1.pdf](http://geogebraithaca.wikispaces.com/file/view/z10_os3-2-1.pdf) (Şubat, **2011**)
- [103] Robinson, S. O., The Effect Of The Availability Of The Geometer's Sketchpad On Locus-Motion Problem-Solving Performance And Strategies, *Dissertation Abstracts International*, 56, 280, **1994**.  
<http://ufdc.ufl.edu/AA00002070/00001/4j> (Ocak, **2011**)
- [104] Saito, T., Shina, K., Suzuki, K., Jingu, T., Spatial Ability Evaluated By A Mental Cutting Test, *The 7th International Conference on Engineering Computer Graphics and Descriptive Geometry*, 18-22 July, Cracow, Poland, **1996**.
- [105] Sanders, G., Bereczkei, T., Csatho, A., Manning, J., The Ratio Of The 2<sup>nd</sup> To 4<sup>th</sup> Finger Length Predicts Spatial Ability In Men But Not Women, *Cortex*, 41 (6), 789- 795, **2005**.  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945208702971> (Nisan, **2011**)
- [106] Shepard, R.N., Metzler, J., Mental Rotation of Three- Dimensional Objects, *Science, New Series*, 171, 701- 703, **1971**.  
<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1731476.pdf> (Şubat, **2010**)
- [107] Shute, V.J., Pellegrino, J.M., Hubert, L., Reynolds, R.W., The Relationship Between Androgen Levels And Human Spatial Abilities, *Bulletin of the Psychonomic Society*, 21 (6), 465- 468, **1983**.  
[http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute%201983\\_a.pdf](http://myweb.fsu.edu/vshute/pdf/shute%201983_a.pdf) (Ocak, **2012**)
- [108] Skuse, D. H., X-linked genes and mental functioning, *Human Molecular Genetics*, 14 (1), R27-R32, **2005**.  
<http://eugen.leitl.org/striz/striz.org/docs/xchr-mentalfun.pdf> (Ekim, **2011**)
- [109] Sorby, S., Hamlin, A., Veurink, N., Impact of Changes in Spatial Skills Training, *Proceeding of the 18th International Conference on Engineering Education (ICEE2008)*, Pécs-Budapest, Hungary, **2008**.  
[http://www.iceehungary.net/download/fullp/full\\_papers/full\\_paper462.pdf](http://www.iceehungary.net/download/fullp/full_papers/full_paper462.pdf) (Ekim, **2010**)

- [110] Sorby,S., Hungwe,K., Drummer, T., *Is Mental Rotation the Foundational Spatial Skill?*,2008. [www.ed.mtu.edu](http://www.ed.mtu.edu) (Ekim, 2012)
- [111] Sorby,S.A., Educational Research in Developing 3-D Spatial Skills for Engineering Students, *International Journal of Science Education*, 31 (3), 459- 480, 2009. <http://wiki.epfl.ch/edicpublic/documents/Candidacy%20exam/cuendet%20s eb908742201.pdf> (Ocak, 2011)
- [112] Stafford, R. E., Sex Differences in Spatial Visualization As Evidence of Sexlinked Inheritance. *Perceptual and Motor Skills*, 13, 428, 1961. <http://www.amsciepub.com/doi/pdf/10.2466/pms.1961.13.3.428> (Eylül, 2011)
- [113] Stapleton, C.D., Basic Concepts and Procedures of Confirmatory Factor Analysis, *The annual meeting of the Southwest Educational Research Association*, Austin, January, 1997. <http://ericae.net/ft/tamu/Cfa.htm> (Ekim, 2012)
- [114] Sternberg,R.J. *Metaphors of mind: Conceptions of the nature of intelligence* Cambridge: Cambridge University Press, 1990. [http://www.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=IGmTXII7TNQC&oi=fnd&pg =P R8&dq=metaphors+of+mind+conceptions+of+the+nature+of+intelligence&ots=\\_wxSanZ62O&sig=M4YPFWIFmeDYzfMFdCt-Qg-XpBg&redir\\_esc=y](http://www.google.com.tr/books?hl=tr&lr=&id=IGmTXII7TNQC&oi=fnd&pg =P R8&dq=metaphors+of+mind+conceptions+of+the+nature+of+intelligence&ots=_wxSanZ62O&sig=M4YPFWIFmeDYzfMFdCt-Qg-XpBg&redir_esc=y) (Eylül, 2011)
- [115] Suzuki,K.,Shiina,K.,Makino,K.,Saito,T.,Jingu,T.,Tsutsumi,N.,Kashima,S.,S hibata,M.,Maki,H.,Tsutsumi,E.,Isoda,H., Evaluation of Student's Spatial Abilities By A Mental Cutting Test, *Proceedings 5th ASEE International Conference ECGDG*, Melbourne, Australia,1992.
- [116] Sutton, K., Williams,A., Research Outcomes Supporting Learning in Spatial Ability, *Proceedings of the 2007 AaeE Conference*, Melbourne,2007. [http://www.aeee.com.au/conferences/papers/2007/paper\\_49.pdf](http://www.aeee.com.au/conferences/papers/2007/paper_49.pdf) (Eylül, 2011)
- [117] Sümbüloğlu, K., Sümbüloğlu,V., *Biyoistatistik*. İstanbul: Hatipoğlu Yayinevi, 2002.
- [118] Sümer, N., Yapısal Eşitlik Modelleri, *Türk Psikoloji Yazıları*, 3 (6), 49- 74, 2000.
- [119] Takahashi, G., *Stereoscopic Vision's Impact on Spatial Ability Testing*, Master Thesis, Purdue University, Indiana, 2011. <http://docs.lib.purdue.edu/techmasters/44/> (Mart, 2012)
- [120] Tartre, L.A., Spatial Orientation Skill and Mathematical Problem Solving, *Journal for Research in Mathematics Education*, 21 (3), 216- 229, 1990.

- <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/749375.pdf?acceptTC=true> (Nisan, 2011)
- [121] Thurstone, T.G., Thurstone, L.L., Mechanical Aptitude II, Description of Group Tests, 1949. <http://www.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/490039.pdf> (Temmuz, 2010)
- [122] Towle, E., Mann, J., Kinsey, B., O'Brien, E.J., Bauer, F., Champoux, R., Assessing the Self Efficacy and Spatial Ability of Engineering Students from Multiple Disciplines, 35<sup>th</sup> ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 19- 22 October, Indianapolis, 2005. <http://mail.epinnovations.com/fie2005/papers/1257.pdf> (Mart, 2012)
- [123] Tsutsumi, E., Schröcker, H.P., Stachel, H., Weiss, G., Evaluation of Students' Spatial Abilities In Austria and Germany, *Journal for Geometry and Graphics*, 9 (1), 107- 117, 2005. <http://www.geometrie.tuwien.ac.at/stachel/j9h1tsut.pdf> (Nisan, 2010).
- [124] Tsutsumi, E., Shiina, K., Suzaki, A., Yamanouchi, K., Saito, T., Suzuki, K., , A Mental Cutting Test on Female Students Using a Stereographic System, *Journal for Geometry and Graphics*, 3 (1), 111- 119, 1999.
- [125] Vandenberg, S.G., Kuse, A.R., Mental Rotations, A Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization, *Perceptual and Motor Skills*, 47, 599-604, 1978.
- [126] Velez, M.C., Silver, D., Tremaine, M., Understanding Visualization Through Spatial Ability Differences, *Proceedings of the IEEE Visualization 2005 Conference (VIS 2005; 511–518)*. New York: IEEE., 2005. <http://www.caip.rutgers.edu/~mariacv/publications/vis05.pdf> (Ekim, 2009)
- [127] Voyer, D., Voyer, S. D., Bryden, M. P., Magnitude of Sex Differences In Spatial Abilities: A Meta-Analysis And Consideration of Critical Variables, *Psychological Bulletin*, 117, 250–270, 1995. <http://psycnet.apa.org/index.cfm?fa=buy.optionToBuy&id=1995-20087-001> (Şubat, 2011)
- [128] Winter, J. W., Lappan, G., Fitzgerald, W. ve Shroyer, J., *Middle Grades Mathematics Project: Spatial Visualization*. NY: Addison-Wesley, 1989.
- [129] Witkin, H.A., Moore, C.A., Goodenough, D.R., Cox, P.W., Field-Dependent and Field-Independent Cognitive Styles and Their Educational Implications, *Review of Educational Research*, 47 (1), 1-64, 1977. <http://www.jstor.org/stable/pdfplus/1169967.pdf?acceptTC=true> (Mart, 2011)
- [130] Wohlschläger, A., Wohlschläger, A., Mental and Manual Rotation, *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 24(2), 397- 412, 1998.

[http://wexler.free.fr/library/files/wohlschl%E4ger%20\(1998\)%20mental%20and%20manual%20rotation.pdf](http://wexler.free.fr/library/files/wohlschl%E4ger%20(1998)%20mental%20and%20manual%20rotation.pdf) (Haziran, **2010**)

- [131] Wu, H.K., Shah, P., Exploring Visuospatial Thinking in Chemistry Learning, *Science Education*, 88 (3), 465- 492, **2004**.  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.10126/pdf> (Nisan, **2012**)
- [132] Yıldırım,S., Dane,Ş., Serebral Lateralizasyon ve El Tercihi, *The Eurasian Journal of Medicine*, 39, 45- 48, **2007**.  
[http://www.eajm.org/sayilar/171/buyuk/pdf\\_EAJM\\_177.pdf](http://www.eajm.org/sayilar/171/buyuk/pdf_EAJM_177.pdf) (Mart, **2011**)
- [133] Yıldız, B., Üç-Boyutlu Sanal Ortam ve Somut Materyal Kullanımının Uzamsal Görselleştirme ve Zihinsel Döndürme Becerilerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Ankara: Hacettepe Üniversitesi, **2009**.
- [134] Yılmaz, H.B., On The Development And Measurement Of Spatial Ability, *International Electronic Journal of Elementary Education*, 1 (2), 83- 96, **2009**. [http://www.iejee.com/1\\_2\\_2009/yilmaz.pdf](http://www.iejee.com/1_2_2009/yilmaz.pdf) (Mart, **2011**)
- [135] Yue, J., Spatial Visualization by Isometric Drawing, *Proceedings of the 2006 IJME - INTERTECH Conference*, **2006**.  
[http://www.ijme.us/cd\\_06/PDF/IT%20302-031.pdf](http://www.ijme.us/cd_06/PDF/IT%20302-031.pdf) (Mayıs, **2010**)

## ÖZGEÇMİŞ

### Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Nazan SEZEN YÜKSEL

Doğum Yeri: Ankara

Medeni Hali: Evli

E-posta: [nsezen@hacettepe.edu.tr](mailto:nsezen@hacettepe.edu.tr)

Adresi: Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi B Blok 06800, Beytepe/ Ankara

### Eğitim

Lise: Ankara Kurtuluş Lisesi (1994- 1997)

Lisans: Hacettepe Üniversitesi OFMA Bölümü Matematik Eğitimi Anabilim Dalı  
(1998- 2004)

Yüksek Lisans: \* Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Matematik Bölümü  
(2004- 2007)

\* Hacettepe Üniversitesi OFMA Bölümü Matematik Eğitimi  
Anabilim Dalı (2004- 2007)

Doktora: Hacettepe Üniversitesi OFMA Bölümü Matematik Eğitimi Anabilim  
Dalı (2007- 2013)

**Yabancı Dil ve Düzeyi:** Almanca (ÜDS: 92,5)

**İş Deneyimi:** Araştırma Görevlisi (Hacettepe Üniversitesi, 2004- ...)