



T.C.  
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ  
EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı  
Matematik Eğitimi Bilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

MATEMATİK EĞİTİMİNDE GÖRSELLEŞTİRME VE GÖRSEL ALGI ÜZERİNE BİR  
SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI

Hale Nur USLU  
ORCID: 0000-0002-7311-0986

Danışman  
Prof. Dr. Eşref HATIR  
ORCID: 0000-0001-5643-2636

Konya – 2023

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca çalışmalarımda benden yardımını ve desteğini esirgemeyen, daima yol gösteren saygıdeğer hocam ve danışmanım Prof. Dr. Eşref HATIR' a saygı, sevgi ve teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez yazım sürecinde karşılaştığım zorluklarda görüş ve önerileri ile yönlendiren, sorularımı her daim cevaplandırıp tecrübelerini benimle paylaşan saygıdeğer hocam Dr. Öğr. Üyesi İbrahim Çetin' e teşekkürlerimi sunuyorum.

Hayatım boyunca, her konuda bana güvenip yardımını ve desteğini esirgemeyen, maddi ve manevi her zaman yanımda olan, bana olan saygı, sevgi ve fedakarlıklarıyla beni değerli hissettiren, çalışma azmi ile bana örnek olan canım annem Saime USLU' ya, iş ahlakıyla bana her daim örnek olan canım babam Hakkı Hanifi USLU' ya, beni her zaman motive eden ablam Hilal ACAR' a, kardeşim Cemile USLU' a ve kardeşim Hilmi USLU' ya sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Son olarak, tanıştığımızdan itibaren karşılaştığım her zorlukta bana destek olan, maddi ve manevi hiçbir yardımını esirgemeyen, hiçbir zaman yalnız bırakmayan arkadaşım Rümeyza UÇAR' a teşekkürlerimi sunuyorum.

Hale Nur USLU

Nisan 2023

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU .....	iv
BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ .....	v
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vi
ÖZET .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>1.GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
1.1. Problem Durumu .....	4
1.2. Araştırmanın Amacı .....	4
1.3. Araştırmanın Önemi .....	5
1.4.Varsayımlar .....	6
1.5. Sınırlılıklar .....	6
1.6. Tanımlar .....	6
<b>2. ALAN YAZIN.....</b>	<b>8</b>
2.1. Görsel Algı .....	8
2.1.1. Zihinsel İmge.....	12
2.1.2. Algısal Sabitlik (Algıda Değişmezlik) .....	14
2.1.3. Zihinsel Rotasyon.....	15
2.1.4. Görsel Ayrımlaştırma .....	17
2.2. Görselleştirme ve Görsel Algı .....	19
2.2.1. Matematik Eğitiminde Görselleştirme ve Görsel Algı.....	21
2.2.2. Geometri Eğitiminde Görselleştirme ve Görsel Algı .....	29
2.3. Geometri Eğitiminde Görsel Algı Süreçleri .....	31
2.3.1. Bilişsel Süreçler: .....	32
2.3.2. Algısal Süreçler .....	33
2.4. Geometrik Şekillerin Öğretimi .....	35
2.5. Görselleştirme Aracı Olarak Teknolojinin Kullanımı.....	38
<b>3. YÖNTEM.....</b>	<b>40</b>
3.1. Araştırmanın Modeli .....	40

3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi .....	41
3.3. Veri Toplama Araç ve Teknikleri .....	41
3.4. Verilerin Toplanması.....	41
3.5. Verilerin Analizi.....	44
3.6. Geçerlik ve Güvenirlik .....	45
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>47</b>
4.1. Makalelerin Veri Tabanına Göre Dağılımı .....	47
4.2. Makalelerin Yayımlandıkları Yıllara Göre Dağılımı .....	48
4.3. Makalelerin Ülkelere Göre Dağılımı.....	50
4.4. Makalelerin Örneklem Büyüklüğü ve Örneklem Grubuna Göre Dağılımı.....	52
4.5. Makalelerin Araştırma Yöntemlerine ve Desenlerine Göre Dağılımı .....	54
4.6. Makalelerin Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımı .....	55
4.7. Makalelerde Görselleştirme Aracı Olarak Kullanılan Teknolojilerin Dağılımı.....	57
4.8. Makalelerin Temalarına ve Konularına Göre Dağılımı .....	58
<b>5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>61</b>
5.1. Tartışma.....	61
5.2. Sonuç.....	67
5.3. Öneriler.....	67
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>69</b>
<b>EKLER.....</b>	<b>76</b>

## TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

*MATEMATİK EĞİTİMİNDE GÖRSELLEŞTİRME VE GÖRSEL ALGI ÜZERİNE BİR SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI* başlıklı tez çalışmamın toplam **70** sayfalık kısmına ilişkin, 7/04/2023 tarihinde tez danışmanım tarafından **Turnitin** adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı **%8** olarak belirlenmiştir.

Uygulanan filtrelemeler:

1. Tez çalışması orijinallik raporu sayfası hariç
2. Bilimsel etik beyannamesi sayfası hariç
3. Önsöz hariç
4. İçindekiler hariç
5. Simgeler ve kısaltmalar hariç
6. Kaynaklar hariç
7. Alıntılar dahil
8. 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Necmettin Erbakan Üniversitesi Tez Çalışması Orijinallik Raporu Uygulama Esaslarını inceledim ve tez çalışmamın, bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranının (%30) altında olduğunu ve intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

7/04/2023

Hale Nur USLU

Prof. Dr. Eşref HATIR

## **BİLİMSEL ETİK BEYANNAMESİ**

Bu tezin tamamının kendi çalışmam olduğunu, planlanmasından yazımına kadar tüm aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini, tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez hazırlama kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel kurallara uygun olarak atıf yapıldığını ve bu kaynakların kaynaklar listesine eklendiğini beyan ederim.

7/04/2023

Hale Nur USLU

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Kısaltmalar

**MEB** : Milli Eğitim Bakanlığı

**NCSM** : National Curriculum Statement for Mathematics

**WoS** : Web of Science

**ERIC** : Education Resources Information Center

**TDK** : Türk Dil Kurumu

**MR** : Mental Rotasyon

**Vd.** : Ve Diğerleri

**TÜİK** : Türkiye İstatistik Kurumu

**FATİH** : Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi

**MV**: Mathematical Visualization (Matematiksel Görselleştirme)

## ÖZET

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü  
Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı  
Matematik Eğitimi Bilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi

### MATEMATİK EĞİTİMİNDE GÖRSELLEŞTİRME VE GÖRSEL ALGI ÜZERİNE BİR SİSTEMATİK DERLEME ÇALIŞMASI

Hale Nur USLU

Geometri eğitiminde şekillerin özelliklerinin ezberletilmesi ya da yetersiz örnek verilmesi gibi sebeplerin öğrencinin öğrenmesini zorlaştırdığı söylenebilir. Görselleştirme, öğrencilerin matematiği öğrenmede karşılaştıkları zorlukları azaltacak bir etkinlik olarak ele alınmaktadır. Görsel algı süreçlerinin eğitime dahil edilerek geometri eğitiminin zorluklarının giderilebileceği düşünülmektedir. Bu araştırmanın amacı, geometride görselleştirme ve görsel algı ile ilgili yayımlanan bilimsel makalelerin analiz edilerek geometri eğitiminde görselleştirme ile görsel algı süreçlerinin kolaylaştırıcı etkisinin vurgulanması ve bu konular hakkında araştırma yapacak kişilere farklı bakış açıları sunmaktır. Araştırma için nitel bir araştırma yöntemi kullanılmıştır ve araştırma modeli olarak ise sistematik derleme modeli kullanılmıştır. ERIC ve Web of Science veri tabanları kullanılarak geometride görselleştirme ve görsel algı üzerine yayımlanmış 47 makale tespit edilmiş ve bu 47 makale veri tabanına, yayımlandıkları yıllara, ülkelere, örneklem büyüklüğüne ve örneklem grubuna, araştırma yöntemine ve desenine, veri toplama aracına, görselleştirme aracı olarak kullanılan teknolojilere ve konu ve sonuçlarına göre analiz edilmiştir. Sonuçlar grafik, tablo, frekans ve yüzde olarak betimsel bir şekilde açıklanmıştır. Araştırma sonucunda makalelerin büyük çoğunluğunun ERIC veri tabanına ait olduğu, en çok makalenin 2011 yılında yayımlandığı görülmüştür. Makalelerin en fazla Türkiye ve ABD’de gerçekleştirildiği bulunmuştur. Makaleler de en fazla nicel yöntemin tercih edildiği, veri toplama aracı olarak en fazla beceri testlerinin kullanıldığı, çalışmaların genel olarak öğrenci ve öğretmen merkezli olduğu görülmüştür. Görselleştirme ve görsel algı ana temaları altında gerçekleştirilen makaleler bu ana temaların önemine, eğitim için kritik rolüne vurgu yapmışlar ve bu temalarla ilgili önerilen araçların ve uygulamaların olumlu sonuçlarına dikkat çekmişlerdir.

**Anahtar Kelimeler:** Geometri, Görselleştirme, Görsel Algı, Eğitim, Öğrenci.

## **ABSTRACT**

Necmettin Erbakan University, Graduate School of Educational Sciences  
Department of Mathematics and Sciences Education  
Mathematics Education Program  
Master Thesis

### **A SYSTEMATIC REVIEW ON VISUALIZATION AND VISUAL PERCEPTION IN MATHEMATICS EDUCATION**

Hale Nur USLU

It can be said that the reasons such as memorizing the features of shapes or giving insufficient examples in geometry education difficilitate student's learning. Visualization is considered as an activity that reduces the difficulties students encounter in learning mathematics. It is thought that the difficulties of geometry education can be eliminated by including visual perception processes in education. The aim of this research is to analyze scientific articles published in geometry visualization and visual perception, to emphasize facilitating effect of visualization and visual perception processes in geometry education, and to present different perspectives to those who will conduct research on these subjects. A qualitative research method was used for the research and a systematic compilation model was used as the research model. Using ERIC and Web of Science databases, 47 articles published on geometry, visualization and visual perception were identified and these 47 articles were analyzed in accordance with their databases, year of publication, country, sample size and sample group, research method, data collection tool, technologies used as visualization tools, subjects and results. Results were descriptively explained as graphs, tables, frequencies and percentages. At the end of the study, it was observed that the majority of the articles belong to the ERIC database and most articles were published 2011. It was found that articles mostly published in Turkey and USA. It was seen that in the articles mostly quantitative methods was preferred, largely skill test was used as data collection tool and studies were conducted in student-teacher centered manner. Articles conducted under the main themes of visualization and visual perception emphasized the importance of these main themes and their critical role for education, and drew attention to the positive results of the tools and practices suggested on these themes.

**Keywords:** Geometry, Visualization, Visual Perception, Education, Student.

## BÖLÜM 1

### 1.GİRİŞ

Geçmişten günümüze insanların düşünme eylemini gerçekleştirmesi ile matematik insanların hayatına girmiş ve büyük kolaylıklar sağlamıştır. Matematik de bir bilim dalı olarak insan yaşamında yer almıştır (İlhan, Çelik, & Poçan, 2016). Başlangıcı yirminci yüzyılın ikinci yarısına dayanan matematik eğitimi matematiksel bilgileri eğitime dahil eden, eğitim yoluyla matematiği aktaran bir bilgi disiplinidir (Cantoral & Farfáan, 2003). Günlük yaşamda matematiksel bilgilerin ve bu bilgilere sahip olmanın bizler için ne kadar önemli bir ihtiyaç olduğunun anlaşılmasını sağlamak için eğitimsel süreçlerin öğrenmeyi en verimli şekilde gerçekleştirecek şekilde düzenlenmesi istenmektedir (Yeşildere, 2006).

Matematik eğitiminin önemi ne kadar dillendirilse de hem matematiği öğretmek hem de matematiği öğrenmek kolay değildir. Matematiğin anlaşıldığı kadar insan hayatında yer edindiği söylenmiştir (İlhan, Çelik, & Poçan, 2016). Matematiğin öğrenene doğru aktarılmadığı durumlarda matematik öğrenen için tam bir muamma olmaktadır (Şan, 2012).

Matematik eğitiminin amacı sadece bireyi aritmetik veya cebir gibi temel bilgilerle donatmak değildir. Bunların yanı sıra bireyi düşünmeye yöneltmek, bireyin akıl yürütmelerle problemlere tutarlı çözümler bulabilmesini sağlamaktır (Şan, 2012). Düşünme belli bir amacı olan, işlevsel ve etkin bir eylemdir (Rogoff, 1990). Buradan da anlaşılacağı üzere düşünme eylemini gerçekleştirdiğimizde karşılaştığımız problemlere daha mantıksal ve ileriye dönük çözümler bulup günlük hayatta matematiği uygulanabilir hale getirdiğimiz söylenebilir. Matematik zihinsel bir aktivitedir ve soyut düşünmeyi gerektirir. Bu yönüyle matematik öğrenimi öğrenciler için zordur (Umay, 1996). Matematik soyut kavramlar içermektedir ve öğrenciden bu soyut kavramları öğrenmesi istenmektedir. Bu yüzden de öğrencilerin en çok zorlandığı, ön yargılarının fazla olduğu derslerden biridir. Matematik eğitimi sırasında belli yöntemlerle bu soyut kavramları somutlaştırmaya çalışarak bu zorlukların azaltılabileceği belirtilmektedir (Baykul, 1999).

Zihnimizde oluşturduğumuz düşüncelerimizi ya da öğrendiğimiz soyut kavramları somutlaştırırken şekillerden ve çizimlerden yararlanırız. Görselleştirme olarak adlandırılan bu işlem el ile ve teknolojik araçlarla yapılabilir (Günaydın, 2011). Görselleştirme matematiğin daha iyi anlaşılmasını, kavramların zihinde canlanmasını sağlar. Öğrencilerin kavramları zihninde nasıl görsele dönüştürdüğüünün incelenmesi matematik öğretmenleri için önemlidir

(Günaydın, 2011). Bireylerin zihinlerinde canlandırdıkları kavramlar o bireye özgüdür. Bu zihinsel süreçlerin matematiğe zenginlik katacağı düşünülmektedir. Gauss, matematiğe “bir göz bilimi” demiştir. Bu onun da matematikte görsel düşünmeye verdiği önemi ifade etmektedir (Şan, 2012). Matematikte birçok alan, görselleri ve şekilleri içermektedir. Bunların en başında ise geometri gelmektedir.

Matematik eğitiminin önemli alanlarından olan geometri şekil ve uzay kavramlarını içerir (Fidan & Türnüklü, 2010). “Geo” ve “metri” sözcüklerinden oluşan ve yer ölçüsü anlamına gelen geometri, bireyin çevresindeki şekilleri anlamlandırabilmesini sağlar. Geometri öğrencinin şekilleri ve şekillerin özelliklerini anlamasını sağlar (Genç, 2010). Yaşamımızın her alanında karşımıza çıkan geometri sadece şekiller, kurallar ve sembollerden oluşmamaktadır. Bunların yanı sıra aralarında anlamlı ilişkiler bulunan kendine ait terminolojisi olan bir dildir. Öğrenciler bu ilişkilerin farkına vararak geometriyi daha anlamlı öğrenebilmektedir (MEB, 2010). Geometrinin hedefi bireyin geometrik şekilleri keşfederek bunları günlük hayatında karşılaştığı problemlerin çözümünde kullanmasıdır. Son yıllarda temel bir beceri olarak benimsenen geometri öğrenimine verilen önem artmakta ve eğitim süreçlerinin geliştirilmeye çalışıldığı görülmektedir (Türnüklü & Özcan, 2014).

Geometri, mühendislikte ve diğer bilim alanlarında da kullanılan yaygın bir disiplindir (Aksu, 2007). Geometrinin içerdiği konular sayısal düşünme becerilerini ve problem çözme becerilerini geliştirir, görseli zihninde canlandırıp yeni çıkarımlar oluşturmayı sağlar, eleştirel düşünebilmede ve neden sonuç ilişkileri kurabilmede önemli rol oynar (Oral & İlhan, 2012). Matematiğin diğer konularının anlaşılmasında da geometri konuları büyük rol oynar. Örneğin kesirler ve ondalık sayılar konularının anlatılmasında dairesel, dikdörtgensel ve karesel bölgelerden yararlanır. Modellemelerde büyük ölçüde geometrik şekiller kullanılır (Genç, 2010). Amerika’daki Ulusal Matematik Danışma Kurulu öğrencide mantıksal düşünme yeteneğini geliştirmeyi ve öğrencinin görseli hissetmesini geometri eğitiminde temel amaç olarak belirlemiştir (NCSM, 1976).

Geometri, temeli ilköğretimde oluşturulması gereken bir derstir. Geometrinin temellerinin ilköğretimde atılmaması sonucu ortaöğretimde öğrenciler için büyük sıkıntı oluşturacağı açıktır. Konuların kendi aralarındaki bağlantılarını kavramayı da zorlaştıracaktır (Genç, 2010). Temeli iyi atılmayan bu matematik alanı ilerleyen öğretim süreçlerinde de öğrencinin karşısına çıkacak, öğrenciyi zorlayacaktır. Bu ise öğrencinin derse olan ön yargılarını artıracaktır. Öğrenciler geometrik kavramları hiyerarşik olarak öğrenirler. Önce

üçgen ve elemanlarını daha sonra dörtgenleri ve özel hali olan kareyi daha sonra da karenin de bir paralelkenar olduğunu öğrenirler. Konular ilköğretimin üçüncü yılından itibaren verilmeye başlanıp ilerleyen yıllarda daha karışık bir şekilde gösterilmektedir (Yılmaz, Turgut, & Kabakçı, 2008). İlköğretim müfredatında yer alan geometri öğretiminde öğrencilerin çizim bilgisi, şekil ve cisimler ile ilgili özellikler bilgisi, sınıflandırmalar bilgisi ve genellemeler bilgisi kazanmış ve bunları uygulayabiliyor olması geometri eğitiminin temelleri açısından önem arz etmektedir (Altun, 2005). İlköğretimin ilk yıllarında geometrik şekil ve cisimleri tanıma, çizme, karşılaştırma ve adlandırma etkinliklerinin yapılması önerilmektedir. Böylece öğrencinin öğrendiği kavramlarla gerçek yaşantısındaki nesnelere ilişkilendirmesinin kolay olacağı söylenebilir (Toptaş, 2008).

Öğrencilerin geometriyi zor bir ders olarak görmelerinin birçok nedeni vardır. Bunlardan bazıları: Öğrencilerin geometri konularının öğrenilmesinin çok zor olduğunu düşünmesi, başarması zor olan bir ders olarak algılaması ve matematik öğretmenlerinin de geometri konularını anlatmada zorlanmalarıdır. Bu faktörlerin geometri alanına yönelik başarının düşük olmasına etken olduğu söylenebilir (Bilgin, 2003). Ayrıca geometri eğitiminde yetersiz örnek verilerek kavramlarla ilgili sınırlı bilgiler oluşmasına, şekillerin özelliklerinin ezberletilerek öğrencinin belli kalıplar dışına çıkamamasına neden olduğu da söylenebilir. Bu yüzden de öğrenci geometriye karşı olumsuz bir tutum geliştirip hatalar yapmaktadır. Öğrencilerin geometrik kavram, özellik ve ilişkilerden mantıklı çıkarımlar yapabilmesi sağlanmalıdır.

Her bir geometri problemi açıkça veya dolaylı olarak bir ‘görme’ işlemini içerir (Gal & Linchevski, 2010). Görselleme ise görmenin de üstünde bir kavram olarak ele alınmaktadır (Zimmermann & Cunningham, 1991). Görselleme, matematiksel düşünmede sözel ifadelerin dışında farklı bir kapı açmaktadır ve öğrencilerin matematiği anlamasında alternatif, güçlü ve gerekli bir kaynak olarak ele alınmaktadır (Konyalıoğlu, 2003). Görselleme, geometrideki kavramların zihinde oluşmasına olanak sağlamaktadır. İnsan algılarının büyük bir kısmı görme duyusuyla elde edilmektedir ve görseldir. Bireyin çevresinde yaşadığı olayların beynin görme ile ilgili bölümünde işlenmesiyle algısal bir ürün ortaya çıkmaktadır ve bu işleme görsel algılama denmektedir (Bangir, 2008). Bir geometrik şeklin pozisyonu ya da büyüklüğü değişse bile yine aynı geometrik şekil olduğunun bilgisi hem geometri hem de görsel algı ile ilgilidir (İlhan, Çelik, & Poçan, 2016). Buradan hareketle geometri eğitiminde görselleştirme ve görsel algı kavramlarının anlaşılıp uygulanması önemlidir.

## 1.1. Problem Durumu

Geometri, matematik eğitiminin önemli alanlarından biridir. Öğrencilerin ön yargılarının olduğu ve zorlandığı bu alan üzerinde çalışmalar yapılması ayrı bir önem ifade etmektedir. Geometri eğitiminde şekillerin özelliklerinin ezberletilmesi ya da yetersiz örnek verilmesi gibi sebepler öğrencinin öğrenmesini zorlaştırmaktadır. Görselleştirme, öğrencilerin matematiksel kavramları öğrenmede karşılaştıkları zorlukları azaltacak bir etkinlik olarak ele alınmaktadır (Şan, 2012). Görsel algı süreçleri eğitime dahil edilerek geometri eğitiminin zorluklarının aşılması sağlanabilir.

Matematiksel görselleştirme ile formüllere olan bağlılığın azaltılması, matematiğe olan ön yargıların kırılması, bireyin doğadaki olaylara bakışının değişmesi eğitimde istenen sonuçlardır (Şan, 2012). Görselleştirme öğrencinin boyutsal düşünebilme becerisini de geliştirmektedir. İki ya da üç boyutlu düşünme becerisi gelişmiş olan birey çevresindeki olaylara farklı yönlerden bakarak farklı çözümler sunabilmektedir (Özdemir, Duru, & Akgün, 2005). Görsel algılamada birey görseli tanıyıp, ayırt edip, önceki bilgileriyle karşılaştırarak ifade etmektedir (Koç, 2002).

Geometrideki hedeflerden birisi de bireyin akıl gücünün ve zihinsel özgürlüğünün bilincinde olmasını, kendi ilişkiler bütünü oluşturmasını sağlamaya yönelik eğitimler vermektir (Toptaş, 2008). Yaşadığımız dünyayı daha iyi anlama, yorumlama ve düşünüp analiz edebilme becerileri için karşılaştığımız şekil ve yapıları algılayıp zihinde canlandırma becerilerine sahip olma önem arz etmektedir (Altınar & Artut, 2017). Dolayısıyla bu bilgiler ışığında geometri eğitiminde görsel algı ve görselleştirme önem ifade etmektedir.

Görsel algı süreçleri ve görselleştirmenin önemi göz önüne alındığında bu alanda bir çalışma yapma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu çalışmadaki amacımız, matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algıya yönelik yapılan çalışmaların derlendiği sistematik bir derleme çalışması yapmaktır. Bu araştırmanın, hem öğrencilere hem de öğretmenlere rehber niteliğinde olması hedeflenmektedir.

## 1.2. Araştırmanın Amacı

Araştırmanın amacı, araştırmacı tarafından belirlenen veri tabanı ya da tabanları kullanılarak matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı ile ilgili yayımlanan makalelerin kriterlere göre incelenmesidir. Bu araştırma ile matematik ve geometri eğitiminde görselleştirme ile görsel algı süreçlerinin kolaylaştırıcı etkisinin vurgulanması ve bu konular

hakkında araştırma yapacak kişilere farklı bakış açıları sunmak amaçlanmaktadır. Bunun yanı sıra bu çalışma ile matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı üzerine gelecekte yapılacak çalışmalara yardımcı olmak, fikir sunmak ve öneminin fark edilmesini sağlamak hedeflenmiştir.

Belirlenen amaçlar doğrultusunda aşağıdaki sorulara yanıtlar aranmıştır.

1. Çalışmaya dahil edilen makalelerin seçilen veri tabanına göre dağılımı nasıldır?
2. Çalışmaya dahil edilen makalelerin yayın yıllarına göre dağılımı nasıldır?
3. Çalışmaya dahil edilen makalelerin ülkelerine göre dağılımı nasıldır?
4. Çalışmaya dahil edilen makalelerin örneklem büyüklüklerine ve örneklem gruplarına göre dağılımı nasıldır?
5. Çalışmaya dahil edilen makalelerin araştırma yöntemlerine ve desenlerine göre dağılımı nasıldır?
6. Çalışmaya dahil edilen makalelerin veri toplama araçlarına göre dağılımı nasıldır?
7. Çalışmaya dahil edilen makalelerde görselleştirme aracı olarak kullanılan teknolojilerin dağılımı nasıldır?
8. Çalışmaya dahil edilen makalelerin temalarına ve konularına göre dağılımı nasıldır?

### **1.3. Araştırmanın Önemi**

Geometri, hem eğitimcilerin anlatmada yetersiz kalmaları hem de öğrencilerin ön yargılarının olması sebebi ile zorlanılan bir alandır. Bu alanın günlük hayatımızda yer edinmesi için öncelikle anlaşılması gerekir. Geometri, kavramların zihinde canlanması ile daha iyi anlaşılır. Kavramların zihinde nasıl görsele dönüştüğünün incelenmesi öğretmenler için önemlidir (Günaydın, 2011). Görselleştirme aynı zamanda bir düşünme etkinliği olarak da ifade edilmektedir. Bu çalışma matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı ile ilgili yapılan çalışmaların belli ölçütler çerçevesinde incelenmesini amaçlayan sistematik derleme çalışması olacaktır. Bu özelliği ile bütüncül bir yapı oluşturup hem eğitimcilere hem de öğrencilere farklı bir bakış açısı sunacağı için önemli görülmektedir.

Ayrıca, görsel algı ve görselleştirme ile ilgili alan yazında oldukça fazla çalışma yapıldığı görülse de matematik ve geometri derslerinde bu unsurların ön plana çıkarıldığı sınırlı sayıda araştırmanın olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmanın, matematik ve geometri

derslerinde görsel algı ve görselleştirmeyle ilgili yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

#### **1.4. Varsayımlar**

Araştırma kapsamında incelenen makalelerin araştırma problemi için yeterli olduğu varsayılacaktır.

Araştırmacının matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı ile ilgili belirlediği veri tabanı veya tabanları üzerinden inceleyeceği makaleleri detaylı inceleyebilmesi için açık bir zihinle yaklaştığı varsayılacaktır.

Ayrıca, araştırma problemini temsil etmesi bakımından, tezin kapsamını belirleyecek araştırmacı tarafından belirlenecek olan çerçeve soruların yeterli olacağı da varsayılacaktır.

#### **1.5. Sınırlılıklar**

Bu çalışma, matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı ile ilgili yapılan çalışmaların belli ölçütler çerçevesinde incelenmesini amaçlayan sistematik derleme çalışması olacaktır. Bu çalışma araştırmacının belirlediği Web of Science ve ERIC veri tabanlarındaki dili İngilizce olan makaleler ile sınırlı kalacaktır. Ayrıca araştırmaya sadece bilimsel araştırma makaleleri dahil edilecektir. Dünya genelinde yapılmış çalışmaların incelenmesi amacıyla önemli atıf indeksleri içermesi ile büyük veri kaynağı olan WoS ile eğitime dair makaleler içermesi ve erişimi ücretsiz olması sebebiyle de ERIC veri tabanı seçilmiştir.

İncelenen makalelerin son taranması Web of Science veri tabanında 30.09.2022, ERIC veri tabanında 24.12.2022 tarihlerinde yapıldığı için çalışma bu tarihlere kadar yayınlanan makaleler ile sınırlıdır. İlk olarak Web of Science veri tabanında araştırma yapılması ve istenen sayıda makaleye ulaşılamaması nedeniyle daha sonra ERIC veri tabanının da araştırmaya dahil edilmiş olması ile son tarama tarihleri birbirinden farklılık göstermektedir.

Araştırmacının çalışmada inceleyeceği konu matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı ile sınırlı olacaktır.

#### **1.6. Tanımlar**

Bu bölümde, araştırmada kullanılan tanımlar aşağıda verilmiştir.

**Algı:** Duyular aracılığıyla elde edilen bilgilerin düzenlenmesinde farkına varma ve anlama sürecidir (Erişti, Uluuysal, & Dindar, 2013).

**Düşünme:** Sistematik ya da rastlantısal olarak fikir üretimi ile sonuçlanan zihinsel bir süreçtir.

**Görselleme:** Günlük yaşantımızda karşılaştığımız bir problemi algılayıp bu probleme dayalı zihinsel imgelerin ya da dış temsillerin oluşturulması ve bunlardan yararlanarak çözüme ulaşılması sürecine görselleme denilmektedir (Günaydın, 2011).

**Görselleştirme:** Matematik eğitiminde karşılaştığımız kavram veya düşünceleri somutlaştırırken şekillerden ve cisimlerden yararlanırız. Bu somutlaştırma aşamaları görselleştirme olarak tanımlanmaktadır (Günaydın, 2011).

**Görsel Algı:** Frostig'e (1968) göre görsel algı; görsel uyarıcıları ayırt etme, bunları sınıflandırabilme ve önceki deneyimlerle bir araya getirmek suretiyle bu uyarıcıları ortaya çıkarabilme yeteneğidir (İlhan, Çelik, & Poçan, 2016).

**Geometrik Şekil:** Bir matematiksel nesne ve bu nesneyle bağlantılı çizimler arasındaki ilişkilerin tamamı olarak ifade edilir (Tapan-Broutın, 2014).

**Zihinsel İmge:** Bir kavram ile ilgili düşünürken gözümüzün önüne ilk gelen görüntü zihinsel imge olarak ifade edilmektedir (Günaydın, 2011).

**Algısal Sabitlik (Algıda değişmezlik):** Bir nesnenin şekli, büyüklüğü, rengi değişse bile kişi tarafından nesnenin ilk algılandığı biçimde algılanmasıdır (Günaydın, 2011).

**Zihinsel Rotasyon:** Nesneye ait oluşturduğumuz zihinsel imgenin zihin içerisinde yer değiştirilmesidir (Günaydın, 2011).

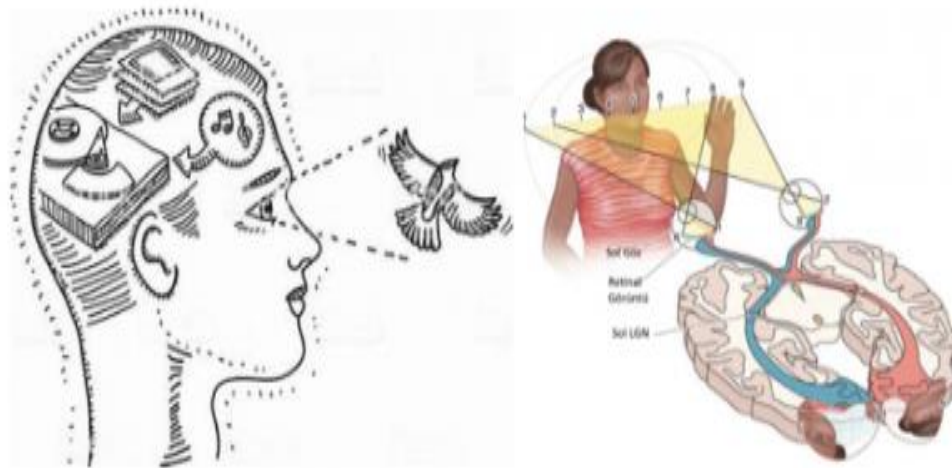
**Görsel Ayrımıştırma:** Nesnelere, zihinsel imgeleri ve resimleri benzerlikleri ve farklılıkları ile karşılaştırma yeteneğidir (Günaydın, 2011).

## BÖLÜM 2

### 2. ALAN YAZIN

#### 2.1. Görsel Algı

Algı, dışarıdan gelmekte olan uyarıyı bireyin fark edip bunları yorumlayarak anlamlı duruma getirme sürecine denmektedir. Algılamının bütün duyuların etkileşimiyle ortaya çıkmasına karşın diğerlerine göre daha etkili ve güçlü olmasından dolayı görsel algılamının ön planda olduğu bilinmektedir. Özellikle görsel biçimde öğrendiklerinin %40'ını hatırlayan, işitsel olarak öğrendiklerinin ise yalnızca %20'sini aklında tutabilen çocuklar için görsel uyarılar daha etkili olmaktadır. Görsel algı, görülenleri anlamlandırarak görsel uyarıların düzenlenmesi, yapılandırılması ve yorumlanması kapasitesi şeklinde tanımlanmaktadır. Görsel algıyla ilgili beceriler, nesnel varlıkların şekil, renk ve diğer özellikleriyle tanıdıktan sonra onların uzamsal ilişkilerine dair kararların doğru bir şekilde verilmesini sağlamaktadır. Kişinin renk, doku, şekil ve durumları birbirine bağlı olmayan yalnızca retinal görüntülerden ibaret bir dünyayı algılamadığı, tersine tutarlı ve organize olmuş bir biçimde hareket halinde olan olay, nesne ve bireyleri algıladığı belirtilmektedir. Bu bağlamda görsel algılama sürecinin, görme işlevinin başladığı an itibarıyla gerçekleştiği bilinmektedir (Can, 2022).



Şekil 2.1 Görsel algı becerisi

Kaynak: [www.albatrosbursa.org/gorsel-algi-becerisi/](http://www.albatrosbursa.org/gorsel-algi-becerisi/).erişim:01.11.2022).

Şekil 1 'de görüldüğü gibi görme işleminin; görüntüleri tanımlamayı, bireye doğru geleni sezme ve tepki verme adına hazırlanmayı sağlayan kompleks bir duyu sistemi olduğu bilinmektedir. İnsan görme duyusu sayesinde hareketlerini yönlendirebildiği gibi kendisini de koruyabilmekte, etrafındakilere anlamlı tepkiler verebilmekte, öğrenebilmekte ve sosyalleşebilmektedir. Görsel algı, beynin görülen her şeyi yorumlayıp inceledikten sonra bunları anlayabilme yeteneğidir. Görsel algının gözden beyne kadar uzanan oldukça karmaşık bir süreç olduğu bilinmektedir.

İnsan dış dünya ile alakalı öğrendiklerinin büyük kısmını görme duyusuyla sağlamaktadır. Görmenin insanın bütün duyuusal sistemi içinde etkinlik ve zenginlik bakımından ayrıcalıklı ve çok önemli bir konumda olduğu belirtilmektedir. Bu bakımdan görsel algıların da insan davranışlarında diğer duyu organlarına nazaran daha fazla etkiye sahip olduğu görülmektedir. Görsel algı, en küçük parça içinde dahi bütünü görebilmeyi sağlamaktadır. Bütün insanlar, algısal birikimlerini düşünme aşamasında etkin bir şekilde kullanmaktadır. Akıl; beyinde bilgilerin simgesel, imgesel ve kavramsal şekilde üretimini, üretilen bilgiler arasında ayırt edici olanların belirlenmesini, bunların sınıflandırılmasını, zaman ve mekâna yerleştirilmesini gerçekleştirmektedir. Bu durumda aklın daha üstün olduğu ve algılamının daha alt zihinsel işlev şeklinde görüldüğü söylenemez (Ekici, 2004).

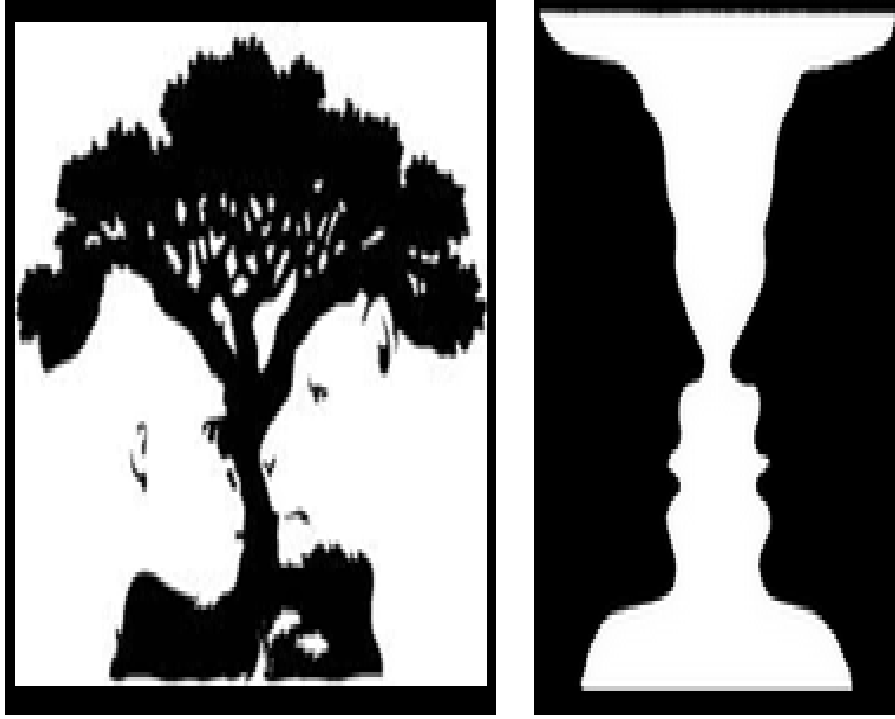
Görsel algı, beynin görsel uyarıcıları tanımlayıp geçmiş tecrübelerle göre yorumlanmasıdır. Duyusal fonksiyon vasıtasıyla çevreden alınan bilgiler, bilişsel işlevler sayesinde düzenlenip yorumlanmakta ve anlamlandırılmaktadır. Görsel algılamayla ilgili beceriler; nesnelere şekil, renk ve sair özellikleriyle tanınmasını içermekte, nesnelere boyut, yapı ve mekânla ilgili ilişkileriyle alakalı doğru kararlar alabilmeyi sağlamaktadır. Matematikte alanındaki kimi araştırmacılar; problemlerin anlaşılır hale getirilmesinde, sayıların hizalanmasında, matematikle ilgili becerilerin okunmasında, üst düzeydeki kavramların tanınmasında ve geometrik şekillerin anlamlandırılmasında görsel algının anlamlı etkilerinin olduğunu tespit etmişlerdir. Görsel algıyla ilgili sorunlar yaşayan çocukların; gündelik hayat becerilerinde, sınıflarındaki etkinliklerde, okuldaki gelişimlerinde problemlerin ortaya çıktığı görülmektedir (Atıcı, 2021).

Araştırmacılara göre, görsel algılama alanları; el-göz koordinasyonu, şekil-zemin ayrımı, algılama sabitliği, mekân konum algısı ve mekânsal ilişkilerin algılanması olarak beş alt boyuttan oluşmaktadır. Belirtilen alt boyutlar aşağıda izah edilmiştir:

- **El-göz koordinasyonu:** Göz-motor, görsel-motor koordinasyonu şeklinde de ifade edilen bu fonksiyon, görsel algılama yoluyla alınmış olan bilgilerin, zihin ve beden iş birliği ile işlenmesinin ardından gerekli motor tepkinin oluşması şeklinde tanımlanmaktadır. El ve göz koordinasyonunun; yazma işi, matematiksel hesaplama, kendi başına giyinme-soyunma, yakalama, bağcıkları bağlama zıplama gibi birçok becerinin kazanılmasında önemli etkisinin olduğu bilinmektedir (Atıcı, 2021). Bütün hareketlerin başarılı bir şekilde gerçekleşmesi, bu fonksiyonun kusursuz bir biçimde uygulanmasına bağlıdır. Bu fonksiyonun gelişimi adına; kartondan geometrik şekil kalıplarının kenarlarını takip ederek şekiller çizmesi, büyük bir kağıt üzerinde karalama yapması gibi etkinliklerle çocuğun el-göz hareketlerinde koordinasyon izlenmektedir (Ekici, 2004).
- **Şekil-zemin ayrımı:** Birbirinden farklı olan uyarıcılara karşın yalnızca bir uyarıcıya odaklanıp ilgili uyarıcının diğerlerinden ayırt edilebilmesi şeklinde tanımlanan bu algılamada; dikkati çeken uyarıcının “şekli”, açık bir biçimde algılanmayan kısmın ise “zemin” olarak belirlenmesi söz konusudur. Herhangi bir nesnenin anlamlandırılması için o nesnenin zeminle olan ilişkisinin tam olarak anlaşılması gereklidir. İnsan şekil zemin ayrımı yapabilecek algılama sistemine sahip bulunmaktadır. Mesela; şu anda okunan yazılar şekli, arkasındaki beyaz sayfa ise zemini oluşturmaktadır. Kişinin dikkatini çekip odaklaştığı şekildir, zeminin ise dikkati çekmediği için bireyin algı alanına girmediği görülmektedir (Ekici, 2004).

Aşağıdaki şekil 2’ de bu ilişki örneklenmektedir. Bu şekillere bakıldığında insanların algılama sisteminin şekil-zemin arasında ayırım yaptığı, şeklin dikkati çekmesine karşın zeminin dikkati çekmede geride kaldığı görülecektir.

Bu bağlamda Gestalt teoremine göre, dikkat yoğunlaşmasına göre şekil-zemin odaklanması değişebileceğinden dolayı şekil ve zeminin mutlak kavramlar olmadığı belirtilmiştir.



Şekil 2.2 Gestalt kuramında form-zemin ilişkisi

Kaynak: <https://medium.com/bid%C3%BCnyai%CC%87> erişim:01.11.2022

- **Algılama sabitliği:** Nesnelerin dış görünüş bakımında farklılıklarına karşın konum, şekil ve boyutları gibi özelliklerinin değiştirilmeden kavranması olarak izah edilen algılama sabitliğinin; çocukların iki boyutlu zeminde çizilen üç boyutlu olan nesnelere tanınmasını sağladığı bilinmektedir. Algılama sabitliğiyle alakalı faaliyetlerde, çocukların öncelikle basit şekiller ile çalışmaya alıştırılması, sonra o şekillerin biçimlerini algılamalarının sağlanması gerekmektedir. Bu bağlamda; çocukların nesnelere eline almaları, onları parçalara ayırma ve tekrar birleştirmeleri adına farklı büyüklük ve şekillerdeki blok yapıları inşa etmeleri sağlanmalıdır. Çocukların üç boyutlu olan nesnelere algılaması iki boyutlu olanlardan daha kolay olup algılamalarında üç boyuttan iki boyuta geçiş için aktarım yapmaları gerekmektedir. Bu aktarım, çocukların nesnelere izlemelerinin ardından basit şekilleri çizebilmesiyle başlayacağı belirtilmektedir (Atıcı, 2021).
- **Mekan konum algısı:** Bireyin nesnelere parçaları ile bu parçaların birbirine göre konumunu algılama becerisi olan mekan-konum algısının gelişebilmesinde dikkatin önemli bir yeri bulunmaktadır. Bir şekildeki kalıp, eğimli duruş, dikey ya da yataylık,

sağa-sola yönelim gibi pozisyon farklılıklarının mekan-konum algısına etki ettiği bilinmektedir (Atıcı, 2021). Mekan-konum algısı sorunlu olan çocukların başarı yolunda kendilerinden emin olamadıkları, okuma yazma ile aritmetik işlemlerde zorlandıkları görülmektedir. Bunun yanında çocuklar; yapacağı ilk çalışmalar sonunda harf, kelime, sayı ve resimleri doğru bir şekilde algılayamadıklarından şaşırmakta ve b harfini d, 6 rakamını 9 olarak tersinden algılayabilmektedir (Ekici, 2004)

- **Mekânsal ilişkilerin algılanması:** İki ve fazlası nesnelerin birbirleriyle ilişkilerinin ve aralarındaki konumların algılanması hususudur. Bu beceri öncesinde mekan-konum algısı kavranması gereklidir (Atıcı, 2021). Boncukları ipe dizen bir çocuk, ipin kendisi ve diğerleriyle olan konum ve ilişkilerini algılayabilmelidir. Mekanla ilgili konumun algılanması sonrasında mekânsal ilişkilerin algılanması gelişebilmektedir. Söz gelimi figür-fon algılama işinde tüm dikkat figüre verilirken fon geri planda kalmaktadır. Fakat mekânsal ilişkiler algılanırken her bölümün mekanla olan ilişkisinin aynı dikkatle incelenip algılanması gerekmektedir (Ekici, 2004).

Görsel algınının daha iyi anlaşılabilmesi adına zihinsel imge, algıda değişmezlik, zihinsel rotasyon ve görsel ayırma kavramları aşağıda kısaca izah edilmiştir.

### 2.1.1. Zihinsel İmge

Yaratıcılık kavramı içinde ele alınan ve yaratıcı kapasite konusundaki ilgi çekici bilişsel becerilerden olan zihinsel imge kavramından önce imgenin daha iyi anlaşılması gerekmektedir. Gerek Türkçe gerekse yabancı dildeki alan yazında imgeyle ilgili değişik tanımlamalar yapılmaktadır. Keser'e göre (2009) imgenin tanımı: Gerçek dünyanın insan zihnindeki yansıması, bir kişinin veya fikrin izlenimi ya da resmi şeklinde ifade edilmiştir.

En fazla tercih edilen tanımlamaya göre imge; herhangi bir olay, nesne veya düşünceye dair bireyin zihninde ortaya çıkan resim veya görüntüdür. İmgenin yanında açıklanması gereken diğer kavram olan hayal gücü; Türk Dil Kurumu (TDK) sözlüğüne göre, zihinde hayal yaratabilme becerisi, zihnin nesnelere karşısında olmadığı halde tasarlayabilme yetisidir. İmgelem kavramı ise hayal dünyasının imajınasyonu olarak açıklanmaktadır (Narin, 2019).

Eker ve Sıcak (2016) tarafından yapılan çalışmada; zihinsel imge metafor kelimesiyle eş anlamda kullanılmıştır. Bu bağlamda metafor; bireyin olayların meydana gelmesi ve gelişmesiyle ilgili düşüncelerini yapılandırıp yönlendiren zihinsel araçları içinde en güçlü

olanlardandır. Metafor düşünceleri izah etmede, bilgilerin organizesinde, anlayışların aydınlatılmasında kullanılmakta olan söz sanatı aracıdır. Buna göre metafor, insanın kendi dünyasını anlama ve yapılandırmaya dair oluşturacağı etkili bir zihni haritalamadır. Metaforun her zaman benzerlikler üzerinde kurulamayacağı görülebilmektedir. Bu bağlamda özel yetenekli kişilerin yanında sıradan bireyler tarafından da metaforlar kullanılabilir. Metaforların bireyin çevresini anlamasında, manasız gibi görünen birçok unsurun anlaşılmasında ve bunlardan anlamlar çıkarılmasında etkili olduğu, yaşantılara anlam katarak bilmeyi sağladığı görülmektedir. Metaforların olduğu yer olan bireyin yaşantısından, deneyimlerinden, çevresinden ve ön öğrenmelerinden soyutlanamayacağı, bundan ötürü de eğitim öğretim sürecinde metaforların önemli fonksiyonlarının olduğu belirtilmektedir.

Zihinsel imgelemeyi zihinsel metafor kavramıyla aynı anlamda kullanan başka bir araştırmacı Saban'a (2009) göre son zamanlarda; özellikle Lakoff ve Johnson'un (2005) tarafından yapılan çalışmaya göre gelişen, "zihinsel metafor teorisi" şeklinde ifade edilen bir yaklaşım bulunmaktadır. Şayet adı geçen çalışmada da iddia edildiği gibi insanın kavram sisteminin büyük çoğunluğu metaforikse, o takdirde insanın düşünme tarzından tecrübelerine kadar her şeyin metaforik olması söz konusudur. Bu teoriye göre; metafor bir olgunun başka bir olgu açısından anlaşılması ve tecrübe edilmesidir. Metaforu asıl güçlü kılan durumun bu olduğu, iki benzemeyen olgunun arasında kurduğu ilişkiyle belirli bir zihni şemanın başka şema üzerinde yansıtılmasını sağladığı belirtilmektedir. Morgan (1998; akt.Saban, 2009) tarafından da vurgulanan metaforların kullanılmasının, dünyayı anlamaya yarayan düşünce ve görme biçimi oluşturduğu söylenebilir. Metaforların bu özelliği, birey zihninin belirli kavrayıştan farklı bir kavrayışa doğru yönelmesini ve bireyin belirli bir olguyu farklı bir olgu şeklinde görmesini sağlamaktadır.

Zihinsel imgeleme, uygun duyuyla alakalı girdi ya da bilgi olmadığında ortaya çıkan algısal tecrübe şeklinde tanımlanabilmektedir. Betts'e (1909) göre zihinsel imgeleme, algıyla yakınlığı dikkate alındığı zaman ortaya çıkan ve ses, tat, koku gibi özellikleri içine alan duyuusal deneyim şeklinde ifade edilebilmektedir. Bu bağlamda zihinsel imgeleme üç adet farklı fakat tamamlayıcı şekilde ortaya çıkmaktadır (Narin, 2019):

- Birinci süreç; duyuusal bilgide çalışan bellek içinde ortaya çıkması vasıtasıyla oluşan süreci ifade etmektedir.
- İkinci süreç; İmgelemenin neticesi veya çıktısını, yani duyu girdisinin yetersiz olması durumunda bir algılama veya duyumun zayıf bir subjektif sonucunu işaret etmektedir.

- Üçüncü süreç ise son görüş imgelemenin sürecinde bulunan becerilerde kişisel farklılıklara işaret etmektedir.

### **2.1.2. Algısal Sabitlik (Algıda Değişmezlik)**

Bir cismin algılanması, şekil ve büyüklük ve benzeri farklı niteliklerine bağlı bir şekilde algılanmaktadır. Bu bağlamda iki-üç boyutlu şekiller, renk, büyüklük, görüş açılarından tanınabilmektedir. Algılama sabitliği, gelişimi normal olan bir birey tarafından üç boyuttaki bir şekil daha önce gördüklerine benzememesine rağmen tanınabilmektedir (Ekici, 2004).

Algılama sabitliği özelliğinin kazanımında büyüklüğün, açıklık ve renklerin önemli olduğu bilinmektedir. Büyüklük sabitliği objenin gerçek boyutunu algılamaya engel olan unsurlardan ayrı olarak kavranmasını, açıklık sabitliği yansımakta olan ışığın miktarı dikkate alınmadan objelerin kavranmasını, renk sabitliği ışık ya da zeminin durumunu dikkate almaksızın objedeki bilinen renginin doğru bir biçimde algılanmasını ifade etmektedir. Ayrıca boyut ve şekil sabitlikleri arasında anlamlı bir ilişkinin olduğu, bu ilişkinin gözleyen kişinin kendisi ve nesne arasındaki göreceli mesafeye bağlı bulunduğu bilinmektedir. Nesne aynı konumda kalmasına karşın gözlemcinin farklı uzaklık ve açılardan nesneye bakması durumunda nesneyi farklı algılamaya yöneltebilmektedir. Bu husus, gözdeki retinanın üzerine yansıyan görüntünün büyüklüğüne göre değişebildiğini göstermektedir. Bu bağlamda boyut sabitliğine dikkat edilmesinin şekil sabitliğinin iyi algılanmasını sağlayacağını göstermektedir. Gözlemci bireyin nesnenin kimliğine dair algılama sabitliği özelliğini kazanabilmesi, boyut ve şekil sabitliklerini doğru bir şekilde analiz etmesini gerektirmektedir (Atıcı, 2021).

Cisimlerin değişiklik göstermeden algılanmasına ait olarak büyüklük, açıklık ve renk sabitlikleri bulunmaktadır. Büyüklük sabitliği, nesnelerin gerçek boyutunu değiştiren unsurlardan etkilenmeden nesnenin tanınması becerisidir. Söz gelimi bir çocuk futbol topunun gerçek büyüklüğünü biliyorsa bu topun çok uzaklardaki minik görüntüsüne karşın topu gerçek büyüklüğü ile algılayabilmektedir. Nesneler insandan uzaklaştıkça nesnelerin büyüklüğü değişmiyor gibi görünmektedir. Bu duruma büyüklük ve şekil sabitliği denilmektedir. Diğerleri gibi büyüklük değişmezliğinin de kusursuz olduğu söylenmemektedir. Uçakta gökyüzünden aşağı bakıldığında yakındaki görüntülerine kıyasla oldukça küçük görünmektedir. İnsanın hareket ettiği süre içinde, sürekli değişen izlenimin retinaya ulaşmasına rağmen nesnelerin gerçekte sabit kaldıklarını algılayabilmektedir. Bu duruma yer

sabitliği (değişmezliği) adı verilmektedir. Söz gelimi Leonardo Da Vinci'ye ait Mona Lisa tablosunun yerine tablodakinin elleri ayrıntılı bir şekilde büyütölse bile daha önce tabloyu bilen biri (tablonun tamamını canlandıran parça verilerin zihninde kayıtlı olmasından ötürü) resmi bütünsel olarak algılayabilmektedir. Reklam sektöründekiler bu özelliği birçok defa kullanmaktadır. Bu bağlamda reklamcılar tarafından bütündeki en kolay parça seyircilere verilmekte, bütünsellik imgesi çağrıştırılmaktadır. Böylece seyirci kendi isteğiyle zihni bir sürecin içine dahil edilerek mesaj içeriğine katılmış olur. Kişi mesajın bir parçası haline geldiği için mesajın etkinliği ve etkisi artırılmış olmaktadır (Ekici, 2004).

### **2.1.3. Zihinsel Rotasyon**

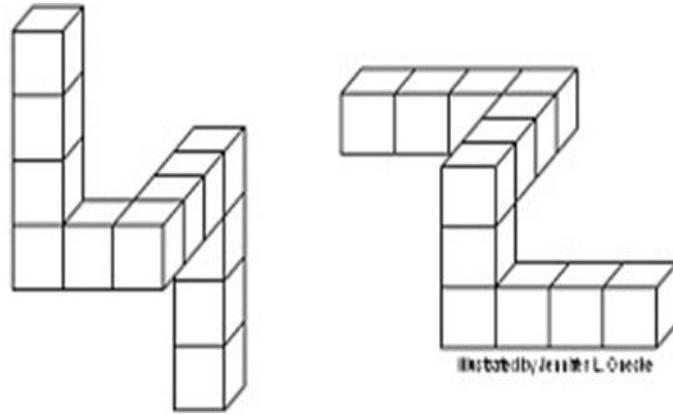
Linn ve Petersen (1985) tarafından yapılan çalışmada zihinsel rotasyon kavramı uzamsal yeteneğin üç unsurundan biri olarak belirtilmektedir. Zihinsel rotasyon, hareket sırasında nesnelerin konumlarının belirlenebilmesiyle ilgili olan bir nesnenin fiziki rotasyonla benzer bilişsel süreç olarak ortaya çıkan durumdur (Polat, Oflaz ve Akgün, 2019).

Bazı araştırmacılar zihinsel rotasyonla mental rotasyonu eş anlamda kullanmışlardır. Buna göre mental rotasyon, nesnelerin tüm ayrıntısı ile hayal edilebilmesini ifade eden “zihinsel betimleme” (mental imagery) şeklinde isimlendirilmekte olan ve bilişsel pek çok fonksiyonun sağlanması oldukça önemli kabul edilen bir beceridir. Zihinsel betimleme, daha önce izlenmiş olan bir nesnenin hem hareketli hem de durağan niteliklerini kapsamaktadır. Zihinsel betimlemenin önemli boyutlarından biri nesne betimlemesidir. Bu betimleme, nesnelerin biçim, renk, en, boy ve benzeri görsel durağan niteliklerinin tanınmasını içermektedir. Diğer boyutu uzaysal betimleme; görsel ve sembolik bilgilerin üç boyutlu uzay koordinatları, konum değiştirmeleri ve nesneler arasındaki ilişkileriyle alakalı dinamik niteliklerin zihinsel olarak canlandırabilme becerisini kapsamaktadır. Geliştirilebilen karakterdeki bu beceri, uzaysal konumlama durumlarında ve hedefe dair faaliyeti gerektiren zihinsel idrak ve sorun çözümü bakımından oldukça önemlidir. Bilişsel nitelikte bir görevin yapılmasında belirtilen betimlemelerin ikisinin de beraber kullanılması gerekmektedir (Kandemir, 2018).

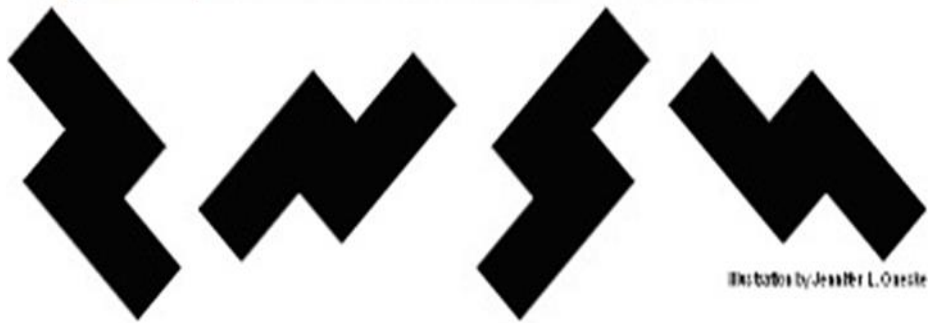
Mental rotasyon (MR) iki ya da üç boyutta olan nesnelerin uzaydaki konumunu ve hareketlerini zihinde canlandırabilme yeteneği şeklinde ifade edilmektedir. Kişinin, belleğinde bulunan görsel bilgileri zihinsel olarak yönetip yönlendirme ve işleyebilme becerilerinin somut ifadesi olan mental rotasyon, görsel ve uzaysal becerilerin değerlendirilmesi aşamasında yaygın bir kullanıma sahiptir. MR becerisinin öğrenme ile algı

gelişimine yönelik çalışmalar yapılmış; bu çalışmalarda MR becerisinin uzaysal muhakeme ve zihni yönlendirme gibi hususlarda çözüme ve başarıya ulaştırmayı hızlandıran etken şeklinde değerlendirildiği görülmektedir (Kızıltan vd., 2013).

Mental rotasyon becerisinin somut ölçümüne dair yapılan çalışmaların ilkinin Shepard ve Metzler yapmış olup bu çalışmada belli sayıda 3-boyutlu küp yan yana getirilmiş, bir araya getirilen nesnelerin 2-boyutlu görüntüleri kullanılmıştır. Belirtilen ilk araştırmada, uzayda dönme açıları farklı olan iki nesnenin görüntülerinin aynı olduğunu belirtme süresinin dönme açılarının farkına göre artacağı belirtilmektedir. Bu tespitin sonraki araştırmalarla desteklendiği görülmektedir. Günümüzde, görsel ve uzaysal işlevlerde beynin fonksiyonel durumunun incelendiği araştırmalarda, zihinsel işlem yapmayı gerektirmeyen problem çözümleri esnasında sol beyin korteksinin aktifliği görülmüştür. Fakat karışık problemlerin çözümlerinde bu aktivitenin sağ kortekse kaydığı en modern cihazlarla yapılan ölçümlerle görülebilmektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, MR'nin nöral mekanizmalarla, geçmiş yaşantılarla, eğitim programlarıyla ilişkilerini izah etmeye yönelik yapılmaktadır (Kızıltan vd., 2013). Aşağıdaki şekilde zihinsel rotasyonla ilgili figürler verilmiştir.



Figür 1: Shepard ve Metzler Zihinde Döndürme Görevi



Figür 2: Tipik Oryantasyona Dayalı Zihinsel Rotasyon Görevi

## Şekil 2.1 Zihinsel rotasyon

Kaynak:[https://tr.wikipedia.org/wiki/Zihinsel\\_rotasyon#/media/Dosya:Zihinsel\\_%C4%B0mgelme.jpg](https://tr.wikipedia.org/wiki/Zihinsel_rotasyon#/media/Dosya:Zihinsel_%C4%B0mgelme.jpg) erişim: 02.11.2022.

Zihinsel rotasyon, iki ve üç boyuttaki nesnelere ait olan zihni temsilleri döndürme becerisidir. Zira zihindeki bu dönüş insandaki görsel temsille alakalı olmaktadır. İnsan beyninde zihinsel rotasyon ile algılamalar arasında ilişkinin olduğu bilinmektedir. Bu bağlamda zihinsel rotasyon için, nesnelere ne olduklarının anlaşılmasına yardımcı olan beynin hareket eden uyaranları olduğu ifade edilmektedir. Zihnimizin bu rotasyon çalışmasındaki hedefi, çevresindeki nesnelere ne şekilde tanıdığını anlama girişimidir. Araştırmacıların bu nesnelere genel olarak uyaran olarak nitelendirdiği görülmektedir. Zihinsel rotasyonun bireyin değiştirilen uyaranları anlamada kullandığı bilişsel bir fonksiyon olduğu görülmektedir.

### 2.1.4. Görsel Ayırma

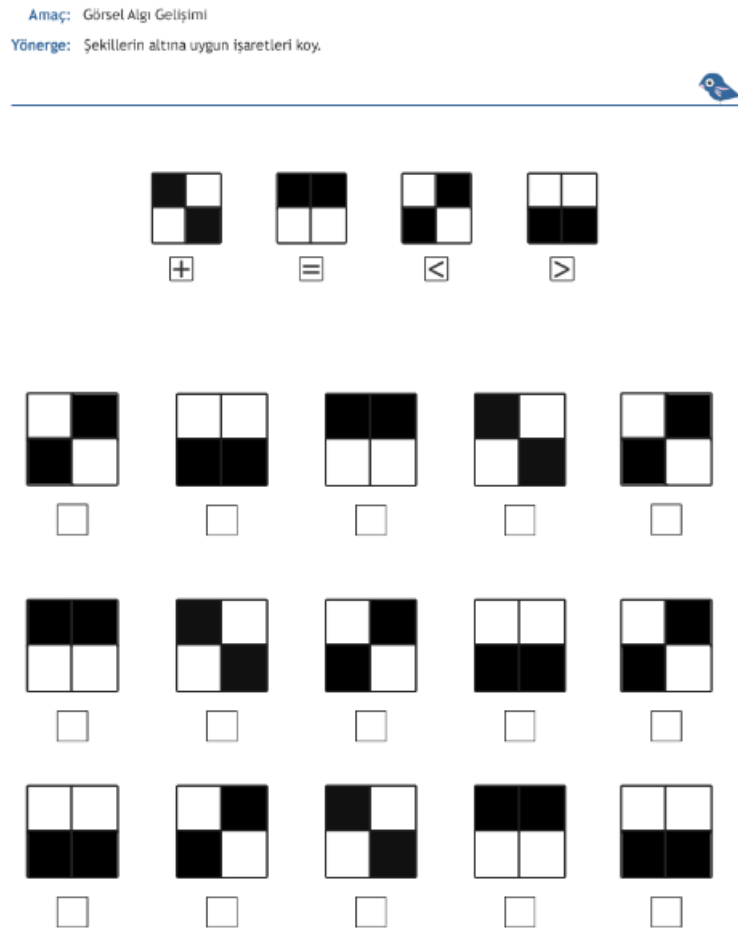
Görsel seviyede herhangi bir şeklin algılanması, diğerlerine veya zemine göre renk, parlaklık ve benzeri farklı özellikler göstermesine bağlıdır. Bu bağlamda görsel ayırma, bir nesnenin biçim, renk, boyut ve benzeri unsurlarına göre ayırt edilebilmesidir. İki ile üç yaş arasındaki çocuklardan aynı şekilleri eşleştirebilmeleri beklenir. Dört yaşındakiler, renk ve şekle benzerlik gösteren nesnelere eşleştirmesini yapabilir, basit şekillerin ayırt edilmesi ya da birleştirilmesiyle yeni bir şekil oluşturabilirler. Beş yaşından sonra çocuklarda nesnelere açı, dış boyut ve benzeri unsurlara göre ayırma yapabilme becerileri gelişmektedir. Bu yaşta yıldız, kare ve yamuk arasında ayırma yapabilmektedir. Flavell ve Pillow (1986) yapılan araştırmada, gerçek görüntülerde boyut-şekil kavramlarının gelişimi minimum yedi yaşına kadar algılanabilmektedir (Çukur ve Delice, 2011).

Görsel algılama becerileri içinde tanıma, ayırt etme ve yorumlamanın önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Bunlar içinde görsel ayırt etme en önemli yetenek konumundadır. Görsel ayırt etmeyi; nesnelere mekanla ilişkileri, nesnelere sınıflandırma ve eşleştirme yapabilme, onları benzerlik, büyüklük, paralellik, renk ve benzeri özelliklere göre benzer ve farklı yönler bakımından tanıma becerisi olarak tanımlayabiliriz. Bu becerileri okul öncesi çocuklara somut gereçlerle somut bir şekilde kazandırmak gerekmektedir (Kalkan ve Arslan,2016).

Görsel algılama, uzamsal ilişkiler ile yapısal becerileri içine alan farklı becerileri gerektirmektedir. Frostig ve Maslow (1973) görsel algılamayı; görsel uyaranlar ve bunlarla

İlgili ilk tecrübeleri yorumlayabilme, uyarınları fark ve ayırt edebilme becerileri olarak tanımlanmışlardır. Görsel algılamanın temeli olarak kabul edilen görsel ayırt etme algılamanın bütün süreçlerinde yer almaktadır. Görsel ayırt etme becerisi: Nesne grupları içinde renk, büyüklük, biçim gibi unsurlar arasındaki benzerlik ve farklılıkları tanımayı gerektirmektedir. Bu yeteneğini kullanan çocuklar, çevrelerinden aldıkları uyarınlarla zihinlerinde yapılar oluşturmakta, uyarınlarn yenilenmesiyle zihinde değişen yapıların düzenlenmesi gerçekleştirebilmektedir (Metin ve Aral, 2013).

Görsel ayırmaştırma ya da eşleştirme becerilerinin, genelde okuma ve heceleme yapabilme adına harfleri ayırmak için kullanıldığı; eşleştirme ve sınıflandırmanın ise benzerlikleri bulabilmek için kullanıldığı görülmektedir. Görselleri eşleştirme becerisine sahip olan çocukların sınıflandırma yapabilme hususunda da başarılı olacağı belirtilmektedir. Aşağıdaki şekilde görüldüğü gibi çeşitli görsel ayırmaştırma etkinlikleri bulunmaktadır.



Şekil 2.2 Örnek görsel ayırmaştırma etkinliği

Kaynak: <https://tr.pinterest.com/pin/486951778433707861/>

## 2.2. Görselleştirme ve Görsel Algı

Görselleştirme yaklaşımı, konuyu araştıranlar tarafından çeşitli şekillerde açıklanmıştır. Arcavi (2003) görselleştirmeyi bir yaratma becerisinin, sürecinin ve ürününün ifade edilmesi şeklinde tanımlamaktadır. Bu bağlamda görselleştirme, bilgilerin tanımlanması ve aralarında ilişkiler kurulması için zihindeki şema ve şekillerin kağıt veya teknik araçlardaki yorum ve yansımadır. Görselleştirme sayesinde daha önce bilinmeyen fikir ve yaklaşımlar geliştirilebilmektedir (Koğ ve Başer,2012).

Görselleştirme, matematik için oldukça önemli kavramlardandır. Tanımlamalar incelendiği zaman, görselleştirmenin süreç ve ürün olarak farklı şekillerde değerlendirildiği görülecektir. Bu bağlamda Arcavi (2003); görselleştirmenin imaj ve resimlerin zihindeki yansımaları açısından ürün, daha önce bilinmeyen yaklaşımları değerlendirebilmeyi sağlaması ve önceki yaklaşımları geliştirici özelliğinden dolayı süreç olduğunu belirtmektedir. Giaquinto (2007) görselleştirmeyi, matematikle ilgili fikirlerin iletilmesi, açıklanması ve keşfedilmesi için iyi bir araç şeklinde tanımlamaktadır. Hershkowitz (1989) ise görselleştirmeyi, görsel bilgilerin yaratılması, temsili, dönüştürülmesi, belgelenmesi becerilerinin bütünü şeklinde ifade etmektedir. Bu nedenle matematik ile ilgili konuların görselleştirme yaklaşımı dikkate alınarak sunulması yönünde araştırmalar yapıldığı görülmektedir (Polat vd., 2019).

Strong ve Smith (2001) tarafından yapılan araştırmada, her bireyin kendine ait görselleştirme becerilerine sahip olduğu ortaya konmuştur. Uzamsal yeteneğin iki alt bileşeninden biri olan uzamsal görselleştirme; resim formunda sunulan uyaranların zihinde döndürülmesi, değiştirilmesi ya da manipüle edilmesi becerisidir. Görselleştirme, bir nesnenin hayali boyutu olan uzayda yeni bir bakış açısıyla manipüle edilmesi becerisi şeklinde ifade edilebilir. Bundan ötürü üç boyutlu olan nesnelerin iki boyutlu temsillerini anlayabilmek uzamsal görselleştirmenin parçalarından biri olduğu görülmektedir. Parçalarından diğeri, iki ve üç boyuttaki nesnelerin hızlı ve düzgün bir biçimde zihinde dönmesinin canlandırılması becerisidir. Zihni çevirme yeteneğinde, iki ve üç boyuttaki nesnelerin zihnimizde farklı açılar ile döndürüldükten sonra canlandırılmasının ve diğer nesnelere göre uzayda alabilecek konumun belirlenmesi ilkesinin esas alındığı görülmektedir. Bu bağlamda uzamsal görselleştirme; bilgilerin statik durumdan dinamik hale dönüşmesi, uzamsal bir şekilde algılama yeteneği, bireyin kendi konumunda çevresiyle uzamsal ilişkiler

gerçekleştirebilmesidir. Zihinsel çevirme de ise iki ve üç boyuttaki nesnelere farklı açılarla zihinde döndürülmektedir (Kaya, 2019).

Görselleme kavramı araştırmacıların yaklaşımlarına göre süreç ürün olarak farklı şekillerde tanımlanmaktadır. Bu bağlamda Bishop'a (1980) göre görselleme: Zihinsel imgeler ile uzamsal yetenek ve sezgilerin birbirleriyle etkileşimleri neticesinde ortaya çıkan süreçtir. Kruteskii (1976) görsellemeyi, soyut fikirlerin resimlenmesi veya somut hale getirilmesi şeklinde ifade etmektedir. Görselleme kavramının matematik eğitimi konu alan literatürde, imgeler, uzamsal beceri ve sezgisel fikirlerle yoğunlaşmış olan bir oluşumun göz önünde canlandırma durumu biçiminde tanımlandığı görülmektedir. Görsellemenin görülmeyenlerin ortaya çıkmasını sağlayan yöntem biçiminde tanımlanması yapılabileceği gibi, yanlış sezgisel fikirlerin doğru sembol temsillerle çatışma durumuna getirilecek çözüm yolu olduğu ifade edilebilmektedir. Görselleme tanımlamalarında en fazla zihinsel ve uzamsal imgelerin alt kavram olarak yer aldıkları görülmektedir. Görselleme, resim, grafik ve benzeri görsel öğelerin yardımıyla görme duyusunun algılamasını kolaylaştıracak somutlaştırılma düzenlenmesi şeklinde de ifade edilmektedir (Sevimli ve Delice, 2010).

Görselleştirme (Visualization), iki ve üç boyuttaki nesnelere zihinde döndürülmesi ve değiştirilmesi becerisini içeren bir yetenektir. Bishop'a (1980) göre bu yetenek, yüksek ve düşük beceriler olarak ikiye ayrılmaktadır. Yüksek seviyedeki uzamsal yetenek, imgelerin zihinde değişmesini gerektiren üç boyuttaki nesnelere görselleştirilmesidir. Düşük düzey uzamsal yeteneği ise görsel imgelerin zihni değişimini sağlamayan iki boyuttaki nesnelere görselleştirilmesi şeklinde ifade etmektedir. Görselleme becerisinde imgelemenin ve matematiksel becerilerin dikkate alınması gerektiği belirtilmektedir (Kurt, 2002).

Matematik eğitiminde görselleştirme; problemlerin araştırılması ile matematik kavramları ve kavramların ilişkisine anlam verme işinde oldukça önemli bir araçtır. Birey uzamsal bir düzenleme oluşturduğunda, zihninde buna rehberlik eden görsel bir görüntü yer almaktadır. Matematik uğraşlarında, uzamsal tabiatın bütün yazılımları ile zihinsel görüntülerin yapılanması ve dönüşüm süreci görselleştirme olarak tanımlanmaktadır. İnsanda uzamsal bir düzenleme meydana getirildiğinde, zihinde buna rehberlik yapacak görsel görüntünün yer alacağı bilinmektedir. Görselleştirme, bilgi fazlalığı durumlarında olası karmaşıklığı azaltmaya olanak sağlamaktadır. Fakat görselleştirme hakkında halihazırda zorluk ve sınırlılıkların devam etmesi görselleştirme hususunda gönüllü çalışmalarını yavaşlatmaktadır (Yılmaz ve Argün, 2013).

Görselleştirmeye alakalı olarak uzmanlık gerektiren matematik, tıp, mühendislik, psikoloji gibi birçok alanda araştırmalar yapılmaktadır. Bunlarında yanında iletişim alanında da görselliğin önemli bir yeri bulunmaktadır. Söz gelimi, lisanın iletişimde oynadığı rol kadar görselliğin ağırlığı bulunmaktadır. İnsanların görsel bilgilere daha fazla güvendikleri, duyuşal bilgiden daha fazla görsel bilgiye rağbet ettikleri görölmektedir. Bunun nedeninin, insanın biyolojik ve sosyoköltürel varlığının temelinde görme duyusunun olduğu belirtilmektedir (Turgut, 2019).

Görselleştirme; zihinsel görüntüler arasında gerçekleşen, yapılandırma ve temsillendirme gibi faaliyetlerin olduğu döngüsel ve karmaşık bir süreçtir. Matematikte görselleştirme, gerçek durumların soyutlanıp temsiller haline getirildiği ve görsel olarak sunulduğu faaliyetlerdir. Buna göre görselleştirme hem bilginin analitik gelişiminde yön verici olan hem de bilgileri anlamlı hale getiren bir unsur olmaktadır. Soyut kavramların görselleştirilmesi grafik, diyagram gibi şekillerin kullanılmasıyla sağlanmaktadır. Böylece, insan düşüncelerinin nesnel ve soyut kavramlar arasında kuracağı ilişkiye imkan sağlanmaktadır (Mancoğlu, 2019).

Görselleştirmeye ilgili tanımlar incelendiğinde görselleştirmenin görsel algıyı kolaylaştıran önemli bir etken olduğu görölmektedir. Görsel algı, görme duyusunun en önemli olarak algılanmasından dolayı bilginin öğrenilmesinde, dönüştürülmesinde, yorumlanmasında ön plana çıkmaktadır. Görsel algının işini kolaylaştıran unsur görselleşmeyle yani bilgi ve soyut kavramların somut hale getirilip sunulması ile sağlanmaktadır. Görsel algı ve görselleştirme matematik, tıp, mühendislik ve iletişim gibi uzmanlık gerektiren bilimler için oldukça önemli unsurlardır. Çalışmanın bundan sonraki kısımlarında matematik ve geometri öğretiminde görselleştirme ve görsel algılamının önemi örneklerle belirtilmektedir.

### **2.2.1. Matematik Eğitiminde Görselleştirme ve Görsel Algı**

Grekçe bir sözcük olan “threorein” tasarlamak anlamına gelir. Bu sözcükten türetilen “threorema” kelimesiyse günümüzde kullanmış olduğumuz şekliyle “ispat edilmiş” manasına gelmektedir. Bilhassa modern anlamda yetişen matematikçilerden ilk sırayı alan Pisagorcular, sayılar ve de sayı kümeleri arasında yer alan ilişkileri çakıl taşları, küçük taşlar vb. gibi değişik şekillerde araçlar kullanarak bulmak için çalışanlar tarafından ilk defa kullanılmıştır. Latin hesap örgüsünde de kullanıldığı bilinmektedir. Pisagorcular için görselliği kullanma matematik alıştırmaları çözümünde doğal olmayan bir durumdu. Platon, matematiğin yapısında yer alan görüntülerin özel rolünü daha açık ve daha güçlü vurgulamıştır. Bu durum

aynen bir gölgenin gerçekliği anımsatması gibi fikirler anımsatmaktadır. Gerçek olan daire fikridir fakat onun görüntüsü fikri uyarıcı bir madde olarak önemli bir rol oynar. Onun “dianoia” dediği bilginin görsel şekli matematiksel bilgi için oldukça özeldir. Arşimed, kendi matematiksel keşiflerinde oldukça basit araçların sağladığı benzetimsel avantajları kullanmıştır. Descartes’ın “Regula ad directione ingerie” sinde görselleştirme süreci ile doğrudan alakalı birkaç kuralı vardır. Bahsi geçen bu kurallar matematiksel düşünme için şekillerin ve görüntülerin çeşitli rollerini oldukça kuvvetli bir şekilde belirtmiştir (Şan, 2012).

Descartes’in matematiğe katkılarına ve döneminde bu bilimin ileri seviyede olduğu belirtilmesine rağmen cebir konularının geometrik şekillerin birleştirilmesiyle anlatılması görselliğin önemini ortaya koymaktadır. Gauss, görselliğin önemini vurgulama adına matematik için göz bilimi ifadesini kullanmıştır. Görselleştirme antik çağdan günümüze kadar en üretken matematikçiler tarafından da kullanılagelen bir tekniktir. Bundan dolayı matematik öğretiminde; insan zihnine iyi hazırlanan görsel, sembolik ve sezgisel olan temsili elementlerin verilmesi gerekmektedir (Şan, 2012).

Matematik öğretiminde ana hedefler: Bireyi cebir ve geometriye ait temel bilgilerle donatmak, öğrencileri düşünmeye sevk etmek, onları akıl yürütme neticesinde ulaşılabilecek sonuçlarda tutarlı olma gayretine ulaştırabilmektir. Matematiksel üretim içinde hissiyet ve estetik düşünce bulunmaktadır. Matematik içindeki estetiksel yaşantı; matematik öğreniminin öğrencilerce zevkli hale getirilmesi ve öğrencilerin motivasyonu adına onlara eğitsel fırsat sunabilen biliş tarzı olarak ifade edilmektedir. Böylece matematik öğrenme isteği olanlar için erişilebilir duruma gelmektedir. Bütün öğrencilerin matematiğin eğlence ve güzelliği içinde yaşamaları için öğretimde estetik yönü ön plana çıkarılmalıdır. Bunun yolu, matematikteki güzelliklerin öğrenenler için görülebilmesi adına öğrenmenin cazip bir biçimde görselleştirmekten geçmektedir (Şan, 2012).

Matematik, içindeki kavram, fikir ve metotların sezgisel şekilde gösterilmesini sağlayan ilişki zenginliği içermektedir. Bu ilişki zenginliği matematiğin öğretilmesinde çok yararlı olmaktadır. Matematikle ilgili etkinliklerin anlaşılmasını sağlamada zihinsel yapımız dikkate alındığında, görselleştirmenin matematik içinde oldukça önemli konumda olduğu görülecektir. Matematiksel etkinlikler içindeki birey, değerlendirilmeye uygun gerçekliklerin çok değişik yapılarını matematikselleştirerek ele almaya ve anlamaya çalışmaktadır. Alsina (2002), global hale gelen dünyamızda matematik öğretiminin küresel bir yaklaşımla gerçekleştirilmesinin vaktinin geldiğini, öğrencilerin yalnızca soyut düşünebilme becerilerinin

geliştirilmesinin amaçlanmasının küresel yaklaşım içinde yetersiz kalacağını ifade etmiştir (Şan, 2008).

Matematiksel kavramlarının genellikle soyut bir yapıda olması, bireylerin matematiğe karşı ön yargıyla yaklaşmasına neden olmaktadır. Günümüzde bilgisayar teknolojisiyle matematikte görselleştirmenin yapılması konusu hem bilgisayar teknolojisi hem de matematik araştırmacıları için ilgi çekici hale gelmiştir. Zira görselleştirme sayesinde matematik konuları daha iyi anlaşılabilir. Ayrıca şekil ve resimlerin kullanımıyla yaşantı içindeki kesitlerin durağan hale getirilmesi sağlanarak daha iyi incelenebilmekte ve matematiksel anlamlarının keşfi kolaylaşabilmektedir. Bireylerin öğrenme faaliyetlerin çoğunda görme işlevinin olması öğretimde görselleştirmenin önemini ortaya koymaktadır (Şan, 2012).

Matematik öğretimi programı içinde, matematiğin bütün insanlar tarafından öğrenilebileceği ifade edilmektedir. Oysa insanların öğrenebilmesi için öncelikle matematiğe ilgi duymaları gerekmektedir. İlgi duymanın algılamaya bağlı olduğu düşünüldüğünde, matematik dersinin öğrencilerin algılarına hitap edilerek sunulması gereği ortaya çıkmaktadır. Algılama faaliyetlerinde bütün duyuvarın etkileşimi söz konusu olmasına karşın bu süreçte görsel algılamanın önemli bir konumun olduğu belirtilmektedir. Görsel algılamayla insan görsel uyarıcıları tanıyıp ayırt edebilmekte ve önceki yaşantılarıyla birleştirip yorumlayabilmektedir (Şan, 2008).

Öğretmenler matematik dersleri sınıf etkinliklerinde görselleştirme konusunda desteklenmelidir. Matematikçilerin etkinlikleri gibi sınıf içinde görselleştirme yaparak derslerin işlenmesi sağlanmalıdır. Neticede matematik derslerinde, öğretim sürecinde görselleştirmeyi kullanma adına yenilikçi kaynak ve programlarla derslerin işlenmesi amaçlanmaktadır. Öğretmenler, davranış değiştirmenin hedeflendiği günümüz eğitim sisteminde en önemli unsurlardan biri olarak önemini sürdürmektedir. Ders materyallerinin seçiminde, bunların geliştirilmesinde ve konular için materyal yeterliliğinin tespitinde öğretmenlerin aşağıda belirtilen hususları dikkate almaları gerekmektedir (Şan, 2012):

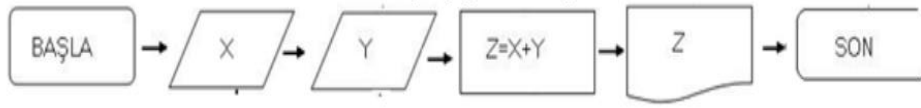
- Materyallerin öğrenciler için ilgi çekici olması, öğrenmeyi kolaylaştırması, anlamlı ve etkili bir biçimde kalıcı öğrenmeyi sağlaması, öğrencilere yaratıcı düşünebilme, yaparak ve deneyerek öğrenme gibi fırsatlar sunabilmelidir.
- Öğrencilerin tamamının uygun materyaller kullanıldığı zaman öğrenebilecekleri akıldan çıkarılmamalıdır.

- Materyaller öğrencilerin ilgi ve ihtiyaçlarına, öğrenme şekillerine, hızlarına ve seviyelerine uygun olarak belirlenmelidir.
- Materyallerin öğretim programı amaçlarını ve davranışlarını destekleyici olmasına dikkat edilmelidir.
- Materyallerin gerçek hayata aykırı olmaması, öğrencilerin kullanacağı şekilde basit ve sağlam olmasına dikkat edilmelidir.
- Konular işlenirken; gerçek eşya ve modellerin tercih edilmesi, bilgisayar, televizyon, ölçü aletleri, mikroskop, dürbün vb. materyallerinin önceden hazırlanması gerekmektedir.
- Kullanılan materyallerin uygun usullerle arşivlenmesine dikkat edilmelidir.

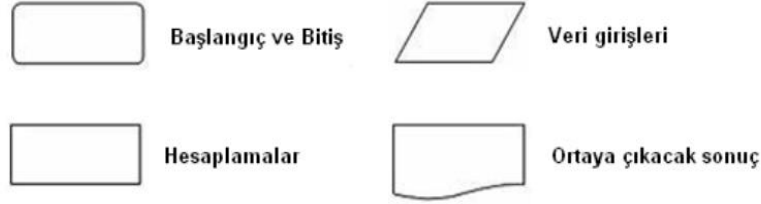
Eğitim süreçlerinde pek çok materyalin kullanılmasına, bunların görsel ve basılı olarak farklı kategorilerde olmasına karşın genellikle basılı olanların kullanıldığı görülmektedir. Basılı materyaller içinde en yaygın olanlar ders kitapları ve yardımcı kaynaklardır. Görsel materyaller içinde en yaygın kullanılanlar aşağıda kısaca belirtilmiştir (Şan, 2008):

- **Yazı tahtası:** Fikirlerin resimlendirilmesi, örnekler vermek, işlemleri ve sembolleri göstermek için kullanılmaktadır.
- **Üç boyutlu modeller, maketler ve numuneler:** Numune ve modeller, öğrencilerin tüm duyu organlarını öğrenme için harekete geçirecek materyallerdir. Numuneler, tabii ortamdan alınarak sınıfa getirilen cisimler olup, özellikle oran-orantı konusu anlatılırken mum gibi materyaller kullanılabilir. Model ve maketleri imkanlar sağlandığında öğrenciler de yapıp tasarlayabilir. Böylece duyu organlarının sınırlarını aşabilen kavram ve tasarımların öğrenilmesi, karmaşık yapıların algılanması kolaylaşacaktır. Öğrenciler tarafından yapılan model ve maketlerin sergilenmesi de yararlı görülmektedir.
- **Haritalar:** Hız problemleri işlenirken mantık ilişkisi kurmada, analitik geometriye girerken şehir koordinatları ile alakalı konu sunumunda haritalardan yararlanılabilmektedir. Bunun yanında öğrencilerin; permütasyon hesaplamalarında muhtemel yol sayısını bulmalarında harita kullanımıyla coğrafya dersiyle ilişki kurmaları sağlanabilmektedir.
- **Diyagram:** Herhangi bir olayın iki ya da üç boyutlu bir şekilde gösterimini sağlayan bu materyal, genel olarak bir kutunun bir kenarının kesilmesiyle oluşturulur. Tamamlayıcı öğeler mukavva veya kil gibi maddelerden boyandıktan sonra kutuya yerleştirilebilmektedir. Diyagram yapılması, öğrencilerin en küçük ayrıntıdaki objelerin incelenmesini kolaylaştırmakta, onların bir olayı görüntüleme perspektifi kullanmaları

sağlanmaktadır. Aşağıdaki şekilde bilgisayarın yapması için hazırlanan matematiksel işlemlerin algoritmik bilgileri akış diyagramı gösterilmiştir.



Bu diyagramda verilen özel ifadeler;



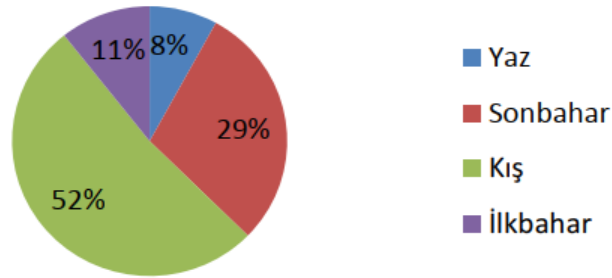
fonksiyonlarını betimlemektedirler.

Şekil 2.3 Diyagram örneği

Kaynak: Şan, 2008

- **Grafik:** Türk Dil Kurumu (2007) sözlüğünde bir olaydaki niceliğin çeşitli durumlarda gösterilmesinde, karşılaştırma yapılmasında kullanılan şekil ve çizgiler olarak tanımlanan grafikler; somut fakat karmaşık görünümlü kavramların basit hale getirilmesinde, makine çalışma ilkeleri ve kavramlar arası ilişkilerin aktarılmasında kullanılabilir. Basit şekil ve yazıların bir arada kullanıldığı grafikler genellikle çizgi, sütun ve daire biçiminde tasarlanmaktadır.

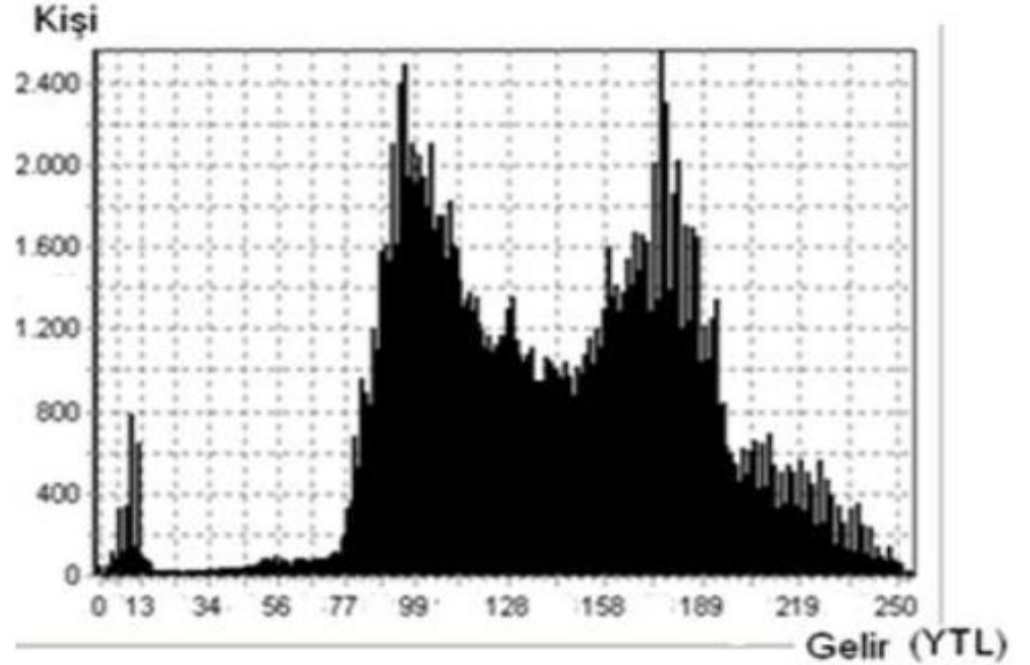
## Yıllık Ortalama Su Girişi



Şekil 2.4 Daire grafik örneği

Kaynak: Şan, 2008

- **Histogram:** Belirlenmiş veri kümesindeki öğelerin frekanslarıdır. Aşağıdaki histogram; bir bölgedeki insanların, günlük gelirlerinin dağılımını göstermektedir. Buna göre; bölgede yaşayanların çoğunluğunun orta gelirli olduğu görülmektedir.



Şekil 2.5 Örnek histogram

Kaynak: Şan, 2008

- **Karikatür:** Birey ve toplum ile alakalı olayları konuları abartılı bir şekilde gösteren, güldürürken düşündürebilen resimlerdir (TDK, 2007). Öğrencilerin eleştirel düşünme becerisi kazanmaları ve kazanımlarını matematik dersinde ilerletebilmesinde karikatürlerin etkili olabileceği belirtilmektedir. Karikatürler, içinde sayısal veriler bulunan ve hesap yapılmasına yardımcı olanlardan seçilmelidir. Aşağıdaki karikatürde eşit kollu terazide seyirci ve oyuncuların ağırlık hesaplaması gösterilmektedir. Eşitsizlik konusu işlenirken bu karikatür kullanılabilir.



Şekil 2.6 Karikatür örneği

Kaynak: Şan, 2008

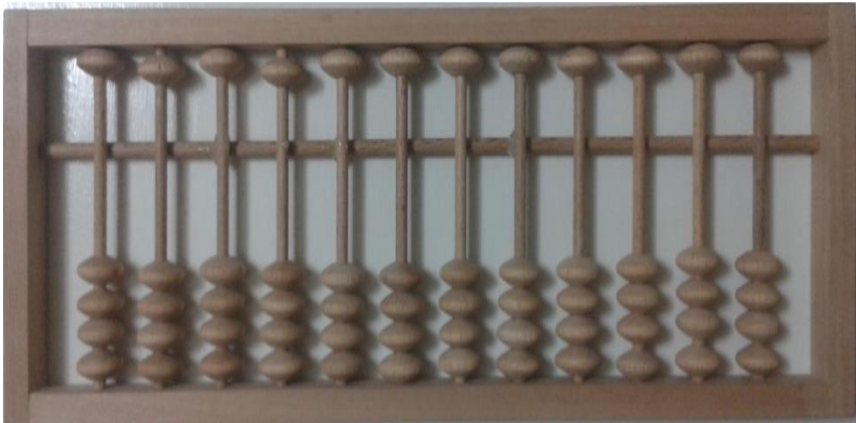
- **Ders Kitapları:** Öğretimde en yaygın kullanımı olan materyaldir. Bunun sebebi elde edilmelerinin ve kullanımlarının daha kolay olmasıdır. Kitapların içerikleri öğrenimin büyük bölümünü kapsamaktadır. Sınıflarda en fazla kullanılan materyal olmasının temel nedeni okul araç ve gereçlerindeki eksikliklerdir.
- **Onluk taban blokları:** En ufak parçası  $1\text{cm}^3$  ölçüsündeki küpten oluşmakta ve bu küpler birlik olarak adlandırılmaktadır. Bu küplerin onu yan yana geldiğinde blok onluk olarak yüzlük ve binlik şeklinde artırılabilen, materyal sıkıntısı yaşandığında birlik, onluk...parçaları kartondan kesilerek oluşturulabilmektedir.



Şekil 2.7 Onluk taban blokları

Kaynak: Şan, 2008

- **Sayı boncuğu (abaküs):** Abaküs, sayı sayma, hesaplama yapma işlerinde çok eski tarihlerden itibaren kullanılmaktadır. Abaküs temelli Çin’de uygulanan mental aritmetik eğitimi ile mental hesaplamalar yapılabilmektedir. Abaküs basit görüntüsüne rağmen toplama makinelerinin, elektronik hesap makinelerinin ve bilgisayarların gelişiminde önemli katkı sağlamıştır. Abaküs yardımıyla mental aritmetik eğitiminin yapıldığı bilinmektedir. Mental aritmetik eğitimiyle öğrencilerin matematik problemlerini el ve abaküs boncukları olmadan zihinden bu araçların görüntüleriyle çözebilmeleri sağlanmaktadır (Özbalcı, 2014).



Şekil 2.8 Abaküs

Kaynak: Özbalcı, 2014.

### 2.2.2. Geometri Eğitiminde Görselleştirme ve Görsel Algı

Geometri sözcüğü “geo-metrica” kelimesinden türemiş olup dünyanın ölçüsü manasına gelmektedir. Geometri matematik bilimi içinde; doğru, nokta, düzlem-düzlemsel şekil ve bunların ilişkilerini, şekiller ile şekillerin uzunluk, alan, hacim ve açı gibi özelliklerini konu edinmektedir. Geometri öğretiminde; 2 ve 3 boyutlu model ve şekillerin özellikleri keşfedilmekte, bu şekillerin ölçüleri hesaplanmakta ve incelenen unsurların gündelik yaşam içindeki problemlerin çözümlerinde kullanılması hedeflenmektedir. Matematik uygulamalarında geometrinin kullanılmasıyla konuların yarı somut hale getirilmesi mümkün olabilmektedir (Şan, 2008).

İdris (2005;akt. Şen,2020) tarafından yapılan araştırmada geometrinin görsel doğasından ötürü uzamsal görselleştirmeye ilişkilendirilebileceği tespit edilmiştir. Bundan ötürü öğrencilerin kaliteli bir geometri öğrenmeleri adına onların uzamsal görselleştirme becerileri geliştirilmelidir. Bu bağlamda ilgili araştırmalarda, uzamsal görselleştirme çalışmalarıyla geometrinin problem çözme başarısının ortaya konulduğu belirtilmektedir. Uzamsal görselleştirme geometrik düşünebilmenin önemli parçalarından olması nedeniyle öğrencilerin bu becerilerinin geliştirilmesi oldukça önemli görülmektedir.

Görselleme hususu matematik ve geometri eğitimi çerçevesinde değerlendirildiğinde, daha çok geometrideki problemlerin çözümünde görsellemenin kullanıldığı görülür. Görsel mantık ve görsellemenin problemlerin çözümünde oldukça önemli beceriler olduğu, öğrenim görenlerin analitik ve görsel öğrenenler olarak sınıflandırıldığı belirtilmektedir. Bunun yanında görselleme; kağıt düzleminde, zihinde ve bilgisayarlı cebir işlemlerinde kullanılanlar olarak da sınıflandırma yapılabilmektedir. Buna göre kağıt ve bilgisayar ile yapılanlar dış bileşen, zihinde yapılanlar ise iç bileşenler olarak ifade edilmektedir (Yaprak, 2019).

Geometri, matematik biliminin önemli parçalarından biridir. Fiziki ve soyut ortamların incelenmesinde, akıl yürütme ve temsilleştirmede kullanılan birbiriyle irtibatlı karışık bir kavramsal ağ sistemi olarak tanımlanmaktadır. İnsanlar geometrik şekiller ve yapı özellikleri arasındaki ilişkileri geometri vasıtasıyla analiz edebilmektedir. Bundan ötürü okul öncesinden son sınıfa kadar matematik derslerinde önemli unsurlardan biridir. Bunun yanında geometri, öğretim programlarında bulunan sayılar, istatistiki öğrenme ve cebir alanlarında zengin görselleştirme kaynağı olmasından ötürü bütünleştirici özelliكتedir. Söz gelimi, sayı ve işlemlerin alt öğrenim alanında kesirlerin öğretiminde geometrik şekillerin görselleştirmede

kullanıldığı görülmektedir. Bunun yanında uzamsal görselleştirmeye geometrik düşünme sağlanabilmektedir (Şen, 2020).

Baki'ye (2001) göre, geometri öğretiminde temel hedef, öğrencilerin yaşadıkları fiziksel çevrelerini anlamlandırma ve açıklayabilmelerinde yardımcı olmak ve öğrencilerin problem çözme becerilerinin geliştirilebilmesini sağlamak olarak özetlenmektedir. Halihazırda uygulanan ortaokul matematik/geometri programında; öğrencilerin etrafındaki şekilleri tanımaları, şekillerin niteliklerini ve diğer şekillerle ilişkilerini ortaya koyabilmeleri, bu şekiller dahilinde alan, hacim, uzunluk ölçümleri yapabilmeleri hedeflenmektedir. Buna rağmen klasik geometri eğitimiyle çağın ihtiyaçlarının karşılanamadığı görülmektedir. Bu bakımdan görsellemenin en teknik unsurlarla geometri derslerinde kullanılması gerekmektedir (Yaprak, 2019).

Geometri dersleri görsellemeyle desteklenerek öğrencilerin kavramlar arasındaki bağlantıları daha iyi öğrenmeleri, geometrik düşünme becerilerini kazanmaları sağlanabilmektedir. Bunun için sınıf içinde en uygun materyallerin hazır bulundurulması, dersi görsellemeyle sunabilecek öğretmenin olması, daha önce temel kavramların öğretilmiş olması ve kavramlarla ilgili yanlış hatalarına engel olunması gibi birçok faktörün bir araya getirilmesi gerekmektedir. Geometri dersi amaçlarında; geometrik şekillerle cisimler ve bunlar arasındaki ilişkilerin açıklanması, bunların sınıflandırılması bulunmaktadır. Bu bağlamda öğretmenlerden; bu kazanımları parçalamadan tam olarak sunabilecek çalışmalar yapmaları, bu çalışmalarda ders kitaplarına bağlı kalmanın yanında çok yönlü ve yaratıcı görsellemeyi sağlayacak yaklaşımla dersleri işlemeleri istenmektedir. Ayrıca öğretmenlerden; derslerde birçok geometrik şekillere yer vermelerinin yanında aynı tipteki şekillerin çizilmesinden ziyade farklı bakış açılarıyla şekiller oluşturmaları, bunlar arasında benzerlik ya da farklılıklar bakımından bağlantılar kurmaları beklenmektedir (Yaprak, 2019).

Araştırmalarda 2005 yılında değiştirilmiş olan müfredat içindeki geometri öğretiminde, görselleme ve uzamsal yeteneğin ölçümünü sağlayacak soruların dikkate alınmadığı belirtilmektedir. Oysa geometri problemlerinde görselleme becerisinin öğrenciye kazandırılması, gündelik yapılan uygulama çeşitlerinin sınıf ortamına getirilmesi, uzamsal becerileri ölçen ve geliştiren soruların derslerde işlenmesiyle hem dersler monotonluktan kurtarılacak hem de istedik kazanımlara daha iyi ulaşılması sağlayacaktır. PISA gibi uluslararası sınavlar için öğrencilerin bilgisinin ölçümünden ziyade bilgilerin ne şekilde yorumlandığı ön plandadır. Türkiye'nin uluslararası sınavlarda matematik ve geometride

sonlarda yer almasının önüne geçmek için öğrencilerin görsel ve uzamsal becerilerini geliştirebilecek biçimde derslerin işlenmesi gerekmektedir (Delice ve Sevimli, 2010).

Geometrik çalışmalar incelendiğinde, uzamsal düşüncenin ileri seviyelere götürülmesi için somut modeller kullanılması gerektiği tavsiye edildiği görülmektedir. Küçük yaşlardaki çocukların oyunlarını geometrik cisimlerle oynamaları sağlanmalıdır. Bu bağlamda geometri dersini somut modellerle işleyen öğrencilerin daha iyi öğrendikleri ortaya konmuştur. Bununla birlikte sadece somut modellerin yeterli olmadığı, materyallerin hazırlanması ve kullanımında öğretmenlerin de hazır olmaları gerektiği belirtilmektedir. Geometri öğretimi sürecinde öğrencilerin yüksek seviyede zihinsel becerilere ulaşmaları, keşfedilen ilişkilerde genelleme sağlayabilmeleri adına çizilen geometrik şekillerin doğruluğu oldukça önemlidir (Yaprak, 2019).

Günümüzde eğitim ortamlarında teknolojinin daha fazla ön plana çıkarıldığı görülmektedir. Bilgisayar ve benzeri teknolojilerle soyut içeriklerin somutlaştırılarak görselleştirilmesi şeklinde eğitim süreci yürütülmektedir. Bilgisayar teknolojileri ilköğretim okullarının ilk kademesindeki matematik ve geometri derslerinde somut kavramlar, ikinci kademesinde ise soyut kavramlar arasındaki ilişkileri ortaya koymada kullanılabilir. Geleneksel ders ortamlarında kalem, kâğıt, cetvel ve benzeri araçlarla yapılan etkinliklerin bilgisayar teknolojileriyle daha kolay ve verimli bir biçimde yapılabildiği görülmektedir. Yazı tahtası ve tebeşirin ön planda olduğu klasik ders ortamlarının yerine bilgisayar ve internet, projeksiyon cihazları, grafik tablet ve akıllı tahta gibi modern teknolojilerin yayılmaya başlaması kaçınılmaz bir süreç olarak gözükmektedir. Öğretmen merkezli geleneksel ders ortamında anlatım ve not tutma ön plandadır. Zaman kaybına yol açan bu ders ortamlarının teknolojik alet ve uygulamalarla desteklenmesi gerekmektedir. Günümüzde pek çok ülkede matematik ve geometri derslerinde grafik tablet kullanımının yaygınlaştığı görülmektedir (Koparan, 2012).

### **2.3. Geometri Eğitiminde Görsel Algı Süreçleri**

Geometrik düşünme süreçlerinin bilişsel ve gelişimsel yaklaşımlara göre teorik (tanım, teorem vb.) ve şekle ait (geometrik şeklin uzaysal nitelikleri) olarak iki farklı boyutta ifade edilmektedir. Bu süreçlerin farklı yorumlandığı Van Hiele modeli gibi yaklaşımlar da bulunmaktadır. Söz gelimi bu yaklaşımda muhakemenin geometrik yetkinliklerin kazanılmasıyla şekilsel süreçlerden teorik süreçlere geçiş söz konusudur. Buna göre geometrik şekiller şekil kavram birlikteliği ile öğrencilerin bilişsel süreçlerinde yer almalıdır.

Duval ise şekil ve kavramsal süreçlerin birbirinden bağımsız alt süreçlere sahip olduğunu fakat aynı zamanda bu iki sürecin birbiriyle ilişkili olduğunu savunmuştur. Bu çalışmada Duval'in (1988) yaklaşımı ele alınacaktır. Buna göre bu süreçler bilişsel ve algısal olarak iki kısımda incelenmiştir (Aytekin, 2021):

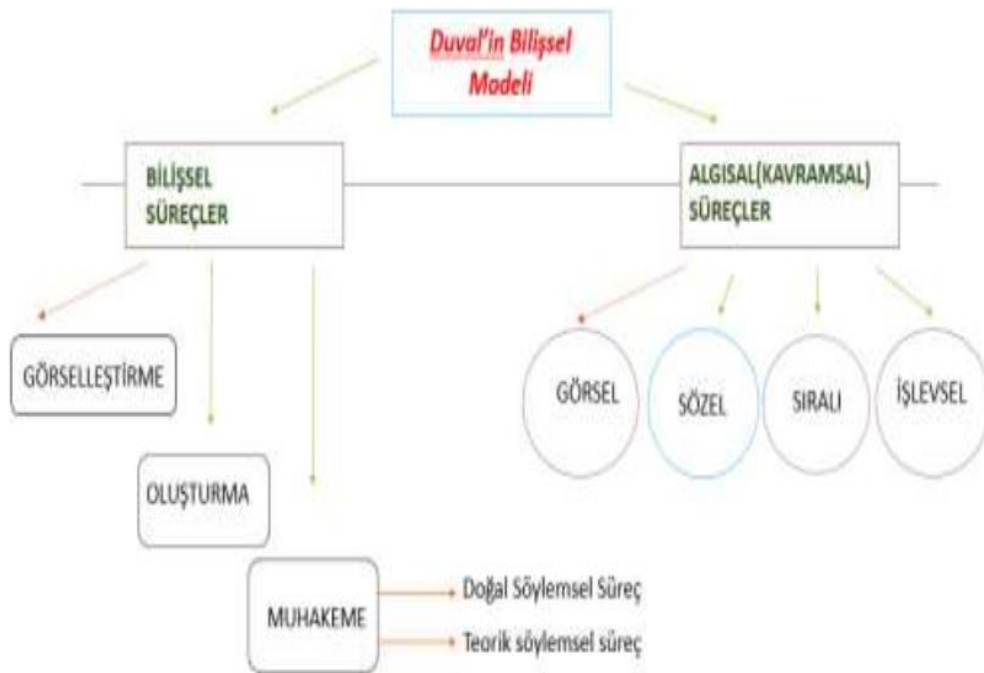
### 2.3.1. Bilişsel Süreçler:

Duval'e (1988) göre bilişsel süreçler; geometrik muhakemede görselleştirme, kurma ve muhakeme etme olarak üç kısımda incelenmektedir. Her bir süreç birbirinden bağımsız ama birbiriyle yakın ilişkide olup aralarındaki etkileşimin artması geometrik yetkinliğin artmasını sağlamaktadır.

- **Görselleştirme:** Uzayın görselleştirilmesini (temsilleştirilmesi) ifade etmektedir. Bu bağlamda bir durum için genel bakış ve anlık algılarla sağlanan verilerin öznel olarak onaylanması ya da verilerin görsel ifade edilmesi söz konusudur. Bu görsel ifadeler içinde geometrik cisim ve şekiller matematiksel nitelikler bulunmalıdır. Buna karşın cisim ve şekillerle uzayın görselleştirilmesi yani geometrik olarak ifade edilişi, ilişkilerin ortaya konulmasında tek başına yeterli olamamaktadır.
- **Oluşturma (Kurma):** Geometrik şekillerin, kağıt, cetvel, kalem, geometri yazılımı ve benzeri araçlar vasıtasıyla adım adım sıralanıp kurulduğu süreçtir. Geometrik şekle ait bir modelin inşası, şeklin görselleştirilmesini sağladığından ötürü şeklin matematiksel niteliklerinin inşa edilen modelde gözlenebilmesi söz konusudur. Bu nedenle, geometrik şekillerin inşa süreci şeklin matematiksel niteliklerinin incelenmesini sağladığı için önemli görülmektedir.
- **Muhakeme:** Bilgide değişimi, ispatı ve açıklamayı sağlayan bilişsel süreç olarak görülmektedir. Bu model, kullanılan şekillere göre doğal ve teorik muhakeme olarak ayrılmıştır. Doğal muhakemede; günlük konuşma dili kullanılarak ve şekilsel temsillerle çıkarım yapılmaktadır. Bireyler geometrik şekiller üzerinde değişiklik yapılabilir ama yapacağı değişiklikleri tanım ya da teoremler yardımıyla ispatlayamamaktadır. Teorik süreçte ise; tündengelim yaklaşımıyla mevcut bilgideki değişimler açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu süreçte tanım ve teorem gibi faktörlerle sonuca ulaşılır. Bu süreçte şekiller üzerindeki değişiklikler teorem ve tanımlarla ispatlanabilir. Matematiksel kavramlarla geometrik bir durumun açıklaması yapılabilmektedir.

### 2.3.2. Algısal Süreçler

Şekilsel temsiller üzerinden geometrik ilişkileri görebilmek bu sürecin en önemli aşamasıdır. Bununla birlikte bu süreçler her öğrencide aynı düzeyde gerçekleşmemektedir. Söz gelimi kimi öğrenciler için hemen fark edilen bir ilişki kimileri için görülemeyebilir. Duval'e (1995) göre bu farklılık pek çok matematik öğretmeni tarafından görülen normal durumlardandır. Türkiye'deki geometri öğretmenleri sıklıkla "geometri bir görme dersidir" benzeri ifadeler dile getirmektedir. Buradaki görmeden kasıt genellikle şekle ait temsiller arasındaki ilişkinin fark edilmesi ya da görülmesidir. Bu süreci Duval (1995), hiyerarşik ilişkisi bulunmayan belirli süreçler üzerinden açıklamaya çalışarak bilişsel süreçlerden farklı dört algısal süreç olarak açıklamıştır. Bu yaklaşımda geometrik şekillerin kavramlardan bağımsız düşünülmemesi söz konusu olduğu için öğrencilerin ispat ve problem çözme faaliyetlerinde matematik prensipleri ve geometrik şekiller arasında doğru etkileşimler kurabilmeleri gerekmektedir. Duval, böyle bir etkileşimin gerçekleşmesinin belli algısal süreçlerin yaşanmasına bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu süreçler; (Güven ve Karpuz, 2016; akt. Aytekin, 2021).



Şekil 2.9 Duval'in bilişsel modeli

Kaynak: Aytekin, 2021.

Bu süreçler aşağıda özetlenmiştir (Güven ve Karpuz, 2016; akt. Aytekin, 2021):

- **Görsel Algı:** Bu süreçte, herhangi bir şeklin ilk bakışta dış görünüşle ilgili bilgileri içermekte ve şeklin ad ve boyut bakımından tanımlanması, şekli meydana getiren geometrik unsurların farkına varılması beklenmektedir.
- **Söylemsel (Sözel) Algı:** Bu süreçte ön bilgilerden (görsel algı) hareketle, şekil ile matematiksel ilkeler (tanım ve teorem gibi) arasında ilişki kurulmasıyla karara varılması söz konusudur. Geometri görme işi olduğu için her öğrencinin şekildeki ilişkileri aynı düzeyde görebilmeleri beklenmemektedir. Bu bağlamda yalnızca görsel algı yetersiz kalmaktadır. Şekille alakalı ön bilgilerden yola çıkılarak tanım ve teoremler yapılabilir. Bu süreçte görsel bilgiler sözel bilgilere doğru çevrilebilmelidir. Bununla birlikte yalnızca bu süreçlerle sonuca ulaşılması yetersiz görülmektedir.
- **Sıralı Algı:** Geometrik şekillerin gelişigüzel çizilmesinden ziyade şekillerin modellerinin çıkarılması ya da bir araç yardımıyla şekillerin oluşturulması şeklin daha iyi algılanmasını sağlayacaktır. Bundan ötürü bu modelde geometrik şekillerin araç kullanılarak oluşturulması ve bu oluşum sürecinin anlatılması gerekmektedir. Zira geometrik şekil belli sırayla oluşturulmaktadır (Duval, 1995).
- **İşlevsel Algı:** Geometrik bir şekle bakıldığı zaman çözüm adına sezinlemeler yapılabilmesi için bu süreç gerekmektedir. Söz gelimi geometride bir problemin çözümünde şekil üzerinde fiziki veya zihinsel yardımcı doğru çizimi, silme-ekleme gibi değişiklikler yapmak gerekmektedir.

Yaprak (2019) tarafından yapılan araştırmada; öğrencilerin sözel bir formatta sunulan problemleri görsel verilene göre daha zor çözebilmektedir. Bunun yanında görselleme sürecini tam olarak başaramayan öğrencilerin sözel problemleri anlamlandırma ve detaylandırma gibi etkinliklerde zorlandıkları; görsel problemlerde ise cevabı bulamaları bile probleme dair yorum yapabildikleri ve sonuca ulaşmaya çalıştıkları görülmüştür. Problem çözme süreçleri basamaklara ayrıldığında, birinci basamakta öğrencilerin bakma ve görme oranlarının yüksek olmasına karşın, ikinci basamak olarak belirtilen bütünleme aşamasında başarı oranının düştüğü görülmüştür. Bu aşamada öğrencilerin temel kavramlarla ilgili özelliklere sahip olmalarına rağmen doğru özelliklerin seçiminde yani görselin içindeki bölümleri zihinlerinde oluşturmakta zorlandıkları tespit edilmiştir. Bundan sonraki yorumlama basamağına geçildiğinde başarının daha da azaldığı görülmüştür. Dördüncü ve son basamak olan çözümlenme aşamasında ise çözümlenme oranının arttığı görülmüştür.

Araştırmacı bunun nedenini öğrencilerin zihinlerindeki problem çözümlerini ezberden yapmalarıyla açıklamaktadır (s.80-81).

#### **2.4. Geometrik Şekillerin Öğretimi**

Matematik konularının tümünde kavramların somutlaştırılması mümkün olmasa bile konuların yarı somut duruma getirilebilmesi matematik öğrenimini kolaylaştırmaktadır. Matematik öğretimi amaçları arasında; öğrencilerin matematikle sanat arasında ilişki kurabilmesi, estetik duygularını geliştirebilmesi, onların matematik dersiyle ilgili pozitif tutum geliştirmeleri ve öz güven duymalarının sağlanması belirtilmektedir. Görselleştirme ile belirtilen amaçlara daha kolay ulaşılabilenekte, öğrencilerin iki ve üç boyutlu düşünerek sorgulayarak öğrenmeleri sağlanabilmektedir. Görselleştirmenin başka bir yararı, öğrencilerin boyutsal düşünebilme becerilerini geliştirmesidir. Öğrencilerin bilişsel gelişimi ve düşünce dünyalarının olumlu yönde gelişmesi sağlandığında onların iki ve üç boyutlu düşünme becerileri de gelişecektir. Böylece onların olaylara farklı açıdan bakmaları, topluluk içinde tartışabilme ve fikir alışverişi yapabilmeleri kolaylaşacaktır (Özdemir, 2005; akt., Şan, 2012).

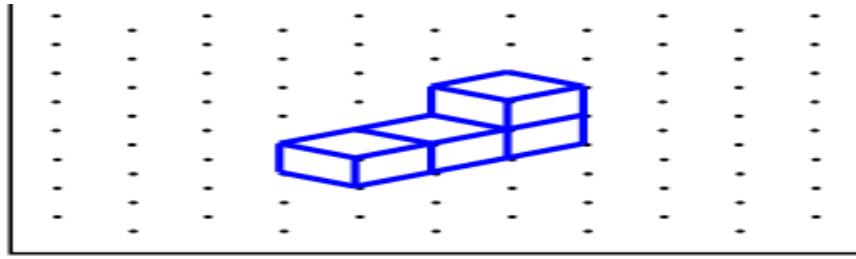
Matematik derslerinde geometri eğitimi verilirken görsellemenin önemine 2.2.1. kısımda değinilmişti. Bu bölümde daha çok geometrik şekil özelliği gösteren araçlara yer verilecektir.

Polat (2013) tarafından yapılan çalışmada; origami etkinlikleriyle geometri derslerinde görsel öğelerin ve görsellemenin artırılabilceği tespit edilmiştir. Bu bağlamda okullarda hazırlanacak origamik küplerle geometrik şekiller oluşturulabilmektedir. Arıcı (2012) origami etkinliklerinin geometrik akıl yürütme yeteneğini geliştirdiğini, geometrik nesnelere ayırt edilmesinde etkili olduğunu belirtmiştir. Lang (2010) kağıt katlama sanatı olan origaminin en fazla geometri etkinliklerinde etkili olduğunu belirtmiştir. Lang kullanılacak kağıtların kare olmasının şart olduğunu, bu suretle üçgen, dikdörtgen gibi şekillere dönüşümün sağlanabileceğini belirtmiştir (s. 23-24).

Geometri derslerinde şekilleri formülleştirme öğrencinin gördüğü bir şekli matematik diline çevirebilme becerisi oldukça önemlidir. Öğrenci, gündelik yaşantısında gördüğü varlık ve nesnelere ifade edebileceği matematiksel anlamları yorumlayabilmelidir. Üst düzey olarak görülen bu duruma erişebilmeleri adına öğrencilerin matematiksel tanımları iyi bilmeleri ve nesnelere birebir etkileşime girmeleri, kontrollü eğitim ortamlarında yoğun öğretimden ziyade etkin bir öğrenme sürecinde olmaları gerekmektedir. Bunun için öğrencilere kendi yaptıkları ya da hazır model materyaller sunularak onların çevredeki olay ve olguları

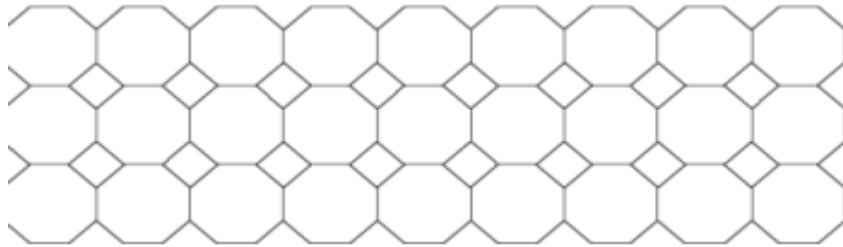
matematiksel olarak yorumlamaları sağlanmalıdır. Mesela; öğrencilerden bir gündeki rüzgar hızı değerlerini saat bazında not etmeleri ve zaman içinde rüzgar hızı değerleri değişimini grafik olarak göstermeleri istenebilir. Geometri derslerinde öğretmenin getirebileceği ya da sınıf ortamında öğrenciler tarafından yapılabilecek bazı materyaller aşağıda örneklendirilmiştir (Şan, 2008):

- Geometrik şekiller: Plastikten üç renkli şeritlerden oluşan bu materyallerle geometri dersine giriş yapılabilir.
- Geometrik kağıtlar: Noktaların eşkenar üçgen biçiminde dizildiği üç boyutlu çizimlerde kolaylık sağlayan izometrik çalışma kâğıdı, yatay ve dikey olarak birbirlerinden eşit uzaklıktaki noktalı çalışma kâğıdı, sekizgen, üçgensel ve dikdörtgensel kağıtlar, eşkenar dörtgensel kağıt, noktalı ve noktasız çembersel kağıt, altıgensel kağıt şeklinde geometri dersleri görselleri hazırlanabilir. Aşağıda izometrik ve sekizgen kağıt örnekleri verilmiştir.



Şekil 2.10 İzometrik kağıt örneği

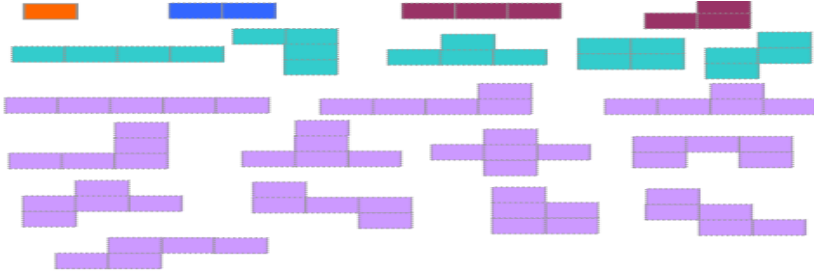
Kaynak: Şan, 2008



Şekil 2.11 Sekizgen kağıt örneği

Kaynak: Şan, 2008

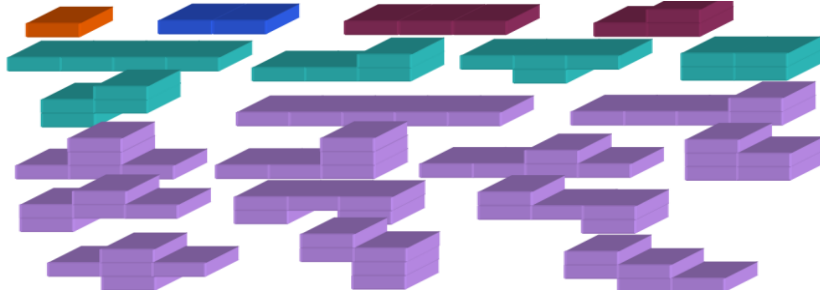
- Çok kareliler takımı: Bir ve beşe kadar karelerden oluşan malzemelerdir.



Şekil 2.12 Çok kareliler takım örneği

Kaynak: Şan, 2008

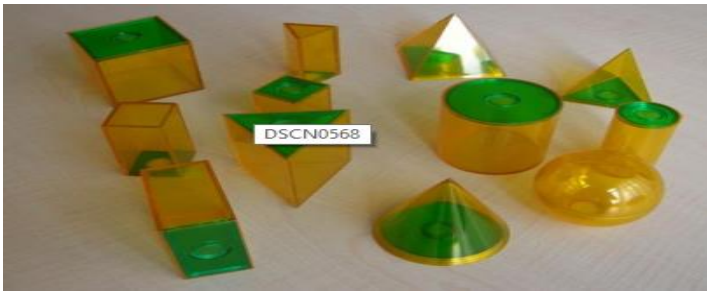
- Cebir karoları ve çok küplüler takımı geometri derslerinde kullanılabilecek üç boyutlu malzemelerdendir.



Şekil 2.13 Çok küplüler takımı örneği

Kaynak: Şan, 2008

- Hacimler takımı: Primit ve prizma hacimleri arasındaki ilişkiyi gösterirken kullanılırlar.



Şekil 2.14 Hacimler takımı örneği. Kaynak: Şan, 2008

## 2.5. Görselleştirme Aracı Olarak Teknolojinin Kullanımı

Alan yazında öğrencilerin matematik ve geometri başarılarının artmasında bilgisayar ve teknoloji kullanımının etkili olduğu çalışmalar yer almaktadır (Önder, 2001; Sezer, 1989). Okullarda öğrenilecek bilgilerin artması, öğretimin git gide karmaşıklaşması, çağdaş ve nitelikli eğitime duyulan ihtiyaç eğitimde araç olarak bilgisayarların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bununla beraber bilgisayar kullanan öğrencilerin geometrik düşünme düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Fidan ve Türnüklü, 2010). Bilgisayar içinde yaşadığımız toplumun ana kültür öğelerinden biri olup kullanımı hızla artan bir araç haline gelmiştir (Odabaşı, 2006). Bu sebeple okullarda teknoloji kullanımının artırılması amacıyla MEB tarafından tüm okullara ücretsiz adsl bağlantısı yapılmış ve bilgi teknolojileri sınıfı açılmıştır. Böylece eğitime teknolojiyi dahil ederek öğrenci başarısının artırılması hedeflenmiştir (Fidan ve Türnüklü, 2010).

2004 yılında Türkiye'deki evlerde masaüstü veya taşınabilir bilgisayar bulunma oranı %10.9 iken 2017 yılı itibari ile evlerdeki masaüstü veya taşınabilir bilgisayar oranı %87.7' yi bulmaktadır (TÜİK, 2017). 2010 yılında Fırsatları Artırma ve Teknolojiyi İyileştirme Hareketi (FATİH) adında projenin başlatılması ile ülkemizde bilgisayarların eğitim ve öğretim alanındaki yeri ön plana çıkmıştır (Tabuk, 2019).

Vatansever'in (2007) yapmış olduğu çalışmada bilgisayar destekli geometri eğitiminin başarılı bir şekilde uygulanabilmesi için okullarda yeterli ve donanımlı bilgisayarların bulunması gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca matematik öğretmenlerinin dinamik geometri yazılımlarını derslerinde etkili bir şekilde kullanmalarının sağlayacağı faydalara değinmiştir. Öğrencilerle yaptığı çalışmalar sonucunda derslerde öğretmenlerin geometrik şekilleri çizmek için cetvel, pergel dışında herhangi bir teknolojik araç kullanmadıklarına ulaşmıştır. Öğrencilerin dinamik geometri yazılımları ile şekillerin özelliklerini daha iyi kavrayacağını, şekiller arasında ilişkiler kurabileceklerini, içeriği daha iyi anlayabileceklerini, yazılımdaki görselliğin onları motive ettiğini, geometrik şekillerin döndürülmesinin, sürüklenmesinin ilgi çekici olduğunu, bunları yaparken hayal gücünün de geliştiğini belirtmiştir.

Güven ve Karataş'a (2003) göre dinamik geometri yazılımları eğitime dahil edilerek geometriyi durağan bir yapıya sahip olan kağıt-kalem sürecinden kurtarıp öğrencilerin keşfetmesine olanak sağlayan dinamik bir süreç haline getirmiştir. Öğrencilerin genelde matematik özelde geometri hakkındaki düşüncelerinin olumlu yönde değiştiği, dinamik

geometri programlarını faydalı buldukları sonucuna ulaşmıştır. Aynı zamanda yapılan keşfetme etkinliklerinin öğrencilere matematiksel özgüven kazandırdığını belirtmiştir.

Bones (2002) yaptığı çalışmasında katı cisimlerin hacimlerinin bulunmasında bilgisayar destekli eğitimin öğrenci başarısını artırdığını belirtmiştir. Hatta yaptığı çalışmada bir öğrenci “ programı kullanmanın ders dinlemeden daha kolay olduğunu düşünüyorum” şeklinde görüşünü bildirmiştir. Bu çalışma aynı zamanda Cabri 3D programının öğrencinin başarısını artırdığını göstermiştir.

OECD'nin 2000 yılından uyguladığı PISA sınavları ile matematik okuryazarlık kavramı gerçek anlamda tanınmış ve ülkelerin eğitim politikalarında, öğretim programlarında değişime öncülük etmiştir. Bunu etkisiyle 2004-2005 yıllarında Türkiye’de matematik eğitim ve öğretim programlarında değişime gidilmiştir (Fırat, 2020). PISA 2015 ulusal raporuna göre matematik okuryazarlık puanına katkı sağlayan şeyler arasında okulun sahip olduğu teknolojik imkanlar ve derslerde teknolojinin kullanılması yer almaktadır (Taş, Arıcı, Ozarkan ve Özgürlük, 2016).

Farklı teknolojik araçlar matematik ve geometri derslerinde yer alan kavramların öğrenciler tarafından modellenmesine yardımcı olmakta ve problem çözme aşamalarına katkı sağlamaktadır. En çok kullanılan dinamik geometri yazılımları GeoGebra, Cabri Geometry, Geometer’s Sketchpad ’dir. Dinamik geometri yazılımları iki ve üç boyuttaki geometrik şekillerin incelenmesi açısından oldukça yararlı bulunmaktadır. Bu yazılımlar sürükleme, döndürme, çizimler yapma gibi özelliklere sahip olup matematik ve cebir uygulamalarının kullanımını da sağlamaktadır. İki büyükşehirde enstitünün yer alması ve Türkçe sürümünün olması nedeniyle Türkiye’de en çok kullanılan yazılım GeoGebra’dır. Yeni gelişen teknolojilerin öğretim ortamlarına nasıl aktarılacağı eğitimde başarıyı da etkileyebilecek önemli bir faktördür (Karaaslan, Boz ve Yıldırım, 2013).

## BÖLÜM 3

### 3. YÖNTEM

Bu bölümde araştırmanın modeli, araştırmanın evreni ve örnekleme, veri toplama araç ve teknikleri, verilerin toplanması ve verilerin analizi bölümleri yer almaktadır.

#### 3.1. Araştırmanın Modeli

Bu araştırma matematik ve geometri eğitiminde görselleştirme ve görsel algı üzerine yapılan araştırmaların belli kriterlere göre incelenmesiyle oluşturulmuş sistematik derleme çalışmasıdır. Cochrane Collaboration, sistematik incelemeyi, belirli bir araştırma sorusuna ilişkin, o soruya belli ölçütler altında yanıt vermek için ilgili yüksek kaliteli araştırmaları belirlemeye, seçmeye, sentezlemeye ve değerlendirmeye çalışan kapsamlı bir üst düzey birincil araştırma özeti olarak tanımlar. Ayrıca, sistematik incelemeler, belirlenmiş araştırma sorusunu ele almak için önceden seçilmiş kriterlerle ilgili tüm sonuçları derler (Harris vd., 2014). Bir konuyla ilgili kapsamlı bir literatür taraması, bilgiyi iletirmek için sağlam bir temel oluşturur. Mevcut araştırmaları ve araştırmaya ihtiyaç duyulan alanları tanımlar (Barn vd., 2017).

Sistematik bir inceleme, ön yargıyı en aza indirmek için açık ve titiz bir şekilde rapor edilmelidir. Sistematik incelemeye başlarken iyi tanımlanmış araştırma sorusunun belirlenmesinin ardından analize dahil edilecek çalışmalar için özel dahil etme ve hariç tutma kriterleri de belirlenip kapsamlı bir arama yapılmaktadır. Bu aramalar seçilmiş veri tabanlarında belirlenen anahtar kelimeler aracılığıyla yapılmaktadır (Baker and Weeks, 2014, s:455). Belirlenen kriterlere göre yapılan aramalar sonucu elde edilen verilerin yorumlanması için istatistiksel yöntemler kullanılmaktadır (Selçuk, 2019).

Sistematik derleme aşamaları: 1. Araştırma sorusunun tanımlanması, 2. Özel anahtar kelimeler kullanarak tarama yapma, 3. Kanıt kalitesinin değerlendirilmesi ve analizi, 4. Kanıtın sunumu ve özetlenmesi, 5. Kanıtın tartışılması, 6. Sistematik derlemenin yazımı 7. Dış hakemler ve yayın olarak ele alınmaktadır (Karaçam, 2013).

Sistematik derleme yöntemimize başlarken ilk olarak araştırma sorusu belirlenmiştir. Çalışmamızda alan yazında; matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı başlığında Web of Science ve ERIC veri tabanlarında yer alan makaleler taranmıştır.

### **3.2. Araştırmanın Evreni ve Örneklemi**

Araştırmanın evrenini Web of Science veri tabanında yer alan matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı hakkında yapılan 194 makale ile ERIC veri tabanında yer alan matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı hakkında yapılan 422 makale ile toplam 616 makale oluşturmaktadır. Bu evren içerisinde seçilen örneklemi ise araştırmacı tarafından belirlenen dahil etme/eleme kriterleri sonucu elde edilen 47 makale oluşturmaktadır. Makaleler yayın yıllarına göre kodlanmaya başlanmıştır. En eski tarihli makale G1 kodunu almıştır.

### **3.3. Veri Toplama Araç ve Teknikleri**

Araştırmamızda veri toplama tekniği olarak doküman incelemesi kullanılmıştır. Doküman inceleme yöntemi, çeşitli aşamalarla elde edilmiş dokümanların incelenmesi, sorgulanması ve analiz edilip yorumlanması şeklinde tanımlanabilir. Doküman inceleme yönteminin aşamaları; elde edilen dokümanlardaki verilerin bulunması, seçilmesi, anlamlandırılması ve sentezlenmesidir (Özkan,2019). Bu çalışmada doküman incelemesi, Web of Science ve ERIC veri tabanlarında, belirlenen anahtar kelimeler aracılığıyla ulaşılan makaleler ile yapılmıştır.

Veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından literatür taranıp çok sayıda makale incelenmiş ve belirlenen araştırmanın alt problemleri kullanılmıştır. Web of Science ve ERIC veri tabanları içerisinde, “visualization and visual perception in mathematics and geometry” başlığı İngilizce olarak taranmıştır. Buna göre dili İngilizce olan, çoğunluğu tam metne açık, bilimsel araştırma makaleleri ve doküman incelemesi yapılarak yayınlanmış makaleler araştırmaya dahil edilmiş olup, yüksek lisans ve doktora çalışması olarak kabul görmüş, kitap olarak basılmış yayınlar araştırmaya dahil edilmemiştir. Web of Science ve ERIC’ den tam metnine ulaşılamayan bazı makaleler belirli web sitelerinde taranarak uygunluğu kontrol edilip araştırmaya dahil edilmek için seçilmiştir.

### **3.4. Verilerin Toplanması**

Araştırmaya dahil edilen makaleler Web of Science (WoS) ve ERIC (Education Resources Information Center) veri tabanlarından alınmıştır. ERIC ücretsiz, erişime açık bir veri tabanı iken, Web of Science üyelik isteyen, ticari kurumlar tarafından yönetilen bir veri tabanı olmaktadır. Web of Science, SCI-Expanded (Science Citation Index-Expanded), SSCI (Social Science Citation Index) ve A&HCI (Arts and Humanities Citation Index) gibi önemli

atıf indekslerini içerdiğinden araştırmacılar için büyük bir veri kaynağı olmaktadır ( Karagöz ve Şeref, 2020). Bu nedenle araştırma için bu veri tabanları seçilmiştir. WoS veri tabanında “matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı” başlığı altında 194 makale, ERIC veri tabanında “matematik ve geometride görselleştirme ve görsel algı” başlığı altında 422 makale olmak üzere toplam 616 makaleye ulaşılmıştır. Araştırmaya seçilecek makalelerin seçilme aşamalarına bu bölümde yer verilecektir.

*1.Aşama:* Araştırmaya başlamadan önce araştırmanın problemi ve hangi başlıklar altında araştırılacağı netleştirilmiştir. Web of Science ve ERIC veri tabanlarında belirlenen başlıklar altında arama yapılmış olup 616 makaleye ulaşılmıştır. Ulaşılan makaleler bilgisayarda her başlığa ayrı ağılan klasörlere makale isimleri ile kaydedilmiştir. 616 makalenin başlıkları ve özetleri ayrıntılı bir şekilde okunmuştur. Özetleri okunarak konu ile alakası olmayan 507 makale elenmiş ve araştırmaya 109 makale ile devam edilmiştir.

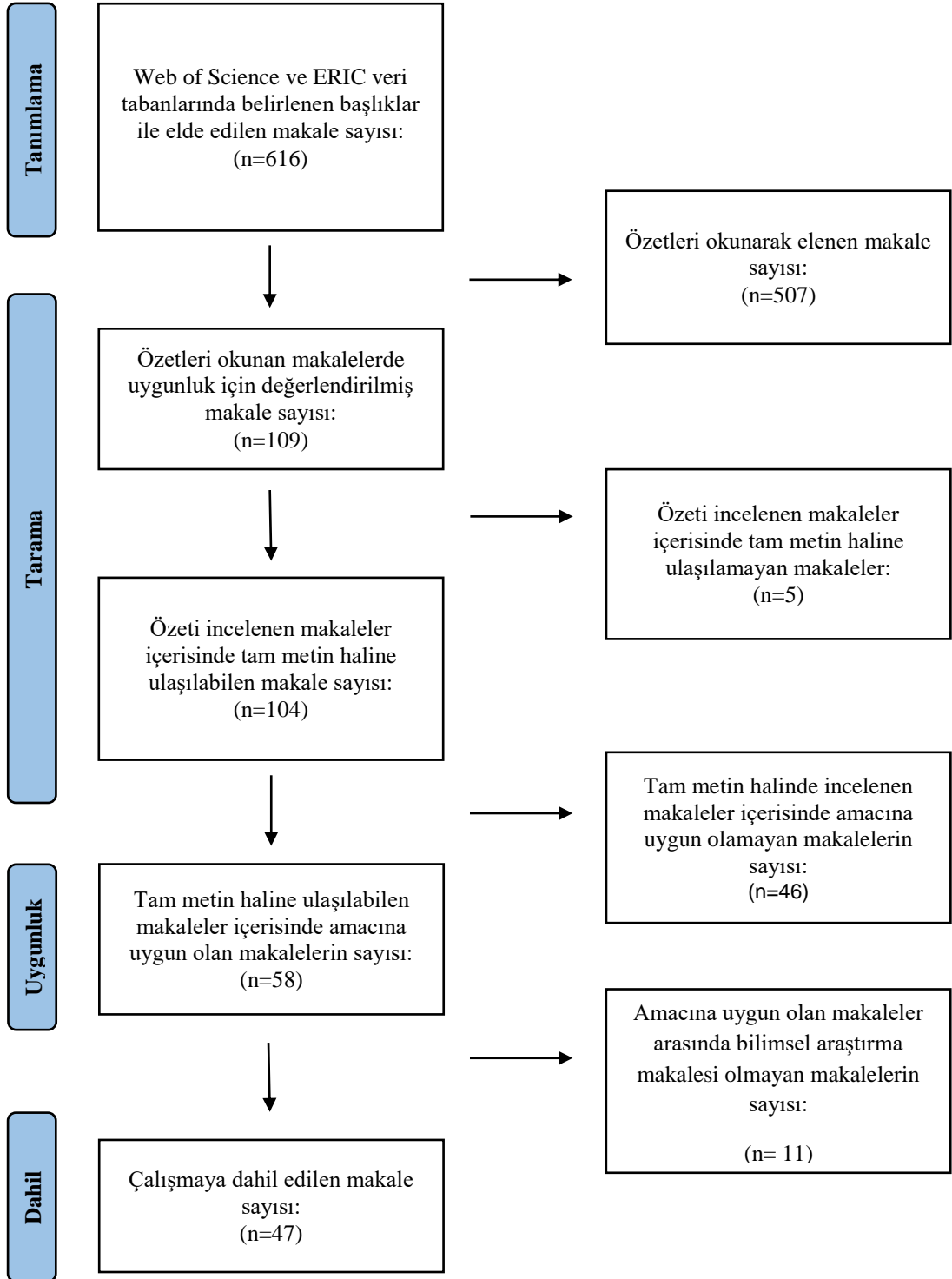
*2.Aşama:* Özetleri okunan 109 makalenin daha detaylı incelenmesi için yeni bir klasöre aktarılmıştır. Fakat 5 makalenin tam metin haline ulaşılamadığı için elenmiştir. Veri tabanlarından ulaşılamayan bu makaleler başka veri tabanlarında da sorgulanmış, yine ulaşılamadığı için araştırmaya dahil edilmemiştir. Araştırmaya 104 makale ile devam edilmiştir.

*3.Aşama:* Tam metin olarak incelenen 104 makaleden 46 makalenin tezin amacına tam olarak uygun olmadığı düşünülerek analiz sürecinde 11 makale daha elenip 47 makale teze dahil edilmiş ve incelenmeye karar verilmiştir.

*4.Aşama:* Veriler araştırmacı tarafından oluşturulan soruların cevapları olarak tabloladıştır. Elde edilen veriler içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiştir. Veri analizlerinin geçerlilik ve güvenilirliklerini sağlamak için veri analizleri uzman ve araştırmacının bir akranı tarafından incelenmiştir.

Makalelerin elenme ve dahil edilme süreçleri Şekil 17’ de PRISMA akış şeması (PRISMA Statement: Checklist of items to include when reporting a systematic review or meta-analysis) ile gösterilmiştir.

**Web of Science ve ERIC veri tabanlarında taranan makaleleri eleme ve dahil etme**



Şekil 3.1 PRISMA, Akış şeması: Makalelerin eleme ve dahil edilme süreci.

### 3.5. Verilerin Analizi

Araştırmamızda istenen bilgilere ulaşabilmek için veri toplama tekniği olarak doküman incelemesi kullanılmıştır. Araştırmacı tarafından belirlenen alt problemler kullanılarak literatür taranmış, çok sayıda makale incelenmiş ve veriler toplanmıştır. Web of Science ve ERIC veri tabanlarından belirlenen başlıklar İngilizce olarak taranmıştır. Hakemli akademik dergilerde yayınlanmış makaleler araştırmaya dahil edilmiştir. Toplanan verilere betimsel içerik analizi yöntemi uygulanmıştır. Betimsel içerik analizi yöntemi, belirlenmiş bir alan veya konu hakkında farklı zamanlarda, farklı yerlerde yapılmış nicel ve nitel çalışmaların ayrıntılı incelenip düzenlenmesi anlamına gelir. Bu sayede yapılmış çalışma, araştırılan alan veya konu hakkında genel bir yaklaşım ortaya koymuş olmaktadır (Ültay, 2021). Verilerin sistemli ve doğru bir şekilde elde edilmesi, analiz edilmesi, tartışılması ve sonuçlandırılması betimsel içerik analizi için büyük önem gerektirmektedir. Betimsel içerik analizinde seçilen makalelerde kodlama yapıp, bu kodlara göre temalandırma/kategorilendirme tekniğinin kullanılması betimsel içerik analizi çalışmalarının nitelik olarak güçlenmesini sağlamaktadır (Ültay, 2021).

Makalelerin son taranması Web of Science veri tabanında 30.09.2022, ERIC veri tabanında 24.12.2022 tarihlerinde yapıldığı için çalışma bu tarihe kadar yayınlanan makaleler ile sınırlandırılmıştır. İncelenen makaleler araştırmacı tarafından belirlenmiş araştırma sorularına cevap verecek şekilde değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, bulgular kısmında toplanan veriler kullanılma sıklığı (frekans) ile gösterilmiştir. Bu araştırmaya dahil edilen makaleler önce tablolaştırılmış, daha sonra uygun bir grafik ile gösterilmiştir.

Verilerin analizi aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

1. Aşamada araştırma problemi tanımlanmış, araştırılacak makaleler belirlenmiştir.
2. Aşamada makalelerin araştırılacağı veri tabanları Web of Science ve ERIC olarak belirlenmiştir. Bu veri tabanlarında yapılan araştırma sonucu 616 makaleye ulaşılmıştır.
3. Aşamada kanıt kalitesinin değerlendirilmesi ve analiz için betimsel içerik analizi yöntemi kullanılmıştır. Seçilen makaleler aşağıda belirtilen sorular dikkate alınarak değerlendirilmiştir.
  - Çalışmaya dahil edilen makalelerin seçilen veri tabanına göre dağılımı nasıldır?
  - Çalışmaya dahil edilen makalelerin yayın yıllarına göre dağılımı nasıldır?

- Çalışmaya dahil edilen makalelerin ülkelerine göre dağılımı nasıldır?
  - Çalışmaya dahil edilen makalelerin örneklem büyüklüklerine ve örneklem gruplarına göre dağılımı nasıldır?
  - Çalışmaya dahil edilen makalelerin araştırma yöntemlerine ve desenlerine göre dağılımı nasıldır?
  - Çalışmaya dahil edilen makalelerin veri toplama araçlarına göre dağılımı nasıldır?
  - Çalışmaya dahil edilen makalelerde görselleştirme aracı olarak kullanılan teknolojilerin dağılımı nasıldır?
  - Çalışmaya dahil edilen makalelerin temalarına ve konularına göre dağılımı nasıldır?
4. Aşamada seçilen sorular sonucunda elde edilen bulgular tablo ve şekiller ile gösterilmiştir. Karşılaştırmaların daha net anlaşılabilmesi için frekans dağılımları oluşturulmuştur. Sistematik derlemenin sunumu PRISMA akış şemasına göre yapılmıştır. Literatür ve bulgular dikkate alınarak tartışma, sonuç ve öneriler yazılmıştır.

### 3.6. Geçerlik ve Güvenirlik

Güvenirlik, belirli bir evrene veya örnekleme uygulanan bir test ya da ölçme aracından elde edilen ölçümlerin tutarlılığı veya tekrarlanabilirliğidir (Bademci, 2007, 2011a, 2017a, 2019; akt. Bademci, 2019). Geçerlik, belirli bir evrene veya örnekleme uygulanan bir test ya da ölçme aracından elde edilen ölçümlerin kullanımlarının ve önerilen yorumlarının uygunluğunun ve yeterliğinin, kuram ve kanıt ile desteklenme derecesidir (Bademci, 2007, 2011a, 2017a, 2019; akt. Bademci, 2019). Bir araştırmanın inandırıcılığı için geçerlik ve güvenilirlik önemli iki özelliktir.

Nitel bir araştırma olan sistematik derleme çalışmasında inandırıcılık için araştırmanın sınırlarının olması, nedenleri ile beraber ayrıntılı incelenmesi, çalışma sürecinde bir uzmandan görüşlerinin alınması ve akran değerlendirmesinin yapılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada inandırıcılık ve teyit edilebilirlik sağlanması amacıyla aşağıdaki başlıklar ele alınmıştır.

Araştırmanın sınırlarını ortaya koyma; çalışmaya dahil edilen makaleler araştırma sonunda ayrıntılı olarak kaynaklarıyla verilmiş olup çalışmaya dahil

edilmeyen makaleler nedenleri ile birlikte açıklanmıştır. İncelenen makaleler objektif bir şekilde analiz edilmiştir.

Uzman Görüşü; araştırma süreci boyunca tüm aşamalar bir uzman görüşü ile incelenmiş, gerekli görülen durumlarda düzenlemeye gidilmiştir.

Akran Değerlendirmesi; araştırmada seçilen veri tabanlarından elde edilen makaleler başka bir akran tarafından taratılmış ve araştırmacı ile aynı makalelere ulaşılmıştır. Tartışma kısmında verilen yorumlar ile akran yorumunun birbiri ile uyduğu görülmüştür. Uyuşmayan durumlarda veriler tekrar gözden geçirilmiş ve düzenlemeler yapılmıştır.

Ayrıntılı betimleme; araştırma içerisinde özellikle bulgular kısmı ayrıntılı inceleme sonucunda oluşmuş olup açık ve net düzenlenmiştir.

Kodlayıcılar arası uyuşma yüzdesi; araştırmanın verilerinin uyumunu sağlamak için araştırmacı tarafından elde edilen veriler uzman bir eğitimci tarafından da analiz edilmiştir. Daha sonra yapılan kodlamalar karşılaştırılarak Miles ve Huberman (1994) tarafından geliştirilen (Güvenirlilik =  $[Görüş Birliği / (Görüş Birliği + Görüş Ayrılığı)] \times 100$ ) formülü ile uyuşum yüzdesi %93 olarak hesaplanmıştır. Uyuşum yüzdesinin %70'i geçmesi beklentisi ile çalışmanın analiz güvenirliğinin kabul edilebilecek düzeyde olduğu görülmektedir.

## BÖLÜM 4

### 4. BULGULAR

Bu bölümde, araştırmanın amacına uygun olarak analiz edilen 47 bilimsel araştırma makalesine ait bulgular sunulmuştur. Bu kapsamda makalelerin veri tabanına, yayımlandıkları yıllara, ülkelerine, örneklem büyüklüğüne ve örneklem grubuna, araştırma yöntemine ve desenine, veri toplama aracına, görselleştirme aracı olarak kullanılan teknolojilere ve tema ve konularına göre yapılan analizlerin bulgularına yer verilmiştir. Bulgular tablolar ve grafiklerle görselleştirilmiştir.

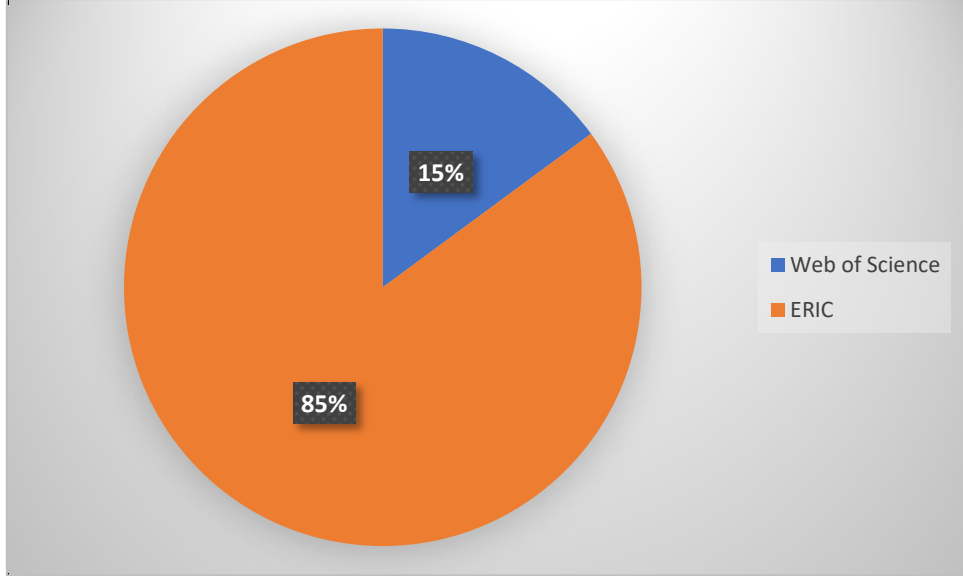
#### 4.1. Makalelerin Veri Tabanına Göre Dağılımı

İncelenen makalelerin alındıkları veri tabanına göre dağılımı Tablo 4.1’de ve Şekil 4.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.1.** Makalelerin veri tabanına göre dağılımı

Veri Tabanı	Makale Kodu	Frekans	Yüzde
Web of Science	G18, G29, G30, G31, G35, G42, G43	7	15%
ERIC	G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G17, G19, G20, G21, G22, G23, G24, G25, G26, G27, G28, G32, G33, G34, G36, G37, G38, G39, G40, G41, G44, G45, G46, G47	40	85%
<b>Toplam</b>		<b>47</b>	<b>100%</b>

Tablo 4.1’deki bulgulara göre makaleler ERIC ve Web of Science veri tabanından alınmıştır. Makalelerin 7 tanesi Web of Science veri tabanından ve 40 tanesi ise ERIC veri tabanından alınmıştır. İki veri tabanından alınan makalelerin kodları da Tablo 4.1’ de gösterilmiştir.



**Şekil 4.1.** Makalelerin veri tabanına göre dağılımı

Şekil 4.1’de makalelerin alındıkları veri tabanına göre dağılımının ERIC veri tabanının lehine olduğu belirgin şekilde görülmektedir.

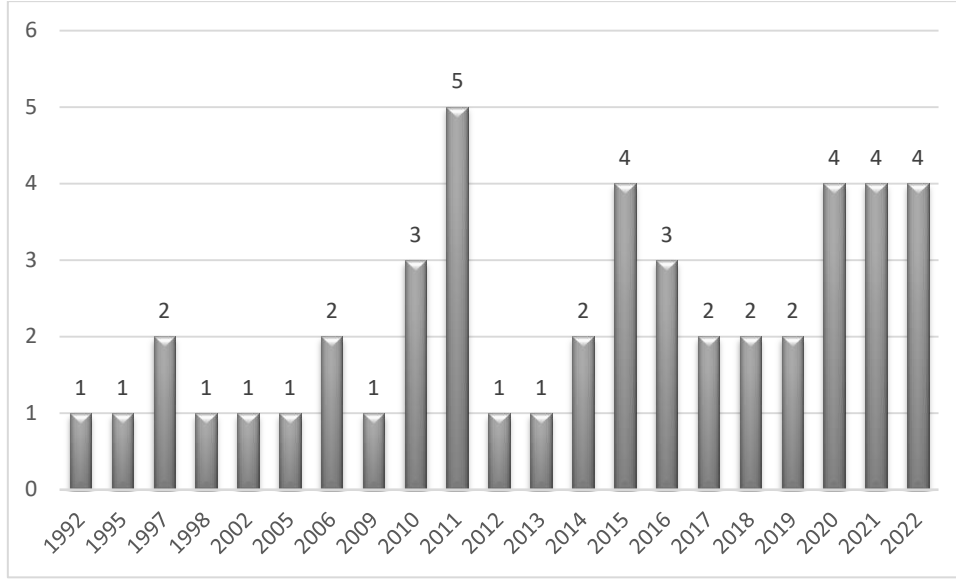
#### **4.2. Makalelerin Yayımlandıkları Yıllara Göre Dağılımı**

İncelenen makalelerin yayımlandıkları yıllara göre dağılımı Tablo 4.2’de ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2.** Makalelerin yayımlandıkları yıllara göre dağılımı

Yayın Yılı	Çalışma Kodu	Frekans	Yüzde
1992	G1	1	2%
1995	G2	1	2%
1997	G3, G4	2	4%
1998	G5	1	2%
2002	G6	1	2%
2005	G7	1	2%
2006	G8, G9	2	4%
2009	G10	1	2%
2010	G11, G12, G13	3	6%
2011	G14, G15, G16, G17, G18	5	11%
2012	G19	1	2%
2013	G20	1	2%
2014	G21, G22	2	4%
2015	G23, G24, G25, G26	4	9%
2016	G27, G28, G29	3	6%
2017	G30, G31	2	4%
2018	G32, G33	2	4%
2019	G34, G35	2	4%
2020	G36, G37, G38, G39	4	9%
2021	G40, G41, G42, G43	4	9%
2022	G44, G45, G46, G47	4	9%
<b>Toplam</b>		<b>47</b>	<b>100%</b>

Tablo 4.2'ye göre incelenen makaleler 1992 yılı ile 2022 yılları arasında yayımlanmıştır. En fazla makale 2011 yılında yapılmıştır. Daha sonra sırasıyla makaleler 2015, 2020, 2021 ve 2022 yıllarında yayımlanmıştır. Diğer yıllarda ise makaleler çoğunlukla yıllara göre birer ve ikişer tane olmak üzere dağılmıştır.



**Şekil 4.2.** Makalelerin yayın yılına göre dağılımı

Şekil 4.2 incelendiğinde 2015, 2020, 2021 ve 2022 yılları arasında yayımlanmış olan makale sayılarının aynı olduğu, 1992 ile 2005 yılları arasında belirgin bir artma veya azalma olmadığı görülmektedir. 2011 yılında bir artış olduğu ve 2012 ve 2013 yılları arasında bir düşüş olduğu görülmektedir. 2017 ve 2019 yılları arasında yayımlanmış olan makale sayısının aynı olduğu, 2020 yılından itibaren yayımlanan makalelerin sayısında belirgin bir artış olduğu görülmektedir.

### 4.3. Makalelerin Ükelere Göre Dağılımı

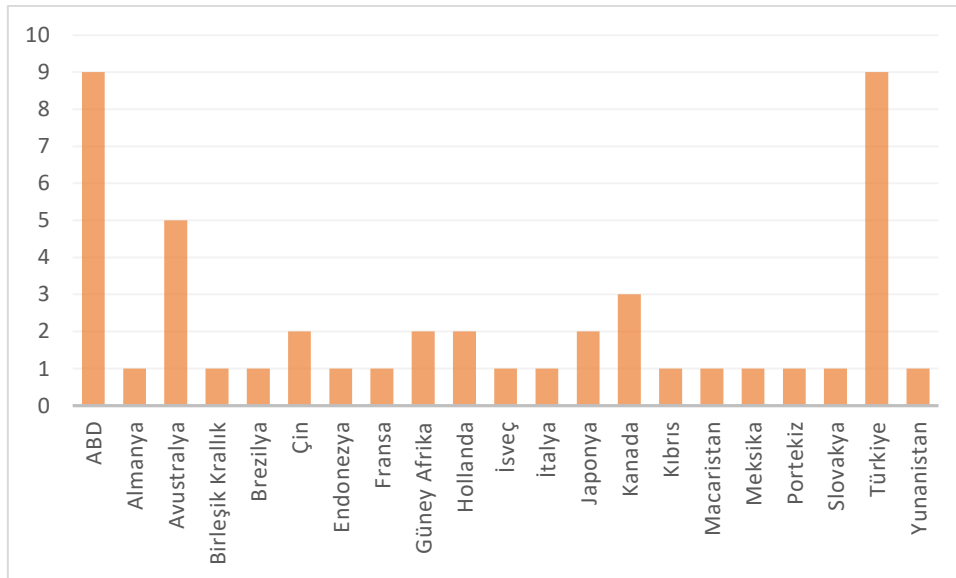
İncelenen makalelerin ülkelere göre dağılımı Tablo 4.3'te ve Şekil 4.3'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.3.** Makalelerin ülkelere göre dağılımı

Ülke	Çalışma Kodu	Frekans	Yüzde
ABD	G7,G8,G9,G4,G14,G17,G26,G27,G44	9	19%
Almanya	G29	1	2%
Avustralya	G2,G5,G24,G25,G47	5	11%
Birleşik Krallık	G41	1	2%
Brezilya	G16	1	2%
Çin	G42,G43	2	4%
Endonezya	G38	1	2%
Fransa	G18	1	2%
Güney Afrika	G13,G32	2	4%

Hollanda	G1,G3	2	4%
İsveç	G45	1	2%
İtalya	G35	1	2%
Japonya	G31,G37	2	4%
Kanada	G11,G21,G6	3	6%
Kıbrıs	G12	1	2%
Macaristan	G40	1	2%
Meksika	G30	1	2%
Portekiz	G33	1	2%
Slovakya	G39	1	2%
Türkiye	G15,G19,G20,G22,G23,G28,G34,G36,G46	9	19%
Yunanistan	G10	1	2%
<b>Toplam</b>		<b>47</b>	<b>100%</b>

Tablo 4.3'te ve Şekil 4.3'te incelendiğinde 47 makalenin 21 farklı ülkede gerçekleştirildiği görülmektedir. En fazla araştırmanın Türkiye'de ve ABD' de gerçekleştirildiği görülmektedir. Daha sonra en fazla araştırmanın Avustralya'da yapıldığı bulunmuştur. Kanada'da 3 tane, Çin, Güney Afrika ve Japonya' da 3 tane araştırma gerçekleştirilmiştir. Geriye kalan ülkelere ise birer tane araştırma gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.3. Makalelerin ülkelere göre dağılımı

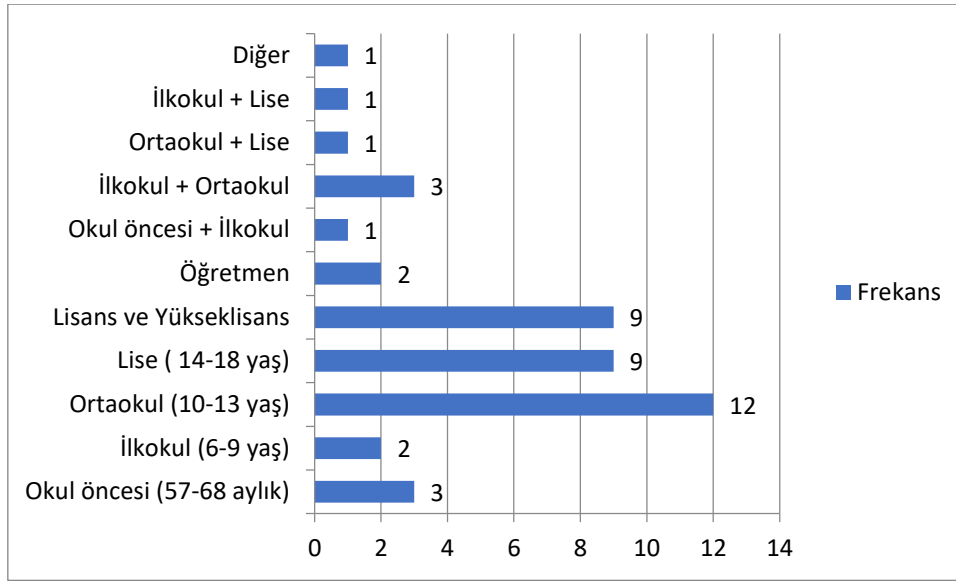
#### 4.4. Makalelerin Örneklem Büyüklüğü ve Örneklem Grubuna Göre Dağılımı

İncelenen makalelerin örneklem büyüklüğü ve örneklem grubuna göre dağılımı Tablo 4.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 4.4.1.** Makalelerin Örneklem Büyüklüğüne Göre Dağılımı

Örneklem Grubu	Makale Kodu	Frekans	Yüzde
Okul öncesi (57-68 aylık)	G42, G43, G46	3	7%
İlkokul (6-9 yaş)	G5, G26	2	5%
Ortaokul (10-13 yaş)	G3, G4, G8, G12, G16, G22, G23, G25, G30, G33, G36, G45	12	27%
Lise ( 14-18 yaş)	G1, G2, G13, G15, G17, G20, G24, G27, G29	9	20%
Lisans ve Yüksek lisans	G6, G11, G19, G28, G32, G34, G39, G40, G44	9	20%
Öğretmen	G10, G38	2	5%
Okul öncesi + İlkokul	G21	1	2%
İlkokul + Ortaokul	G35, G41, G47	3	7%
Ortaokul + Lise	G31	1	2%
İlkokul + Lise	G37	1	2%
Diğer	G18	1	2%
Toplam		44	100%

Tablo 4.4.1 incelendiğinde 47 makale içerisinde 3 makalenin örneklem sayısı ve grubunun olmadığı görülmektedir. Bu 3 makalenin 2 tanesi doküman incelemesi yöntemiyle gerçekleştirildiği için örneklem sayısı ve grubu bulunmamaktadır. Belirtilen 3 makale dışında 1 makalenin ise örneklem grubu hakkında bilgisi rapor edilirken örneklem sayısı hakkında bilgi rapor etmedikleri gözlemlenmiştir.



**Şekil 4.4** Makalelerin örneklem büyüklüğüne göre dağılımı

Örneklem gruplarına bakıldığında ise makalelerin örneklem grubunun tamamına yakınının öğrencilerden oluştuğu görülmektedir. Az sayıda makalenin örneklem grubu öğretmenlerden ve sıradan yetişkinlerden oluşmaktadır. Öğrencilerin özelliklerine bakıldığında ise ortaokul öğrencileri ağırlıkta olmak üzere, okul öncesi, ilkokul, lise ve üniversite örneklem grubunu oluşturduğu görülmektedir.

**Tablo 4.4.2.** Makalelerin Örneklem Grubuna Göre Dağılımı

Örneklem Türü	Örneklem Büyüklüğü				Frekans	Yüzde
	<30	31-50	51-100	>100		
Okul öncesi (57-68 aylık)	-	-	-	3	3	7%
İlkokul (6-9 yaş)	-	1	-	1	2	5%
Ortaokul (10-13 yaş)	6	-	2	4	12	27%
Lise ( 14-18 yaş)	4	1	-	4	9	20%
Lisans ve Yüksek lisans	2	1	3	3	9	20%
Öğretmen	1	-	1	-	2	5%
Okul öncesi + İlkokul	-	1	-	-	1	2%
İlkokul + Ortaokul	1	-	2	-	3	7%
Ortaokul + Lise	-	-	-	1	1	2%
İlkokul + Lise	-	-	-	1	1	2%
Diğer	1	-	-	-	1	2%
<b>Toplam</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>17</b>	<b>44</b>	<b>100%</b>

Makalelerin örneklem sayılarının 1 ila 1357 arasında değiştiği görülmektedir. Tablo 4.4.2 incelendiğinde araştırmaların 27 tanesinin örneklem sayısının 100'ün altında olduğu

görülmüştür. Örneklem sayısının 30 ve 30'un altında olduğu 30 makale, 100'ün üstünde olduğu 17 makale tespit edilmiştir.

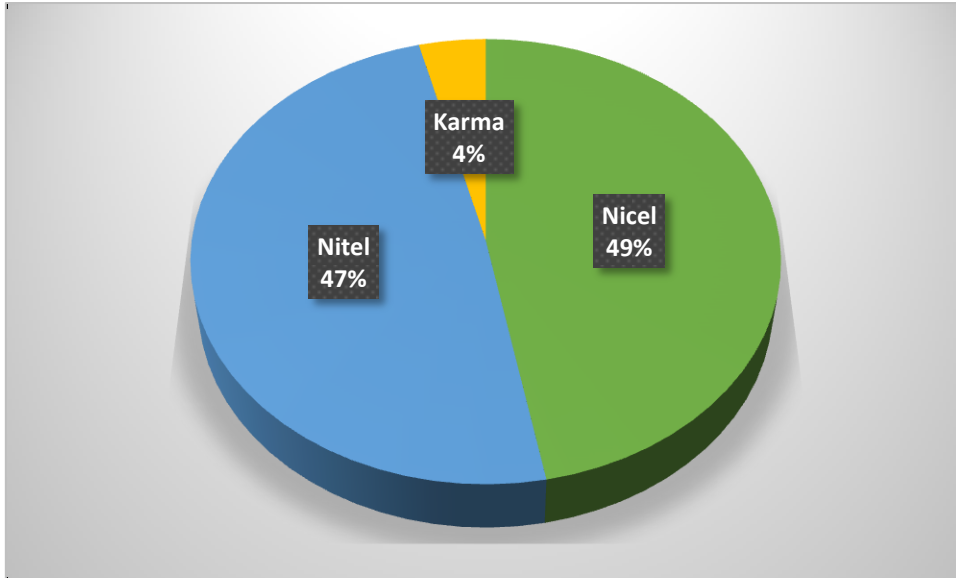
#### 4.5. Makalelerin Araştırma Yöntemlerine ve Desenlerine Göre Dağılımı

İncelenen makalelerde kullanılan araştırma yöntemlerine göre dağılımı Tablo 4.5.1'de ve Tablo 4.5.2'de, Şekil 4.5'de ve Şekil 4.6'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.5.1** Makalelerin araştırma yöntemlerine göre dağılımı

Araştırma Yöntemi	Frekans	Yüzde
Nitel	22	47%
Nicel	23	49%
Karma	2	4%
<b>Toplam</b>	<b>47</b>	<b>100%</b>

Tablo 4.5.1 ve Şekil 4.5 incelendiğinde, bilimsel araştırma niteliğindeki 47 makalenin 23 tanesi nicel araştırma yöntemlerine sahip olduğu tespit edilmiştir. 22 tane makalenin araştırma yöntemi nitel iken 2 tane araştırmanın araştırma yöntemi hem nicel hem de nitel yöntemleri barındıran karma yöntemlerdir.

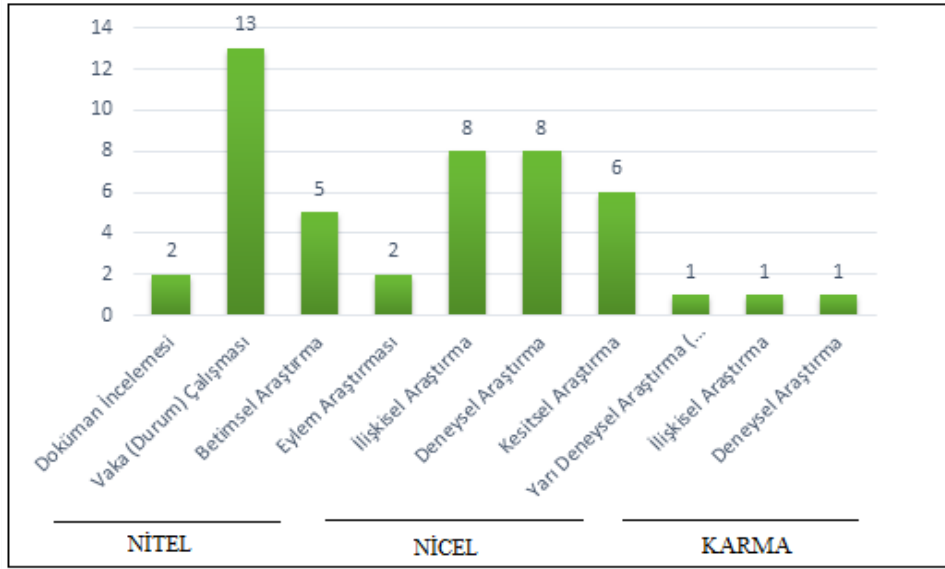


**Şekil 4.5.** Makalelerin araştırma yöntemlerine göre dağılımı

**Tablo 4.5.2.** Makalelerin Araştırma Desenlerine Göre Dağılımı

Araştırma Yöntemi	Araştırma Deseni	Frekans	Yüzde
Nitel	Doküman İncelemesi	2	4%
	Vaka (Durum) Çalışması	13	28%
	Betimsel Araştırma	5	11%
	Eylem Araştırması	2	4%
Nicel	İlişkisel Araştırma	8	17%
	Deneysel Araştırma	8	17%
	Kesitsel Araştırma	6	13%
	Yarı Deneysel Araştırma ( Nedensel Karşılaştırmalı Araştırma)	1	2%
Karma	İlişkisel Araştırma	1	2%
	Deneysel Araştırma	1	2%
Toplam		47	100%

Araştırma desenlerine bakıldığında en fazla vaka çalışmalarının yer aldığı görülmektedir. Ardından en fazla ilişkisel ve deneysel çalışmalar bulunmaktadır. Bunların dışında doküman incelemesi, kesitsel araştırmalar, yarı deneysel araştırmalar, eylem araştırması ve betimsel araştırmalar bulunmaktadır.

**Şekil 4.6** Makalelerin araştırma desenlerine göre dağılımı

#### 4.6. Makalelerin Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımı

İncelenen makalelerin veri toplama araçlarına göre dağılımı Tablo 4.6'da ve Şekil 4.7'de gösterilmiştir.

**Tablo 4.6.** Makalelerin veri toplama araçlarına göre dağılımı

<b>Veri Toplama Aracı</b>	<b>Makale Kodu</b>	<b>Frekans</b>	<b>Yüzde</b>
Bilgisayar Tabanlı Uygulamalar	G41	1	2,13%
Video kayıtları, görüşmeler, gözlemler, ses kaydı, öğrenci değerlendirmeleri	G3, G6, G10, G11, G13, G15, G16, G26, G30, G33, G38, G45	12	25,53%
Geliştirilmiş Testler, yazılı görevler, problemler, etkinlik kağıtları	G4, G8, G18, G19, G20, G21, G23, G25, G28, G29, G31, G32, G34, G35, G36, G39, G42, G43, G46, G47	20	42,55%
Anket, test, gözlem ve görüşme	G1, G2, G5, G12, G17, G22, G24, G27, G37, G40, G44	11	23,40%
Araştırma ya da makaleler	G7, G9, G14	3	6,38%
<b>Toplam</b>		<b>47</b>	<b>100,00%</b>

Tablo 4.6 ve Şekil 4.7 incelendiğinde 47 tane bilimsel araştırma niteliğindeki makalenin verilerinin farklı veri toplama araçlarıyla toplandığı görülmektedir. Bu veri toplama araçları, çeşitli ölçekleri içeren anketler, katılımcıların farklı türdeki becerilerini ölçen beceri ve bilgi testleri, katılımcılarla yapılan görüşmeler, katılımcıların gözlemlenmesi ve doküman incelemesidir.

En sık kullanılan veri toplama aracının beceri testi olduğu bulunmuştur. Sıklıkla kullanılan diğer veri toplama araçları ise anket, gözlem ve görüşmedir.



Şekil 4.7 Makalelerin veri toplama araçlarına göre dağılımı

#### 4.7. Makalelerde Görselleştirme Aracı Olarak Kullanılan Teknolojilerin Dağılımı

İncelenen makalelerde kullanılan teknolojilerin dağılımı Tablo 4.7’de gösterilmiştir.

Tablo 4.7. Makalelerde görselleştirme aracı olarak kullanılan teknolojiler

	Kullanılan Teknolojik Uygulamalar	Frekans	Yüzde
Görselleştirmede teknolojiden yararlanan makaleler	Mathsticks Mathematica Grafik Yazılımı Bilgisayar üzerinden Dinamik Öğretim Ortamı SketchUp Dinamik Matematik Yazılımı	5	11%
Görselleştirmede teknolojiden yararlanılmayan makaleler	-	42	89%
Toplam		47	100%

Tablo 4.7 incelendiğinde 47 tane bilimsel araştırma niteliğindeki makaleler içerisinde 5 tanesinde görselleştirme aracı olarak teknolojiden yararlanılmıştır. Bu uygulamalar Mathsticks, Mathematica Grafik Yazılımı, Bilgisayar üzerinden Dinamik Bir Öğretim Ortamı, SketchUp ve Dinamik Matematik yazılımıdır. İncelenen makalede Mathsticks, öğrencilerin geliştirdikleri görsel ve sembolik temsiller ile eylemleri arasında bağlantılar kurarak matematiksel anlamlar oluşturmalarına yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Mathematica Grafik Yazılımı ile öğrencilerin iki boyutlu basit bir fonksiyonun üç boyutlu bir yüzeye dönüşümünü görselleştirmesinde yardımcı olmak amaçlanmıştır. Diğer bir incelenen

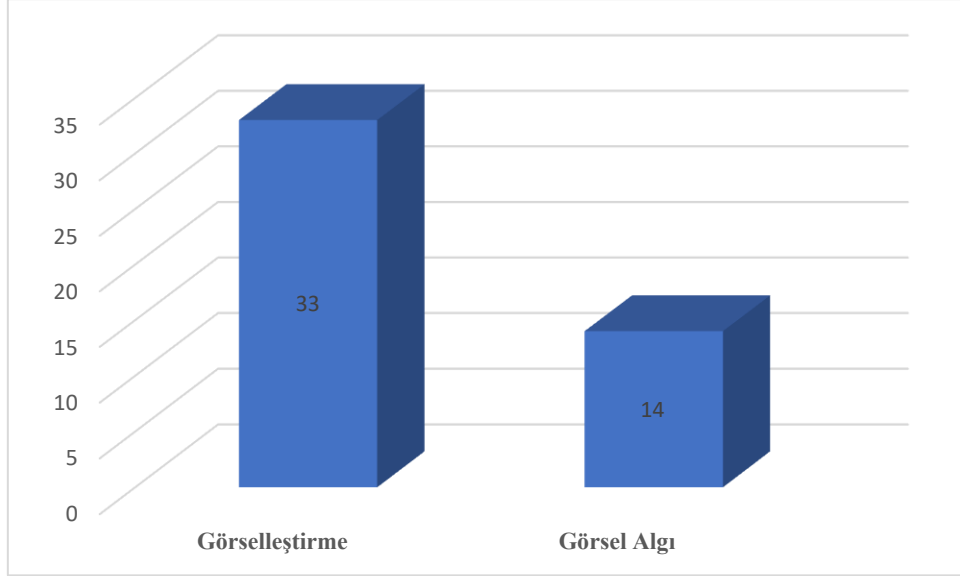
makalede Dinamik bir öğretim ortamının ve görselleştirmenin sekizinci sınıf öğrencileri üzerindeki yansıma ve döndürme kavramlarının inşasına etkileri araştırılmıştır. Ayrıca ortamın öğrencilerin iki ve üç boyutlu görselleştirmeleri üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Başka bir makalede ise uzamsal görselleştirme becerilerini geliştirmek için 3D modelleme yazılımı olan SketchUp kullanılmıştır. Son olarak dinamik matematik yazılımı kullanarak matematik öğretmeni adaylarının üç boyutlu bir cismin enine kesitinin şeklini bulmasının yanı sıra uzamsal görselleştirme becerilerine etkisi belirlenmek istenmiştir. Geriye kalan 42 makale de ise herhangi bir teknolojik araç kullanılmamıştır.

#### 4.8. Makalelerin Temalarına ve Konularına Göre Dağılımı

47 tane makale incelendiğinde bu makalelerin 2 farklı tema altında gruplandırılabilceği anlaşılmıştır. Bu temalar *görselleştirme* ve *görsel algı* temalarıdır. Aşağıda bu 2 temaya göre makalelerin dağılımı Tablo 4.8.1 ve Şekil 4.8’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.8.1.** Makalelerin temalarına göre dağılımı

Makale Teması	Makale Kodu	Frekans	Yüzde
Görselleştirme	G1, G3, G4, G5, G6, G7, G8, G9, G10, G11, G12, G13, G14, G15, G16, G19, G20, G22, G23, G24, G25, G27, G28, G29, G30, G37, G38, G39, G41, G42, G43, G44, G45	33	70%
Görsel Algı	G2, G17, G18, G21, G26, G31, G32, G33, G34, G35, G36, G40, G46, G47	14	30%
<b>Toplam</b>		47	100%



Şekil 4.8. Makalelerin temalarına göre dağılımı

Şekil 21 incelendiğinde *görselleştirme* teması altında 33, *görsel algı* teması altında 14 makalenin gruplandığı görülmektedir. Aşağıda Tablo 4.8.2 de makalelerin araştırma konularına göre dağılımı gösterilmiştir.

Tablo 4.8.2. Makalelerin Araştırma Konularına Göre Dağılımı

Araştırma Konusu	Frekans	Yüzde
Akademik Başarı	3	6%
Tutum/Algı	6	13%
Görüşler	3	6%
Anlama/Öğrenme/Öğretim Yöntemi	11	23%
Materyal/Yazılım/Görselleştirme Teknolojileri	6	13%
Uzamsal Beceri/2B, 3B Dönüşümler/3D MV/Zihinsel Rotasyon	8	17%
Öğrenci Görselleştirmeleri	6	13%
Tartışma/Analiz	3	6%
Geometrik Düşünme	1	2%
<b>Toplam</b>	<b>47</b>	<b>100%</b>

Tablo 4.8.2 de araştırma konularına göre makaleler 9 farklı başlık altında gruplandırılmıştır. Buna göre en fazla makaleyi Anlama/Öğrenme/Öğretim yöntemi konu başlığının içerdiği görülmüştür. Ardından en fazla makaleler Uzamsal Beceri/2B, 3B Dönüşümler/3D MV/Zihinsel Rotasyon başlıkları altında yer almıştır. Tutum/Algı,

Materyal/Yazılım/Görselleştirme Teknolojileri ve Öğrenci Görselleştirmeleri konu başlıkları altında eşit sayıda makale yer aldığı görülmüştür. En az makale Geometrik Düşünme başlığında yer almıştır.

Görselleştirme temalı 33 tane makalenin tamamının görselleştirme ilgili olumlu sonuçlara ulaştığı bulunmuştur. Sonuçlar, görselleştirmenin, uzamsal becerilerin önemli ve kritik bir kavram olduğuna işaret etmektedir. Bu kavramların öğrenciler için, eğitim için, matematik ve geometri öğretimi için ve akademik başarı için önemli rolleri olduğu anlaşılmıştır. Konu olarak incelendiğinde öğrenci çizimlerinin, zeka seviyesine göre öğrencilerin görselleştirme performanslarının, iki boyutlu ve üç boyutlu görselleştirmelerin, görselleştirmeye dair öğretmen görüşlerinin, uzamsal görselleştirmelerin, görselleştirmenin eleştirel düşünmeyi geliştirmedeki rolünün, dinamik öğrenme ortamlarının öğrencilerin görselleştirmeleri üzerine etkisinin, origamiye dayalı öğretimin uzamsal görselleştirme ve geometri başarısı üzerine etkisinin, zihinsel döndürmelerin incelendiği makaleler yer almıştır. Elde edilen sonuçlar görselleştirmenin öğretime dahil edilmesinin gereklilik olduğunu göstermiştir.

Görsel Algı temalı 14 tane makalede; görsel algı kavramı, görsel algının önemi, görsel algı süreçleri, görsel algıyı etkileyen faktörler, görsel algı uygulamaları ve görsel algının eğitimde kullanılması tartışmıştır. Görsel algı temalı makalelerin sonuçları, görsel algının geliştirilmesi ve matematik - geometri öğretimi için kullanımının önemine ve etkinliğine vurgu yapılmıştır.

## BÖLÜM 5

### 5. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırmanın bu bölümünde araştırmanın elde edilen bulguları özetlenmiş ve yorumlanmıştır. Ayrıca araştırmanın elde edilen bulgularına uygun olarak uygulayıcılar ve gelecekteki araştırmacılar için önerilerde bulunulmuştur.

#### 5.1. Tartışma

Bu araştırma kapsamında incelenen 47 makalenin 40 tanesinin ERIC veri tabanında, 7 tanesinin de Web of Science veri tabanında yayımlandığı bulunmuştur. Bu bulgulardan matematik ve geometride görsel algı ve görselleştirmeye ilgili makalelerin ağırlıklı olarak ERIC veri tabanında yer aldığı anlaşılmıştır. ERIC veri tabanında daha fazla makaleye ulaşılmış olması bu veri tabanının sadece eğitimle alakalı makaleleri içermesinden kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca ERIC ücretsiz bir veri tabanı olduğu için daha fazla makale yayımlanabilmektedir. Web of Science ücretli bir veri tabanı olduğu için burada makale yayımlamanın daha uzun süreler alması ve maliyetli olması nedenleriyle daha az makaleye ulaşıldığı düşünülmektedir.

İncelenen makalelerin yayım yıllarıyla ilgili olarak makalelerin 1992 yılı ile 2022 yılları arasında yayımlandıkları bulunmuştur. 1992 ve 2005 yılları da dahil olmak üzere bu yıllar arasında 14 yıl içerisinde sadece 7 çalışma yapılmıştır. Bu durum Fırat'ın (2020) yaptığı çalışma bulgularıyla desteklenmektedir. 2006 yılında 2 çalışma yapılmıştır. Yine 3 yıl sonra 2009 yılında 1 çalışma yapılmıştır. Genel olarak matematik eğitimindeki araştırmaların 2000'lerden sonra Türkiye'de arttığı görülmüştür. Bu durumun 2000'li yılların başında akademisyenlerin yurtdışındaki doktora eğitimlerini tamamlayıp ülkelerine dönmelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Tereci ve Bindak, 2019). 2010 yılına kadar bu alanda yapılan çalışmaların az olduğu görülmüştür. Sebebinin bu alana yönelik ilginin az olması söylenebilir. Ayrıca görsellerin matematiğe dahil edilmediği, bilgi temelli eğitimin ön planda olduğu söylenebilir. 2010 yılından itibaren her yıl çalışma yapıldığı görülmüştür. 2010 ve 2011 yıllarında yapılan çalışmalarda belirli bir artış olduğu görülmüştür. Bu da bu alana olan ilginin artmaya başladığını göstermektedir. 2013 ve 2014 yıllarında bir düşüş yaşansa da 2014 ve 2015 yıllarında yine bir artış görülmüştür. 2017, 2018 ve 2019 yıllarında yapılan çalışma sayıları aynı olup ikişer tane çalışma yapıldığı görülmüştür. 2020 yılından itibaren yapılan çalışmalar artmaktadır. Bu bulgular son yıllarda matematik ve geometride görsel algı

ve görselleştirmeye ilgili makalelerin sayılarının son yıllarda bir artış eğilimi gösterdiğine işaret etmektedir. Ayrıca 2009 yılından itibaren her yıl bu alanda en az bir araştırma yapıldığı görülmüştür. 2017 yılından itibaren liseye geçiş sınavlarında bilgi ağırlıklı sorulardan daha çok beceri ağırlıklı soruların yer alması ve bu beceri ağırlıklı soruların görseller içermesi bu alana olan araştırmaların artmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca TIMSS ve PISA sonuçlarının da bu alanlarda çalışma yapılması gerekliliğini ortaya koymuştur. 2016 ve 2020 yılları arasındaki düşüşün dergilerden yılda bir veya iki kez yayımlananların yayım tarihinde bazen gecikmeler yaşanmasından, bilimsel dergilerde yayım standartlarının artması sebebiyle yayın yapmanın zorlaşması ya da yeni yayımların kataloglara girmesinin uzun sürmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sonuç Altan vd.'nin (2021) Türkiye'de okul öncesi dönemde matematik alanında yapılan çalışmalara ilişkin içerik analizlerinde elde ettikleri sonuçla paralellik göstermektedir. Uluslararası düzeyde yapılan bir çalışmada 148 ülke arasından yayımlanan eğitim araştırmaları sayısına göre 1990 ve 1994 yılları arasında Türkiye otuz üçüncü sırada yer alırken 2005 ve 2009 yılları arasında altıncı, 2011 yılında üçüncü sırada yer almıştır (Tseng vd., 2013). Açıkgül ve Aslaner'in (2014) yapmış oldukları literatür çalışmasının sonuçları da bu bulguları destekler niteliktedir.

Bulgular, incelenen 47 makalenin 21 farklı ülkede gerçekleştirildiğini, bununla birlikte en çok makale yayımlanan ülkenin Türkiye ve ABD olduğunu göstermiştir. Türkiye'de bu alanda ilk olarak 2011 yılında çalışma yapılmıştır. Son yıllara doğru da artış göstermesinin bu alana duyulan ilginin, çalışma isteğinin arttığını göstermektedir. ABD' de ise ilk çalışmanın 2005 yılında olduğu görülmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmaların daha az olduğu söylenebilir. Avustralya' da 5 tane makale yayınlanmıştır. Kanada, Çin, Güney Afrika ve Japonya' da 3'er tane araştırma gerçekleştirilmiştir. Geriye kalan ülkelere ise birer tane araştırma gerçekleştirilmiştir. Ülkelerde yapılan araştırmaların çeşitliliği ve sayısındaki değişiklikler ülkelerin kültürel farklılıklarına ve araştırma geçmişlerine bağlı olabilmektedir (Saraçoğlu ve Aşılıoğlu, 2022). Türkiye'de yayımlanan makale sayılarının belirgin bir şekilde fazla oluşu memnuniyet vericidir. Türkiye'de matematik ve geometride görsel algı ve görselleştirme konularına ilginin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu yüksek ilginin ileriki yıllarda geometri ve matematik öğrenim düzeyinin yükselmesine katkı sağlayacağı öngörülebilir.

Araştırmanın bulguları incelenen makalelerdeki örneklem sayılarının çoğunlukla 100'ün altında olduğunu göstermiştir. 3 makalenin örneklem sayısı ve grubunun olmadığı görülmüştür. Bunun nedeninin araştırma yöntemlerinden kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Japonya’da yapılan araştırmaların örneklem sayılarının fazla olması dikkat çekmiştir. Bunun nedeninin çalışmayı daha uzun bir zamana yayarak ayrıntılı verilere ulaşıp güvenilir sonuçlar elde etmek istemeleri olarak düşünülebilir. En az örneklem sayısına sahip çalışma bir kişi ile Kanada’ da gerçekleştirilmiştir. Araştırmaların yaklaşık yarısı nitel araştırmalardır ve nitel araştırmalarda örneklem sayısının düşük olması beklenir. Nicel araştırmalarda ise ağırlıklı olarak deneysel yöntemlerin kullanıldığı bulunmuştur. Deneysel araştırmaların tipik özelliklerinden bir tanesi örneklem sayısının düşük olmasıdır. Ayrıca alışma alanlarına, konu seçimine ve araştırmalara katılan örneklem grubuna bağlı olarak araştırmalarda farklı örneklem büyüklüklerine ulaşıldığı söylenbilir. Bu durum Yorulmaz vd.’nin (2021) yaptığı çalışma sonuçlarıyla desteklenmektedir. İncelenen makalelerdeki örneklem gruplarının çoğunlukla öğrencilerden oluştuğu bulunmuştur. Bu ğrenciler ise ağırlıkla ortaokul ve lise öğrencileridir. Lisans ve yüksek lisans ğrencilerinin de örneklem grubunu sıklıkla oluşturdukları grlmştir. Türkiye’de matematik alanında yapılan çalışmalara bakıldığında Ulutaş ve Ubuz’un (2008) yaptığı çalışma sonucunda yapılan araştırmaların konusunun çoğunlukla çocuklar ve ğretmen adayları ile ilgili olduğu belirlenirken, Tatar ve Tatar’ın (2006) inceledikleri çalışmaların konusunun lisans öğrencileri ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Bu bulgular araştırmada elde edilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Örneklem olarak ğretmen adaylarının seçilmesinin sebebi olarak niversite ğretim elemanları tarafından kolay ulaşılabilir olmaları düşünülmektedir. Ayrıca okul öncesi öğrencileriyle yapılan çalışmalar da yer almaktadır. Geometri eğitiminin erken yaşlarda başlaması gerektiğinden örneklem grubu olarak erken öğrencilik dönemindeki çocukların örneklem grubu olarak kullanılması beklenen bir durumdur. Okul ncesi eğitimin çocuğun sosyalleşmesini sağladığı kadar çocuğun bilişsel ve düşünsel yönde gelişimini de desteklediği söylenbilir. Çocuklara günlük yaşam örnekleri sunmak onların matematiği algılamalarına yardımcı olur (Fidan ve Türnüklü, 2010). Okul ncesi eğitimde çoğu matematik kavramının temellerinin atıldığı düşünüldüğünde okul öncesi eğitim alan ve almayan çocukların matematik becerilerinin incelenmesi gerektiği düşünülmektedir (Aktaş, 2002). Araştırma bulgularına göre Matematik Eğitimi Bilim Dalı’nda ğretim görevlileri ve yöneticiler üzerinde araştırma yapılmamış olması dikkat çeken bir durumdur. Tereci ve Bindak’ın (2019) yaptığı 2010-2017 Yılları Arasında Türkiye’de Matematik Eğitimi Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi çalışmasının elde ettiğimiz sonucu desteklediği grlmştir. Bu durum literatürde eksiklik olarak düşünülmektedir.

Bu araştırmada incelenen 47 makalede en çok nitel, daha sonra nicel ve daha sonra da karma araştırma yöntemlerinin kullanıldığı bulunmuştur. Nicel ve nitel çalışmaların sayısının birbirine oldukça yakın olduğu görülmüştür. Bu sonuç Tatar vd. (2013) tarafından yapılan çalışmanın sonuçlarıyla tutarlık göstermektedir. Nicel araştırmalarda sıklıkla deneysel ve ilişkisel yöntemlerin tercih edildiği tespit edilmiştir. Matematik ve geometride görsel algı ve görselleştirmeyle ilgili bir uygulama veya bir program önerisini konu olan makalelerde bu uygulama veya programın test edilmesi söz konusu olmuş ve bununla ilgili olarak deneysel bir araştırma gerçekleştirilmiştir. Çocuklara uygulanan çeşitli eğitim programlarının etkisi deneysel araştırmalarda araştırılabilmektedir (Altan vd., 2021). Nitel araştırmalarda ise sıklıkla vaka analizi yöntemi kullanılmıştır. Bunların dışında doküman incelemesi, kesitsel araştırmalar, yarı deneysel araştırmalar, eylem araştırması ve betimsel araştırmalar bulunmaktadır. Nicel ve nitel yöntemlerin birlikte kullanıldığı karma araştırma yöntemlerinin ise daha az tercih edildiği görülmüştür. Son yıllarda kullanımı artan ve daha geçerli ve güvenilir sonuçlar ürettiği ileri sürülen (Kocaman-Karoğlu, 2015; Sağlam, 2016) karma yöntemlerin daha seyrek kullanılması bir olumsuzluk olarak görülebilir. Ancak karma yöntemleri kullanmak hem daha maliyetli hem de daha çok zaman alıcı olduğu için daha seyrek tercih edilmektedir (Baki ve Gökçek, 2012). Eğitimcilere daha aydınlatıcı, daha yenilikçi bilgiler verilmesi amacıyla farklı yöntemlerle yapılan araştırmalar desteklenmelidir (Ulutaş ve Ubuz, 2008). Göktaş vd.'e (2012) göre nicel araştırmaların tercih edilmesinin nedenleri arasında uygulama süresinin kısa olması, istenen büyüklükte örnekleme daha hızlı ve daha kolay ulaşılması, maliyet ve zaman avantajları, araştırmacıların çalışmalarının sonuçlarını genellemeye ilişkin kaygılarının olması yer almaktadır (Altan vd., 2021). Nitel araştırmalar araştırmacının araştırdığı olguyu herhangi bir değişiklik yapmadan anlaşılmasını sağlamaya çalıştığı bir süreçtir (Patton, 2014). Dolayısıyla nitel araştırma verileri daha derinlemesine bilgiler sunması ve çoklu şekillerde yapılabilmesi açısından nitelik bakımından değerlidir.

Araştırma kapsamında incelenen 47 tane bilimsel araştırma niteliğindeki makalenin verilerinin farklı veri toplama araçlarıyla toplandığı görülmektedir. Bu veri toplama araçları, çeşitli ölçekleri içeren anketler, katılımcıların farklı türdeki becerilerini ölçen beceri ve bilgi testleri, katılımcılarla yapılan görüşmeler, katılımcıların gözlemlenmesi ve doküman incelemesidir. Elde edilen sonuçlar Tatar vd.'nin (2013) alışmasının sonuçlarıyla paralellik göstermektedir. Makalede en sık kullanılan veri toplama aracının beceri testleri olduğu görülmüştür. Bu testlerin öğrencilerin geometri ve matematik bilgilerini ve becerilerini ölçen

testler olduğu anlaşılmıştır. Makalelerde nicel araştırma yöntemlerinde deneysel tekniklerin daha fazla kullanıldığı hatırlanırsa bu yöntem ve tekniklere daha uygun olan beceri testlerinin kullanılması da beklenen bir sonuçtur. Sıklıkla kullanılan diğer veri toplama araçları ise anket, gözlem ve görüşmedir. Nitel veri toplama araçlarından olan gözlem ve görüşme formu derinlemesine objektif bilgi edinilmesini sağlar (Arıkan, 2013). Veri toplama araçlarıyla ilgili bulgular birden çok veri toplama aracının aynı anda kullanıldığını da göstermiştir. Özellikle nitel araştırma yöntemlerinin kullanıldığı makalelerde anket, görüşme, gözlem ve beceri testi veri toplama araçlarının beraber kullanıldığı gözlemlenmiştir.

İncelenen 47 makalenin içerisinde 5 tanesinde görselleştirme aracı olarak teknolojiye yararlanılmıştır. Bu uygulamalar Mathsticks, Mathematica Grafik Yazılımı, Bilgisayar üzerinden Dinamik Bir Öğretim Ortamı, SketchUp ve Dinamik Matematik yazılımıdır. İncelenen makalede Mathsticks, öğrencilerin geliştirdikleri görsel ve sembolik temsiller ile eylemleri arasında bağlantılar kurarak matematiksel anlamlar oluşturmalarına yardımcı olmak için tasarlanmıştır. Mathematica Grafik Yazılımı ile öğrencilerin iki boyutlu basit bir fonksiyonun üç boyutlu bir yüzeye dönüşümünü görselleştirmesinde yardımcı olmak amaçlanmıştır. Diğer bir incelenen makalede Dinamik bir öğretim ortamının ve görselleştirmenin sekizinci sınıf öğrencileri üzerindeki yansıma ve döndürme kavramlarının inşasına etkileri araştırılmıştır. Ayrıca ortamın öğrencilerin iki ve üç boyutlu görselleştirmeleri üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Başka bir makalede ise uzamsal görselleştirme becerilerini geliştirmek için 3D modelleme yazılımı olan SketchUp kullanılmıştır. Son olarak dinamik matematik yazılımı kullanarak matematik öğretmeni adaylarının üç boyutlu bir cismin enine kesitinin şeklini bulmasının yanı sıra uzamsal görselleştirme becerilerine etkisi belirlenmek istenmiştir. Geriye kalan 42 makale de ise herhangi bir teknolojik araç kullanılmamıştır. Okullarda öğrenilecek bilgilerin artması, öğretimin git gide karmaşıklaşması, çağdaş ve nitelikli eğitime duyulan ihtiyaç eğitimde araç olarak bilgisayarların kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bununla beraber bilgisayar kullanan öğrencilerin geometrik düşünme düzeylerinin daha yüksek olduğu görülmektedir (Fidan ve Türnüklü, 2010). Alan yazında öğrencilerin matematik ve geometri başarılarının artmasında bilgisayar ve teknoloji kullanımının etkili olduğu çalışmalar yer almaktadır (Önder, 2001; Sezer, 1989). Bedir'in (2005) yaptığı tez çalışmasının sonuçları araştırmamızda incelenen 5 makalenin sonuçları ile paralellik göstermektedir. Durmuş (2003), işlem becerilerinin geliştirilmesinde ve kavramların oluşturulmasında teknolojinin yardımcı olacak şekilde eğitime dahil edilmesinin gerekli olduğunu belirtmiştir.

İncelenen 47 makalenin görselleştirme ve görsel algı temalarını kullandıkları bulunmuştur. Bununla birlikte en sık kullanılan temanın görselleştirme olduğu tespit edilmiştir. Bulgular bu tema altında 33 tane makale yayımlandığını göstermiştir. Bu tema altında yayımlanan makaleler görselleştirmenin kullanımıyla ilgili olumlu sonuçlara işaret etmişlerdir. Konu olarak incelendiğinde öğrenci çizimlerinin, zeka seviyesine göre öğrencilerin görselleştirme performanslarının, iki boyutlu ve üç boyutlu görselleştirmelerin, görselleştirmeye dair öğretmen görüşlerinin, uzamsal görselleştirmelerin, görselleştirmenin eleştirel düşünmeyi geliştirmedeki rolünün, dinamik öğrenme ortamlarının öğrencilerin görselleştirmeleri üzerine etkisinin, origamiye dayalı öğretimin uzamsal görselleştirme ve geometri başarısı üzerine etkisinin, zihinsel döndürmelerin incelendiği makaleler yer almıştır. Bu makalelerin görselleştirmenin, uzamsal becerilerin önemli ve kritik bir kavram olduğu ve öğrenciler için, matematik ve geometri öğretimi için ve akademik başarı için önemli rolleri olduğu sonucuna ulaştıkları görülmüştür. Elde edilen sonuçlar görselleştirmenin öğretime dahil edilmesinin gereklilik olduğunu göstermiştir. Görsel algı temalı yayımlanan makalelerin sayısının 14 olduğu bulunmuştur. Bu makalelerde görsel algı kavramının, görsel algının öneminin, görsel algı süreçlerinin, görsel algıyı etkileyen faktörlerin, görsel algı uygulamalarının ve görsel algının eğitimde kullanılmasının incelendiği ve bu incelemelerin sonuçlarının sunulduğu görülmüştür. Bu makalelerin sonuçlarının görsel algının geliştirilmesinin matematik ve geometri öğretimi için kullanımının önemine ve etkinliğine vurgu yaptığı tespit edilmiştir. Bu bulgular matematiksel düşünme için şekillerin ve görüntülerin rollerinin çok güçlü olduğunu belirten ve matematik öğrenmenin cazip hale getirilmesinin görselleşmeden geçtiğini belirten ifadelerle uyumludur (Şan, 2012). Bu araştırmanın bulgularıyla uyumlu olarak Şen (2020) öğrencilerin kaliteli bir geometri öğrenmeleri için onların uzamsal görselleştirme becerilerinin geliştirilmesi gerektiğine vurgu yapmıştır. Yaprak (2009) da geleneksel geometri eğitiminin öğrenme ihtiyacını yeterince karşılayamadığına vurgu yaparak görselleştirme tekniklerinin geometri eğitiminde kullanılması gerektiğini belirtmiştir. Ülkemizde TIMMS' de en çok geometri alt boyutunda; PISA' da ise sayısal alt boyuttan sonra en çok uzay ve şekil boyutunda başarısız olduğumuz görülmektedir (MEB, 2003; MEB, 2004). Delice Sevimli (2010) ise Türkiye'nin PISA sınavlarında daha yüksek sıralarda yer alabilmesi için öğrencilerin görsel ve uzamsal becerilerinin geliştirilmesinin hedeflenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Koparan (2012) günümüzde teknolojinin sağladığı imkanlardan geometri eğitiminde görselleştirme uygulamaları için uygun imkanlar sağladığını ve bunların kullanılması gerektiğini vurgulamıştır. Probleme dayalı öğrenme yöntemi ile öğrencilerin geometrik şekillerin

özelliklerini fark etmesi, açıklaması, analiz etmesi, şekillerin özelliklerinin önemini kavrayabilmesi, şekiller arasında bağlantılar kurabilmesi istenen davranışlardır. Bununla beraber geometri konularının problem çözme yöntemi ve kavram haritası destekli olarak işlenmesinin geometrik düşünme düzeyine olumlu etkilerinin olduğu belirtilmiştir (Saraçoğlu ve Aşlıoğlu, 2022). Bu bilgiler araştırma sonuçları ile tutarlık göstermektedir.

## 5.2. Sonuç

Makaleler ERIC ve Web of Science veri tabanında alınmış olmakla birlikte makalelerin büyük çoğunluğu ERIC veri tabanına aittir. Makaleler 1992 yılı ile 2022 yılları arasında yayımlanmıştır ve en çok makale 2011 ve 2022 yılında yayımlanmıştır. Yayımlanan makale sayılarında 2021 ve 2022 yıllarında belirgin bir artış gözlemlenmiştir. Makaleler 21 farklı ülkede gerçekleştirilmiştir ve makalelerin en fazla gerçekleştirildiği iki ülke Türkiye ve ABD'dir. Makaleler çoğunlukla 100'ün altındaki örneklem sayılarıyla ve büyük miktarı ortaokul öğrencilerinden oluşan örneklem gruplarıyla gerçekleştirilmiştir. Makalelerin hem nicel hem de nitel yöntemleri birbirine yakın düzeylerde kullandıkları, nicel yöntemlerden en çok deneysel yöntemlerin tercih edildiği, nitel yöntemlerde ise vaka analizi yönteminin tercih edildiği bulunmuştur. Makalelerin veri toplama aracı olarak en fazla beceri testlerini kullanmışlardır. Birden çok veri toplama aracı kullanan makalelerin sayısı da oldukça fazladır. Makaleler de görselleştirme aracı olarak Mathsticks, Mathematica Grafik Yazılımı, Bilgisayar üzerinden Dinamik Bir Öğretim Ortamı, SketchUp ve Dinamik Matematik yazılımı kullanılmıştır. Makalelerin konuları görselleştirme ve görsel algı temaları altında sınıflandırabilmektedir. Makaleler en fazla görselleştirme teması altında yayımlanmışlardır.

## 5.3. Öneriler

Okullarda geometri eğitimine çok daha fazla önem verilmelidir. Geometri eğitimi için okul öncesi gibi erken dönemlerde uygulamalara başlanmalıdır. Geometri eğitimi için görsel algının dinamikleri göz önüne alınmalı ve buna uygun uygulamalar geliştirilmelidir. Görselleştirme pratikleri geometri eğitiminde yoğun ve aktif bir şekilde kullanılmalıdır. Görselleştirmenin geometri eğitiminde kullanılabilmesi için teknolojik imkanlardan yararlanılmalıdır. Okullar geometri eğitimi için ve görselleştirme uygulamaları için gerekli araç gereç ve materyaller açısından desteklenmelidir. Öğretmenler geometri eğitiminde görsel algı ve görselleştirmenin kullanılması açılarından eğitilmelidir. Gelecekteki araştırmalar matematik ve geometride görsel algı ve görselleştirme konularını daha fazla incelemelidir. Bu alanda nicel ve nitel araştırma yöntemlerinin kullanıldığı karma araştırma yöntemleri daha

fazla kullanılmalıdır. Öğretmenlere dinamik geometri yazılımının kullanımı uygun pedagojik ilkelerle hizmet öncesi ve hizmet içi kurslarda öğretilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Açıkgül, K. & Aslaner, R. (2014). Bilgisayar destekli öğretim ve matematik öğretmen adayları: Bir literatür incelemesi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitü Dergisi*, 1(1), 41-51.
- Aksu, H. H. (2007). İlköğretimde Aktif Öğrenme Modeli ile Geometri Öğretiminin Geometrik Düşünme Düzeylerine Etkisi. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 57-67.
- Aktaş Arnas, Y. (2002). Okul öncesi dönemde matematik eğitimi. Adana: Nobel Tıp Kitabevi.
- ALTAN, R. Y., Hilal, G. E. N. Ç., & DAĞLIOĞLU, H. E. (2021). Türkiye’de okul öncesi dönemde matematik alanında yapılan çalışmalara ilişkin bir içerik analizi. *OPUS International Journal of Society Researches*, 17(33), 619-653.
- Altınar, E. Ç. ve Artut, P. D. (2017). İlkokulda Gerçekçi Matematik Eğitimi ile Gerçekleştirilen Öğretimin Öğrencilerin Başarısına, Görsel Matematik Okuryazarlığına ve Problem Çözme Tutumlarına Etkisi, *Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, 1-19.
- Altun, M. (2005). *Matematik Öğretimi*. Bursa: Erkam Matbaası.
- Arcavi, A. (2003). The role of visual representations in the learning of mathematics. *Educational Studies in Mathematics*, 52, 215-241. <https://doi.org/10.1023/A:1024312321077>.
- Arıkan, R. (2013). Araştırma yöntem ve teknikleri (2.Baskı). Ankara: Nobel Yayınları.
- Atıcı, Ş. (2021). Örüntü Tabanlı Matematik Eğitimi Programı’nın 60-69 Aylık Çocukların Görsel Algılamaları Üzerine Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bolu.
- Aytekin, G. N. (2021). Ortaöğretim 10. Sınıf Matematik Ders Kitabındaki Geometri Alt Öğrenme Alanının Duval’ın Bilişsel Modeli Çerçevesinde İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Bademci, V. (2019). Geçerlik: Nedir? Ne Değildir? . *Eğitim ve Toplum Araştırmaları Dergisi/JRES*, 6(2), 373-385.
- Baker, K. A. and Weeks, S. M. (2014). An Overview of Systematic Review, *Journal of PeriAnesthesia Nursing*, 454-458. DOI :10.1016/j.jopan.2014.07.002.
- Baki A. ve Gökçek, T. (2012). Karma Yöntem Araştırmalarına Genel Bir Bakış, *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(42), 1-21.
- Bangir, G. A. (2008). Görsel Okuryazarlık ve Öğretim Teknolojisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 74-102.
- Barn, B., Barat, S. and Clark, T. (2017). Conducting Systematic Literature Reviews and Systematic Mapping Studies, 212-213. DOI: <http://dx.doi.org/10.1145/3021460.3021489>.

- Baykul, Y. (1999). "İlköğretimde Matematik Öğretimi", İlköğretimde Etkili Öğretme ve Öğrenme Öğretmen El Kitabı. Ankara: MEB Yayınları.
- Bedir, D. (2005). Bilgisayar destekli matematik öğretiminin ilköğretimde geometri öğretiminde yeri ve öğrenci başarısı üzerindeki etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*.
- Bilgin, T. (2003). ÖSS'ye Dershane'de Hazırlanan İki Grup Öğrencinin Geometri Başarılarının ve Hatalarının Karşılaştırılması. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 147-156.
- Bones, M. (2002), Computer Assisted Instruction and Volumes of Solids (Bilgisayar Destekli Öğretim ve Katı Cisimlerin Hacimleri), California Üniversitesi, Yüksek lisans Tezi.
- Can, S. (2022). Proje Yaklaşımına Dayalı Eğitim Programının Okul Öncesi Dönem Çocukların Görsel Algı ve Matematik Becerilerine Etkisinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Cantor, R. ve Farfán, R. M. (2003). Mathematics Education: A Vision of Its Evolution. *Educational Studies in Mathematics*, 255-270.
- Çukur, D. ve Güller Delice, E. (2011). Erken Çocukluk Döneminde Görsel Algı Gelişimine Uygun Mekan Tasarımı, *Aile ve Toplum*, Yıl: 12 Cilt: 7 Sayı: 24, SS. 25-36. doi:10.21560/spcd.75766
- Delice, A. ve Sevimli, E. (2010). Geometri Problemlerinin Çözüm Süreçlerinde Görselleme Becerilerinin İncelenmesi: Ek Çizimler, *M.Ü. Atatürk Eğitim Fakültesi Eğitim Bilimleri Dergisi*, , Sayı: 31, Sayfa: 83 – 102, 2010.
- Durmuş, S. (2003). En gelişmiş teknolojiler ve matematik eğitime katkıları. *Abant İzzet Baysal Eğitim Fakültesi Dergisi*, 3(5), 142-152.
- Eker, C. ve Sıcak, A. (2016). Sınıf Öğretmeni Adaylarının Birleştirilmiş Sınıflı Öğretime İlişkin Zihin İmgeleri (Metaforları), *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, Sayı: 37 Sayfa: 133-153.
- Ekici, N. (2004). Grafik Eğitiminde Öğrencilerin Görsel Algı ve Algılama Farklılıklarının Afiş Tasarımları Yoluyla Saptanması, *Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimler Enstitüsü*, Ankara.
- Erişti, S. D., Uluysal, B. ve Dindar, M. (2013). Görsel Algı Kuramlarına Dayalı Etkileşimli Bir Öğretim Ortamı Tasarımı ve Ortama İlişkin Öğrenci Görüşleri, *Anadolu Journal of Educational Sciences International* , 47-66.
- Fırat, İ. (2020). *Türkiye'de matematik okuryazarlık ile ilgili 2020 yılına kadar yapılan çalışmaların doküman analizi yöntemiyle incelenmesi* (Master's thesis, Amasya Üniversitesi).
- Fidan Y. ve Türnüklü, E. (2010). İlköğretim 5. Sınıf Öğrencilerinin Geometrik Düşünme Düzeylerinin Bazı Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 185-197.
- Fidan, Y., & Türnüklü, E. (2010). İlköğretim 5. sınıf öğrencilerinin geometrik düşünme düzeylerinin bazı değişkenler açısından incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 27(27), 185-197.

- Gal, H. & Linchevski, L. (2010). To see or not to see: analyzing difficulties in geometry from the perspective of visual perception. *Educational Studies in Mathematics*, 74, 163–183. DOI 10.1007/s10649-010-9232-y.
- Genç, G. (2010). Dinamik Geometri Yazılımı ile 5. Sınıf Çokgenler ve Dörtgenler Konularının Kavratılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Günaydın, O. (2011). Geometri ve Cebir Problemleri Çözüm Süreçlerinin Görselleme ve Göstergibilim Bağlamında İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Marmara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- GÜVEN, B., & KARATAS, I. (2003). Dinamik geometri yazılımı cabri ile geometri öğrenme: öğrenci görüşleri. *TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 2(2).
- Harris, J. D., Quatman, C. E., Manring, M.M., Siston, R.A. and Flanigan, D.C. (2014). How to Write a Systematic Review, *The American Journal of Sports Medicine*, Vol. 42, No. 11. DOI: 10.1177/0363546513497567.
- İlhan, A., Çelik, H. C. ve Poçan, S. (2016). Görsel Matematik Okuryazarlığı: Bir Derleme Çalışması. *International Engineering, Science and Education Conference*, 20-34.
- Kalkan, A. ve Arslan, M. (2016). Okul Öncesinde Mental Aritmetik Eğitiminin Öğrencilerin Görsel Algı Düzeylerine Etkisinin İncelenmesi, *Ege Eğitim Dergisi* (17) 2: 399 – 424. <https://doi.org/10.12984/egeefd.280751>
- Kandemir, C. (2018). İleri Düzey Badmintoncularda Mental Rotasyon, Reaksiyon Zamanı ve Dinamik Denge Testleri Başarı Düzeylerinin Karşılaştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Karaarslan, E., Boz, B., & Yıldırım, K. (2013). Matematik ve geometri eğitiminde teknoloji tabanlı yaklaşımlar.
- Karaçam, Z. (2013). Sistemik Derleme Metodolojisi: Sistemik Derleme Hazırlamak İçin Bir Rehber, *Dokuz Eylül Üniversitesi Hemşirelik Yüksekokulu Elektronik Dergisi*, 26-33.
- Karagöz, B. & Şeref, İ. (2020). Yazma Becerisiyle İlgili Makaleler Üzerine Bir İnceleme: Web of Science Veri Tabanında Eğilimler. *Ana Dili Eğitimi Dergisi*, 8(1), 67-86.
- Kaya, D. (2019). Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Uzamsal Görselleştirme, Zihinsel Döndürme ve Zihinde Canlandırma Becerilerinin Matematik Odaklı Epistemolojik İnançlar ve Bazı Değişkenlerle İlişkisi, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, Cilt:27 Sayı:4, sayfa:1787-1798. doi:10.24106/kefdergi.3329
- Keser, E. N. (2009). *Sanat Sözlüğü*. (2.Baskı), Ankara: Ütopya yayınevi, 2009.
- Kızıltan, E., Canan Yazıcı, A., Aktaş, G., Aladağ, A., Ergene, M., Turanoğlu, M. A. ve Yılmaz, M. N. (2013). Klinik Öncesi Eğitim Sürecinde Mental Rotasyon Becerilerinin Değerlendirilmesi: Başkent Üniversitesi Örneği, *Tıp Eğitimi Dünyası*, Sayı 37, sayfa 1-14.
- Kocaman-Karoğlu, A. (2015). Öğretim Teknolojileri Alanında Karma Yöntem Çalışmaları Analizi: 2005-2015 Arası. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi (KEFAD)*, 16(2), 353-369.

- Koç, E. (2002). Görsel-algı becerilerinin gelişimine yönelik örnek bir eğitim program modelinin hazırlanması ve anasınıflı çocuklarında görsel algı gelişimine etkisinin incelenmesi, (*yayınlanmamış yüksek lisans tezi*), Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Koç, O. U. & Başer, N. (2012). Görselleştirme Yaklaşımının Matematiğe Yönelik Tutum ve Başarıdaki Rolü. *İlköğretim Online*, 11 (4), 945-957. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/ilkonline/issue/8587/106697>.
- Konyalıoğlu, A. C. (2003). Üniversite düzeyindeki vektör uzayları konusundaki kavramların anlaşılmasında görselleştirme yaklaşımının etkinliğinin incelenmesi, *Yayınlanmamış Doktora Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koparan, T. (2012). Matematik ve Geometri Derslerinde Grafik Tablet Kullanımına Yönelik Tutum Ölçeği, *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education* Vol.3 No.1, 66-79. doi:10.16949/turcomat.82912.
- Kurt, M. (2002). Görsel-Uzaysal Yeteneklerin Bileşenleri, *Klinik Psikiyatri*, cilt 5, sayfa 120-125.
- Mancoğlu, E. (2019). Ortaöğretim Matematik Öğretmeni Adaylarının Matematiksel Teoremlerin İspatlarını Görselleştirme Durumlarının İncelenmesi, *Yüksek Lisans tezi*, Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- MEB (2003). Timss 1999 Üçüncü uluslar arası matematik ve fen bilgisi çalışması: Ulusal Rapor. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- MEB (2004). Pisa 2003 projesi: Ulusal ön rapor. Milli Eğitim Bakanlığı Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Dairesi Başkanlığı. Ankara.
- MEB, (2010). Ortaöğretim geometri dersi 9-10. sınıflar öğretim programı. Ankara: MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı.
- Metin, Ş. Ve Aral, N. (2013). Motor Beceriden Bağımsız Görsel Algı Testi-3: Geçerlik Güvenirlilik Çalışması, *Çankırı Karatekin Üniversitesi SBE Dergisi* 4(2): 057-072.
- Miles, M. B., & Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis an expanded source book*. California: Sage Publications.
- Narin, H. (2019). Sanat Eğitimi Öğrencilerin Zihinsel İmgeleme Kapasitesini Belirlemeye Yönelik Bir Ölçme Aracı Geliştirme Çalışması, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana.
- NCSM, (1976). Position Statements On Basic Skills. *Mathematics Teacher*,71, (February 1978):147-152.
- Odabaşı, F. (2006) *Bilgisayar destekli eğitim*. Eskişehir: Anadolu Üniversitesi: Açık Öğretim Yayınları.
- Oral, B. ve İlhan, M. (2012). İlköğretim ve Ortaöğretim Matematik Öğretmen Adaylarının Geometrik Düşünme Düzeylerinin Çeşitli Değişkenler Açısından İncelenmesi. *Necatibey Eğitim Fakültesi Elektronik Fen ve Matematik Eğitimi Dergisi*, 201-219.
- Önder, F. (2001). Bilgisayar destekli geometri öğretiminin ilköğretim öğrencilerinin başarıları üzerine etkilerinin araştırılması. *Yayınlanmamış yüksek lisans tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

- Özbalcı, M. (2014). Mental Aritmetik Eğitiminin 5 Yaş Çocuklarının Görsel Algı Gelişimlerine Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Özdemir, M. E., Duru, A. ve Akgün, L. (2005). İki ve Üç Boyutlu Düşünme: İki ve Üç Boyutlu Geometrik Şekillerle Bazı Özdeşliklerin Görselleştirilmesi, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 527-540.
- Özkan, U., B. (2019). *Eğitim Bilimleri Araştırmaları İçin Doküman İnceleme Yöntem*. Pegem Akademi.
- Patton, M. Q. (2014). Nitel araştırma yöntemleri, beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni [Qualitative research methods, qualitative research and research design according to five approaches]. (M. Bütün ve S. B. Demir, Çev. ed./Trans. Ed.). Ankara: Siyasal.
- Polat, K., Oflaz, G. ve Akgün, L. (2019). Görsel İspat Becerisinin, van Hiele Geometrik Düşünme Düzeyleri ve Uzamsal Yetenek ile İlişkisi, *Erciyes Journal Of Education (EJE)*, VOL. 3 NO. 2, 105-122. <https://doi.org/10.32433/eje.604126>
- Polat, S. (2013). Origami ile Matematik Öğretimi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, Cilt/Volume: 10, Sayı/Issue: 21, s. 15-27.
- Rogoff, B. (1990). *Apprenticeship in Thinking: Cognitive Development in Social Context*, NY: Oxford Press.
- Saban, A. (2009). Öğretmen Adaylarının Öğrenci Kavramına İlişkin Sahip Oldukları Zihinsel İmgeler, *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, Bahar, 7(2), 281-326.
- Sağlam, H. İ. (2016). Öğretmen Adaylarının Nükleer Enerji Kullanımına Yönelik Informal Muhakemeleri Üzerine Karma Yöntem Araştırması. *Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İlköğretim Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi*, Aksaray.
- SARAÇOĞLU, M., & AŞILIOĞLU, B. (2022). TÜRKİYE’DE GEOMETRİK DÜŞÜNME ÜZERİNE YAPILAN ARAŞTIRMALARA İLİŞKİN BİR META-SENTEZ. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(81), 91-116.
- Selçuk, A. A. (2019). A Guide for Systematic Reviews: PRISMA, *Turk Arch Otorhinolaryngol*, 57-58. DOI: 10.5152/tao.2019.4058.
- Sezer, N. (1989). Bilgisayarlı öğretimin ilköğretim 5. sınıf öğrencilerinin matematik erişimine etkisi. Yayınlanmamış yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü
- Şan, İ. (2008). Sekizinci Sınıf Öğrencilerinin Özdeşlik Konusu Erişilerine Görselleştirmenin Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Şan, İ. (2012). Matematik Öğretiminde Görselleştirme, 109-123.
- Şen, E. Ö. (2020). İlköğretim Matematik Öğretmen Adaylarının Uzamsal Görselleştirme ve Zihnin Uzamsal Alışkanlıkları Arasındaki İlişki, *Anadolu Journal of Educational Sciences International*, 11(1), 268-286. DOI: 10.18039/ajesi.756498
- Tabuk, M. (2019). Lisansüstü tezlerde bilgisayar destekli matematik öğretimi uygulamaları: Meta-sentez çalışması. *Journal of Theoretical Educational Science*, 12(2), 656-677.

- Tapan-Broutin, M. S. (2014). Matematiksel Nesnelerin Yapısı ve Temsiller: Klasik Semiyotik Üçgenin Geometri Öğretimine Yansımalarının Analizi, *Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 255-281.
- Taş, U. E., Arıcı, Ö., Ozarkan, H. B. ve Özgürlük, B. (2016). PISA 2015 Ulusal Raporu. Ankara: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Tatar, E. ve Tatar, E. (2008). Fen bilimleri ve matematik eğitimi araştırmalarının analizi II: Anahtar Kelimeler. İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 9(16), 89–103.
- Tatar, E., KAĞIZMANLI, T. B., & Akkaya, A. (2013). TÜRKİYE'DEKİ TEKNOLOJİ DESTEKLİ MATEMATİK EĞİTİMİ ARAŞTIRMALARININ İÇERİK ANALİZİ. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*, (35), 33-45.
- TDK (Türk Dil Kurumu) Sözlüğü, 2007. <https://sozluk.gov.tr/assets/img/logo.jpg> adresinden 15.11.2022 tarihinde erişilmiştir.
- Tekin, B. (2022). Visualization of Algebraic Identities in  $R \times R \times R = R^3$  (in Space) at Secondary Education. *Journal of Educational Issues*, 8(1). doi:10.5296/jei.v8i1.19662.
- Tereci, A., & Bindak, R. (2019). 2010-2017 Yılları Arasında Türkiye'de Matematik Eğitimi Alanında Yapılan Lisansüstü Tezlerin İncelenmesi. *Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 6(1), 40-55.
- Toptaş, V. (2008). Geometri Alt Öğrenme Alanlarının Öğretiminde Kullanılan Öğretim Materyalleri İle Öğretme-Öğrenme Sürecinin bir Birinci Sınıfta İncelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 299-323.
- Tseng, Y. H., Chang, C. Y., Tutwiler, M. S., Lin, M. C., & Barufaldi, J. P. (2013). A scientometric analysis of the effectiveness of Taiwan's educational research projects. *Scientometrics*, 95, 1141-1166. DOI 10.1007/s11192-013-0966-z.
- Turgut, İ. G. (2019). Matematik Öğretmen Adaylarının Bazı Matematiksel Kavramları Görselleştirme Süreçlerinin İncelenmesi: Kümeler ve Fonksiyonlar, *Doktora Tezi*, Gazi Üniversitesi Eğitim, Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- TÜİK. (2017). Hanehalkı bilişim teknolojileri kullanım araştırması. Erişim adresi: [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1028](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1028).
- Türnüklü E. ve Özcan, B. N. (2014). Öğrencilerin Geometride RBC Teorisine Göre Bilgiyi Oluşturma Süreçleri ile Van Hilele Geometrik Düşünme Düzeyleri Arasındaki İlişki: Örnek Olay Çalışması. *Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 295-316.
- Ulutaş, F., ve Ubuz, B. (2008). Matematik eğitiminde araştırmalar ve eğilimler: 2000 ile 2006 yılları arası. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 9(3), 614–626.
- Umay, A. (1996). Matematik Eğitimi ve Ölçülmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 145-149.
- Uysal Koğ, O. (2012). Görselleştirme Yaklaşımı ile Yapılan Matematik Öğretiminin Öğrencilerin Bilişsel ve Duyuşsal Gelişimi Üzerindeki Etkisi, *Doktora Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Uysal Koğ, O. ve Başer, N. (2012). Geometri ve Cebir Problemleri Çözüm Süreçlerinin Görselleştirme ve Göstergibilim Bağlamında İncelenmesi, *İlköğretim Online*, 11(4), 945-957.

- Ültay, E., Akyurt, H. & Ültay, N. (2021). Sosyal Bilimlerde Betimsel İçerik Analizi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (10), 188- 201.
- Vatansever, S. (2007). *İlköğretim 7. sınıf geometri konularını dinamik geometri yazılımı geometers sketchpad ile öğrenmenin başarıya, kalıcılığa etkisi ve öğrenci görüşleri* (Doctoral dissertation, DEÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü).
- Yaprak, H. (2019). 7. Sınıf Öğrencilerinin Geometrik Problemlerin Çözümünde Görselleme Süreçlerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yeşildere, S. (2006). Farklı Matematiksel Güce Sahip İlköğretim 6, 7 ve 8. Sınıf Öğrencilerinin Matematiksel Düşünme ve Bilgiyi Oluşturma Süreçlerinin İncelenmesi, *Doktora Tezi*, Dokuz Eylül Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz R. ve Argün, Z. (2013). Matematiksel Genelleme Sürecinde Görselleştirme ve Önemi, *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education)* 28(2), 564-576.
- Yılmaz, D. (2022). Art-Related Mathematics: Applications of 4th Grade Students. *Çukurova Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 51(1), 590-633. DOI: 10.14812/cufej.847261.
- Yılmaz, S., Turgut, M. Ve Kabakçı, A. D. (2008). Ortaöğretim Öğrencilerinin Geometrik Düşünme Düzeylerinin İncelenmesi: Erdek ve Buca Örneği. *Eğitim ve Düşünce Dergisi*, C:8, S:1.
- Yorulmaz, A., ÇEKİRDEKÇİ, S., & Beyzanur, D. E. D. E. (2021). Türkiye’de 2016-2020 yılları arasında yapılan ilköğretim matematik eğitimi ile ilgili lisansüstü tezlere ilişkin bir analiz. *Uluslararası Karamanoğlu Mehmetbey Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 81-93.
- Zimmermann W. ve Cunningham, S. (1991). *Visualization in Teaching and Learning Mathematics*. Washington, USA: Mathematical Association of America.

## EKLER

### EK-1: Çalışmada incelenen makaleler

Kod	Yayınlanma Yılı	Künye
G1	1992	van Reeuwijk, M. (1992). The standards applied: Teaching data visualization. <i>The Mathematics Teacher</i> , 85(7), 513-518.
G2	1995	Campbell, K. J., Collis, K. F., & Watson, J. M. (1995). Visual processing during mathematical problem solving. <i>Educational Studies in Mathematics</i> , 28(2), 177-194.
G3	1997	Noss, R., Healy, L., & Hoyles, C. (1997). The construction of mathematical meanings: Connecting the visual with the symbolic. <i>Educational studies in mathematics</i> , 33(2), 203-233.
G4	1997	Dixon, J. K. (1997). Computer use and visualization in students' construction of reflection and rotation concepts. <i>School Science and Mathematics</i> , 97(7), 352-358.
G5	1998	Owens, K., & Outhred, L. (1998). Covering shapes with tiles: Primary students' visualisation and drawing. <i>Mathematics Education Research Journal</i> , 10(3), 28-41.
G6	2002	Pinto, M., & Tall, D. (2002). Building formal mathematics on visual imagery: A case study and a theory. <i>For the learning of mathematics</i> , 22(1), 2-10.
G7	2005	Chavez, Ó., Reys, R., & Jones, D. (2005). Spatial visualization: What happens when you turn it?. <i>Mathematics Teaching in the Middle School</i> , 11(4), 190-196.
G8	2006	Van Garderen, D. (2006). Spatial visualization, visual imagery, and mathematical problem solving of students with varying abilities. <i>Journal of learning disabilities</i> , 39(6), 496-506.
G9	2006	Costa, G. B., Gorak, M., & Melendez, B. S. (2006). Visualization of two dimensional to three dimensional transformations–exploration through technology.
G10	2009	Biza, I., Nardi, E., & Zachariades, T. (2009). Teacher beliefs and the didactic contract on visualisation. <i>For the learning of Mathematics</i> , 29(3), 31-36.
G11	2010	Liang, H. N., & Sedig, K. (2010). Role of interaction in enhancing the epistemic utility of 3D mathematical visualizations. <i>International Journal of Computers for Mathematical Learning</i> , 15(3), 191-224.
G12	2010	Pitta-Pantazi, D., & Christou, C. (2010). Spatial versus object visualisation: The case of mathematical understanding in three-dimensional arrays of cubes and nets. <i>International Journal of Educational Research</i> , 49(2-3), 102-114.
G13	2010	Makina, A. (2010). The role of visualisation in developing critical thinking in mathematics. <i>Perspectives in Education</i> , 28(1), 24-33.
G14	2011	Rogness, J. (2011). Mathematical Visualization. <i>Journal of Mathematics Education at Teachers College</i> , 2(2).
G15	2011	Konyalıoğlu, A. C., Aksu, Z., & Şenel, E. Ö. (2011). The preference of visualization in teaching and learning absolute value. <i>International Journal of Mathematical Education in Science and Technology</i> , 43(5), 613-626.
G16	2011	David, M. M., & Tomaz, V. S. (2011). The role of visual representations for structuring classroom mathematical activity. <i>Educational Studies in Mathematics</i> , 80(3), 413-431.

G17	2011	Haciomeroglu, E. S., & Chicken, E. (2011). Visual thinking and gender differences in high school calculus. <i>International Journal of Mathematical Education in Science and Technology</i> , 43(3), 303-313.
G18	2011	Wamain Y, Tallet J, Zanone P-G, Longcamp M (2011). 'Biological Geometry Perception': Visual Discrimination of Eccentricity Is Related to Individual Motor Preferences. <i>PLoS ONE</i> 6(1): e15995. doi:10.1371/journal.pone.0015995.
G19	2012	Tasova, H. I., & Delice, A. (2012). An analysis of pre-service mathematics teachers' performance in modelling tasks in terms of spatial visualisation ability. <i>Research in Mathematics Education</i> , 14(3), 297-298.
G20	2013	Arıcı, S., & Aslan-Tutak, F. (2013). The effect of origami-based instruction on spatial visualization, geometry achievement, and geometric reasoning. <i>International Journal of Science and Mathematics Education</i> , 13(1), 179-200.
G21	2014	Bruce, C. D., & Hawes, Z. (2014). The role of 2D and 3D mental rotation in mathematics for young children: what is it? Why does it matter? And what can we do about it?. <i>ZDM</i> , 47(3), 331-343.
G22	2014	Turgut, M., & Uygan, C. (2014). Designing spatial visualization tasks for middle school students with 3D modelling software: An instrumental approach. <i>International Journal for Technology in Mathematics Education</i> , 22(2), 45-51.
G23	2015	Yenilmez, K., & Kakmaci, O. (2015). Investigation of the Relationship between the Spatial Visualization Success and Visual/Spatial Intelligence Capabilities of Sixth Grade Students. <i>International Journal of Instruction</i> , 8(1), 189-204.
G24	2015	Ramful, A., Ho, S. Y., & Lowrie, T. (2015). Visual and analytical strategies in spatial visualisation: perspectives from bilateral symmetry and reflection. <i>Mathematics Education Research Journal</i> , 27(4), 443-470.
G25	2015	Wilkie, K. J., & Clarke, D. M. (2015). Developing students' functional thinking in algebra through different visualisations of a growing pattern's structure. <i>Mathematics Education Research Journal</i> , 28(2), 223-243.
G26	2015	Hallowell, D. A., Okamoto, Y., Romo, L. F., & La Joy, J. R. (2015). First-graders' spatial-mathematical reasoning about plane and solid shapes and their representations. <i>ZDM</i> , 47(3), 363-375.
G27	2016	Haciomeroglu, E. S. (2016). Object-Spatial Visualization and Verbal Cognitive Styles, and Their Relation to Cognitive Abilities and Mathematical Performance. <i>Educational Sciences: Theory and Practice</i> , 16(3), 987-1003.
G28	2016	Kösa, T. (2016). The effect of using dynamic mathematics software: Cross section and visualization. <i>The International Journal for Technology in Mathematics Education</i> , 23(4), 121.
G29	2016	Papadaki, C. (2016). Working with visually impaired students: Strategies developed in the transition from 2D geometrical objects to 3D geometrical objects. CERME 9 - Ninth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education, Charles University in Prague, Faculty of Education; ERME, Feb 2015, Prague, Czech Republic. pp.564-570. hal-01287015.
G30	2017	González, N. A. A. (2017). Development of spatial skills with virtual reality and augmented reality. <i>Int J Interact Des Manuf</i> , 12, 133-144. <a href="https://doi.org/10.1007/s12008-017-0388-x">https://doi.org/10.1007/s12008-017-0388-x</a> .
G31	2017	Fujita, T., Kondo, Y., Kumakura, H. & Kunimune, S. (2017). Students' geometric thinking with cube representations: Assessment framework and empirical evidence. <i>Journal of Mathematical Behavior</i> , 46, 96-111. <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.jmathb.2017.03.003">http://dx.doi.org/10.1016/j.jmathb.2017.03.003</a> .

G32	2018	Ramatlapana, K., & Berger, M. (2018). Prospective mathematics teachers' perceptual and discursive apprehensions when making geometric connections. <i>African Journal of Research in Mathematics, Science and Technology Education</i> , 22(2), 162-173.
G33	2018	Montenegro, P., Costa, C., & Lopes, B. (2018). Transformations in the visual representation of a figural pattern. <i>Mathematical Thinking and Learning</i> , 20(2), 91-107.
G34	2019	Ilhan, A., Tutak, T., & Celik, H. C. (2019). What is the Predictive Power of Visual Mathematics Literacy Perception and Its Sub-dimensions for Geometry Success?. <i>Eurasian Journal of Educational Research</i> , 19(80), 1-24.
G35	2019	Cuturi, L. F., Tonelli, A., Cappagli, G. & Gori, M. (2019). Coarse to Fine Audio-Visual Size Correspondences Develop During Primary School Age. <i>Front. Psychol.</i> 10: 2068. doi: 10.3389/fpsyg.2019.02068.
G36	2020	Deringöl, Y. (2020). Middle school students perceptions of their self-efficacy in visual mathematics and geometry: a study of sixth to eighth grade pupils in Istanbul province, Turkey. <i>Education 3-13</i> , 48(8), 1012-1023.
G37	2020	Fujita, T., Kondo, Y., Kumakura, H., Kunimune, S., & Jones, K. (2020). Spatial reasoning skills about 2D representations of 3D geometrical shapes in grades 4 to 9. <i>Mathematics Education Research Journal</i> , 32(2), 235-255.
G38	2020	Patahuddin, S. M., Rokhmah, S., & Ramful, A. (2020). What does teaching of spatial visualisation skills incur: an exploration through the visualise-predict-check heuristic. <i>Mathematics Education Research Journal</i> , 32(2), 307-329.
G39	2020	Vagova, R., Kmetova, M., & Lavicza, Z. (2020). Visual Mental Images' Connected Paper-and-Pencil Iconic and Non-Iconic Representations. <i>International Journal for Technology in Mathematics Education</i> , 27(1).
G40	2021	Hoffmann, M.; Németh, L. (2021). Is It a Cube? Common Visual Perception of Cuboid Drawings. <i>Educ. Sci.</i> , 11, 577. <a href="https://doi.org/10.3390/educsci11100577">https://doi.org/10.3390/educsci11100577</a> .
G41	2021	Bates, K. E., Gilligan-Lee, K., & Farran, E. K. (2021). Reimagining mathematics: The role of mental imagery in explaining mathematical calculation skills in childhood. <i>Mind, Brain, and Education</i> , 15(2), 189-198.
G42	2021	Wang, S., Hu, B. Y. & Zhang, X. (2021). Kindergarteners' spatial skills and their reading and math achievement in second grade. <i>Early Childhood Research Quarterly</i> , 57, 156–166.
G43	2021	Yang, X., Huo, S., & Zhang, X. (2021). Visual-spatial skills contribute to Chinese reading and arithmetic for different reasons: A three-wave longitudinal study. <i>Journal of Experimental Child Psychology</i> , 208, 105142.
G44	2022	Asamoah, D. (2022). Improving Data Visualization Skills: A Curriculum Design. <i>International Journal of Education &amp; Development using Information &amp; Communication Technology</i> , 18(1).
G45	2022	Stenliden, L., & Nissen, J. (2022). Students' multimodal knowledge sharing in school: Spatial repertoires and semiotic assemblages. <i>Education and Information Technologies</i> , 27(4), 5665-5688.
G46	2022	Danacı, M. Ö., & Çetin, Z. (2022). Effect of the concept education programme on 48-60-month-old children's visual-spatial perception mechanisms. <i>South African Journal of Childhood Education</i> , 12(1), 1-9.
G47	2022	Colosimo, S., & Brown, T. (2022). Examining the Convergent Validity of the Test of Visual Perceptual Skills–Fourth Edition (TVPS-4) in the Australian Context. <i>Journal of Occupational Therapy, Schools, &amp; Early Intervention</i> , 15(1), 90-110.

**EK-2: Makalelerin Örneklem Büyüklüğü ve Örneklem Grubu**

<b>Kod</b>	<b>Örneklem grubu</b>	<b>Örneklem Büyüklüğü</b>	<b>Ülke</b>
G1	13-18 yaş arası öğrenciler	187	Hollanda
G2	10.sınıf öğrencileri	50	Avusturalya
G3	Öğrenci (12-13 yaş)	2	Hollanda
G5	2. ve 4. Sınıf öğrencileri	200	Avusturalya
G7	-	--	Kolombiya
G8	Öğrenme güçlüğü çeken öğrenciler, ortalama başarılı olanlar ve altıncı sınıftaki üstün yetenekli 6.sınıf öğrencileri	66	ABD
G9	-	--	ABD
G10	Ortaokul öğretmenleri	91	Yunanistan
G11	Lisans ve yüksek lisans öğrencileri	35	Kanada
G12	Yaşları 11 olan ilköğretim öğrencileri	53	Kıbrıs
G13	9. sınıf öğrencileri	12	Güney Afrika
G4	8. sınıf öğrencileri	241	ABD
G14	-	-	ABD
G15	9. sınıf öğrencileri	22	Türkiye
G16	11-12 yaş arası öğrenciler	25	Brezilya
G17	Lise öğrencileri	183	ABD
G18	Sıradan Yetişkinler	16	Fransa
G19	Matematik öğretmeni adayları	75	Türkiye
G20	10. Sınıf öğrencileri	184	Türkiye
G21	Düşük, orta ve yüksek performans gösteren matematik öğrencileri (4-8 yaş arası)	42	Kanada
G22	Ortaokul öğrencileri	4	Türkiye
G23	6.sınıf öğrencileri	1011	Türkiye
G24	Yaşları 14 ve 15 olan iki öğrenci	2	Avusturalya
G25	Ortaokul Öğrencileri	222	Avusturalya
G26	1.sınıf öğrencileri	36	ABD
G27	Lise öğrencileri	348	ABD
G28	Matematik öğretmen adayları	97	Türkiye
G29	5 görme engelli öğrenci (14-19 yaşlarında)	5	Almanya

G30	Ortaokul öğrencileri	--	Meksika
G31	7., 8. ve 9. Sınıf öğrencileri	455	Japonya
G32	Matematik öğretmen adayı üniversite öğrencileri	3	Güney Afrika
G33	10-13 yaş aralığında öğrenciler	18	Portekiz
G34	Matematik öğretmeni adayları	232	Türkiye
G35	6-11 yaş arası çocuklar	66	İtalya
G36	Ortaokul öğrencileri	291	Türkiye
G37	4. ve 9. sınıf öğrencileri	1357	Japonya
G38	Matematik Öğretmenleri	2	Endonezya
G39	Üniversite 1. sınıf öğrencileri	93	Slovakya
G40	Üniversite 1. sınıf öğrencileri	153	Macaristan
G41	6-11 yaş arası ilkokul öğrencileri	92	Birleşik Krallık
G42	Ana sınıfı öğrencileri	182	Çin
G43	Ana sınıfı öğrencileri	104	Çin
G6	Matematik lisans öğrencisi	1	Kanada
G44	Farklı fakültelerden üniversite öğrencileri	121	ABD
G45	8. Sınıf öğrencileri	30	İsveç
G46	Ana sınıfı öğrencileri (48-60 ay)	118	Türkiye
G47	6-12 yaş arası çocuklar	30	Avustralya
<b>Toplam</b>			47

### EK-3: Makalelerin Konu ve Sonuçları

Görselleştirme tema makalelerin konularına ve sonuçlarına göre dağılımı

Makale Kodu	Konu	Sonuç
G1	Bu çalışmanın amacı Whitnall'daki öğrenciler ve öğretmenler için yeni bir hareket olan gerçekçi matematik eğitimi felsefesine göre matematiği sunan bir ders kitabını kullanırken öğrencilerin ve öğretmenlerin karşılaştıkları sorunları belirlemektir.	Matematik müfredatını değiştirmek aşırı derecede zor olmasa da, öğretim yöntemlerindeki bir değişikliğin çok daha zor bir mücadele olacağı görülmüştür.
G3	Öğrencilerin eylemleri, görselleştirmeleri ve bunların ifade edildiği araçlar arasındaki ilişkiyi araştırır. Mathsticks kullanan iki öğrencinin vaka çalışmasını sunar.	Öğrencilerin geliştirdikleri görsel ve sembolik temsiller ile eylemleri arasında bağlantılar kurarak matematiksel anlamlar oluşturmalarına yardımcı olmak için tasarlanmış Mathsticks adlı bir mikro dünyayı tanımlamaktadır.
G5	Öğrencilerin ilk kez gördükleri alan kavramları, verilen şekillerin görselleştirilmesini içeren bir çalışma sayfasına verdikleri yanıtlara yapılan analiz ile incelenmiştir.	Öğrencilerin çizimleri, hizalama ve karo boyutu gibi yapısal özellikler hakkında değişen bir farkındalık gösterdi. Fayans çizen öğrencilerin yamuk içeren maddelerde başarılı olma olasılığı daha yüksekti.
G7	Bu makalede, bazı araştırma sonuçları, uzamsal görselleştirmeyi keşfetmenin bazı yolları ve öğrencilerin mantıksal akıl yürütme ve zihinsel hesaplama yapmalarına yardımcı olabilecek bazı fikirler paylaşılmıştır.	Yapılan etkinliklerin, öğrencilerin uzamsal görselleştirme geliştirmelerine ve bu becerinin gerçek dünyada ne kadar yararlı olduğunu fark etmelerine yardımcı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.
G8	Öğrencilerin matematiksel kelime problemlerini çözerken görsel imgeleme kullanımlarını ve bunun uzamsal görselleştirme yeteneği ile ilişkisi incelenmektedir.	Sonuçlar üstün zekalı öğrencilerin hem uzamsal görselleştirme ölçütlerinde öğrenme güçlüğü olan öğrencilerden hem de orta düzeyde başarılı olan öğrencilerden daha iyi performans sergilediğini göstermektedir.
G9	Temel matematik düzeyinde iki boyutlu ve üç boyutlu görselleştirmelere kolayca uygun olan küçük bir fonksiyon sınıfı açıklanmaktadır. 'Birinci kadranda kısa bir aralıkta tanımlanan bir fonksiyon bir eksen etrafında döndürülürse ne olur? Bu soru Mathematica grafik yazılım paketi kullanılarak görsel olarak cevaplanır.	İki boyutlu basit bir fonksiyonu üç boyutlu bir yüzeye dönüştürmek görselleştirmek zor olabilir. Yazılım paketlerinin grafik oluşturma yeteneklerinin kullanılması, öğrencilerin bu dönüşümü görselleştirmelerine yardımcı olabilir. Bu tür görselleştirmeleri takip etmek, öğrencileri yüzeylerin tel şemalarını ve ayrıca üç boyutlu yüzey çizimlerini oluşturmak için parametrik denklemlerle uğraşan yollara yönlendirebilir.
G10	Bu makale, matematik derslerinde bir iddianın gerekçelendirilmesinde görselleştirmenin rolü ve bu görüşlerin öğretimi nasıl etkileyebileceği konusunda ortaöğretim öğretmenlerinin görüşlerini incelemektedir.	Görsel temelli (doğru) bir iddia tüm sınıf tarafından kesin olarak kabul edilse bile, sınıf iddianın geçerliliğini resmi olarak belirlemek için cebirsel yaklaşımı kullanmaya devam etmektedir. Her iki durumda da görselleştirme, kavrayışa giden bir yol olarak ortaya çıkar ve kanıtlama, içgörünün geçerliliğini topluca tesis etmenin yolu olarak ortaya çıkmaktadır.

G11	Uzamsal muhakeme, anlam verme, problem çözüme ve öğrenme gibi birçok epistemik faaliyet bilgiye dayalıdır. Bu araştırma özellikle, çoklu etkileşimlerin sağlanmasının 3D MV'lerin faydasını nasıl etkilediğini ve bu etkileşimlerin kullanım modellerinin neler olduğunu araştırmaktadır.	Çalışmanın sonuçları, öğrencilere çoklu etkileşim sağlamanın, 3D Matematiksel Görselleştirmelerle uzamsal muhakeme performansını önemli ölçüde etkileyebileceğini ve iyileştirebileceğini göstermektedir.
G12	Bu makale, öğrencilerin uzamsal ve nesne görselleştirmeleri ile üç boyutlu geometrideki analitik, yaratıcı ve pratik yetenekleri arasındaki ilişkileri incelemektedir.	Sonuçlar Uzamsal görselleştirmenin öğrencilerin üç boyutlu küp dizilerindeki pratik yetenekleriyle ilişkili olduğunu göstermektedir.
G13	Bu yazıda, 9. sınıf öğrencilerinin matematiği daha iyi anlamaları için eleştirel düşünmeyi geliştirmedeki rolünü incelemek amacıyla görselleştirme araştırılmıştır.	Görselleştirmenin çeşitli rolleri tanımlanmıştır, bu da görselleştirmenin eleştirel düşünmeyi teşvik ettiğini ve bunun da veri işlemenin daha iyi anlaşılmasına yol açtığını ortaya çıkarmıştır.
G4	Dinamik bir öğretim ortamının ve görselleştirmenin sekizinci sınıf öğrencileri üzerindeki yansıma ve döndürme kavramlarının inşasına etkileri araştırıldı. Ayrıca, ortamın öğrencilerin iki ve üç boyutlu görselleştirmeleri üzerindeki etkileri de incelenmiştir. (Bilgisayar kullanımının öğrencilerin görselleştirme düzeyleri üzerindeki etkilerini incelemek )	İlk farklılıkları kontrol ettikten sonra, dinamik ortamı deneyimleyen öğrencilerin, yansıma ve döndürme kavramlarının içerik ölçümlerinde ve iki boyutlu görselleştirme ölçümlerinde geleneksel bir ortam yaşayan öğrencilerden önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiği sonucuna varıldı. Öğrencilerin ortamı, üç boyutlu görselleştirmelerini önemli ölçüde etkilemedi.
G14	Etkili görselleştirmeler oluşturma hakkında bildiklerimiz ve bilmediklerimiz tartışılmıştır. Görselleştirmenin matematik eğitimi için neden önemli olduğu açıklanmaktadır.	Matematiksel görselleştirme çeşitli nedenlerden ötürü önemlidir. Öğrencilerin ilgisini çeker, özellikle görsel öğrenenler için öğrencilerin bir kavramı anlamasını geliştirir. Görsel akıl yürütme becerilerinin geliştirilmesi ve matematiksel araştırmalar için önemli bir araçtır.
G15	Bu çalışma, temel olarak öğretmenlerin görselleştirme yönteminin kullanımına ilişkin tercihlerini incelemekte ve problem çözüme sürecinde öğrencilerini bu yöntemden yararlanmaya ne ölçüde teşvik ettiklerini belirlemektedir.	Bu çalışma, görselleştirmenin mutlak değer kavramının öğretilmesinin ön aşamalarında olumlu bir etkiye sahip olduğunu, ancak öğretimin sonraki aşamalarında problem çözüme sırasında bir uyarım eksikliği yarattığını ortaya koymuştur.
G16	Bu makalenin amacı, görsel temsillerin sınıftaki geometri etkinliğini nasıl yapılandırabileceğini araştırmak ve öğrencilerin matematiksel nesnelere görselleştirmelerini kolaylaştırabilecek öğretim uygulamalarını tartışarak bu yönde katkıda bulunmaktır.	Çizimlerin sınıftaki matematiksel etkinliği nasıl yapılandırdığını açıklamak mümkün olmuştur.

G19	Bu çalışma, öğrencilerin matematiksel modelleme sürecine başladıklarında görselleştirme becerilerinin ne düzeyde olduğunu ve geçirdikleri görsel süreci incelemeyi amaçlamaktadır. Amaç, öğretmen adaylarının uzamsal becerilerinin modelleme görevlerinde görselleştirme sürecini nasıl etkilediğini ve bunun sonucunda yeteneklerinin performansı ne kadar etkilediğini ortaya çıkarmaktır.	Modelleme sorularını yanıtlamayan katılımcıların yarısından fazlasının uzamsal yeteneği düşük olan öğretmen adayları olduğu, ortalama ve yüksek uzamsal beceriye sahip olanların ise yaklaşık yarısının modelleme sorularını doğru yanıtladıkları dikkat çekmektedir.
G20	Bu araştırma çalışması, origamiye dayalı geometri öğretiminin Türkiye'deki onuncu sınıf öğrencilerinin uzamsal görselleştirme, geometri başarısı ve geometrik muhakeme üzerindeki etkisini incelemiştir.	Sonuçlar, origamiye dayalı öğretimin tüm bağımlı değişkenler (uzaysal görselleştirme, geometri başarısı ve geometrik muhakeme) üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.
G22	Bu çalışmada, ortaokul öğrencilerinin uzamsal görselleştirme becerilerini geliştirmek için araçsal bir yaklaşım bağlamında belirli görev tasarımları geliştirilmiştir. 3D modelleme yazılımı SketchUp kullanıldı. Tasarım sürecinde yazılım araçlarına odaklanılmış ve ardından iki öğrencinin yazılım araçlarının kullanımına ilişkin araçsal oluşum ve uzamsal muhakeme süreçlerinin yorumlanması amaçlanmıştır.	Görevlerin uygulanmasında öğrencilerin belirli araçlara kolaylıkla aşına oldukları; ancak bazılarında iyi değildiler ve araçsal takviyeye ihtiyaçları vardı. Ayrıca uzamsal yetenek performansı diğerinden daha iyi olan öğrenci araçların manipüle edilmesini kolaylıkla başarabilmektedir.
G23	Bu araştırmanın temel amacı altıncı sınıf öğrencilerinin uzamsal görselleştirme başarısı ile görsel/uzaysal zeka yetenekleri arasındaki ilişkiyi incelemektir.	Öğrencilerin cinsiyet, matematik başarısı, geometriye ilgi ve görsel/uzaysal zeka düzeylerine göre uzamsal görselleştirme başarıları arasında anlamlı farklılıklar bulunmuştur.
G24	Bu çalışmada, öğrencilerin ikili simetri ve yansıma ile uğraşırken karşılaştıkları iyi bilinen kısıtlamalardan bazıları, özellikle eğimli simetri çizgisini içeren durumları ele alınmıştır. Ayrıca, yansıtılan bir görüntünün üretiminde görsel ve analitik stratejilerin nasıl etkileşime girdiğini göstermeye çalışılmıştır.	İki taraflı simetri ve yansıma görevlerinde diklik kavramına daha açık bir şekilde dikkat edilmesi gerekliliğini vurgulanmıştır.
G25	Üst sınıflardaki ilkökul öğrencilerinin fonksiyonel ilişkilerin belirgin genelleştirilmesindeki ve bunların tanımsal, grafiksel ve sembolik olarak temsil edilmesindeki gelişimi incelenmiştir.	Öğrencilerin ilk görselleştirmeleri farklı türlere göre kategorize edilebilir ve bunlardan bazıları tekraklanan yada belirgin genellemelere sebep olma ihtimali yüksektir. Ayrıca az sayıda öğrenci aynı geometrik yapıyı görselleştirmenin birden fazla yolunu bulma ve böylece açık genellemelerini farklı ama eşdeğer sembolik denklemler olarak (pronomeral kullanarak) temsil etme becerisini gösterdi.
G27	Bilişsel stillerdeki farklılıklarla bağlantılı olarak matematikte uzamsal yetenek, sözel akıl yürütme yeteneği ve matematiksel performanstaki farklılıkları incelenmiştir.	Korelasyon matrisi, uzamsal yetenek, sözel-mantıksal muhakeme yeteneği ve matematik performansı puanlarının birbiriyle anlamlı bir şekilde ilişkili olduğunu ortaya koymuştur.

G28	Bu çalışmanın temel amacı, dinamik matematik yazılımı kullanmanın matematik öğretmeni adaylarının üç boyutlu bir cismin enine kesitinin şeklini bulmasının yanı sıra uzamsal görselleştirme becerilerine etkisini belirlemektir.	Araştırmanın sonuçları, dinamik matematik yazılımı kullanmanın matematik öğretmeni adaylarının üç boyutlu cisimlerin kesitlerini çıkarsama ve uzamsal görselleştirme becerileri üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.
G29	Görme engelli öğrencilerin 2 boyutludan 3 boyutluya geçişle baş etmede geliştirdikleri stratejilerin incelemesi: Geometrik nesnelere ve bunların görselleştirme, dokunsal algı, jestler ve dil kavramlarıyla olan ilişkileri incelenmiştir.	Öğrencilerin görselleştirme, dokunsal algı, jestler ve dil kavramlarından etkilenen geometrik düşünme prosedürleri geliştirdiğini ve buna dayalı stratejiler sayesinde 2B geometriden 3B geometriye geçişleri başarıyla gerçekleştirdikleri bulunmuştur.
G30	Yükseköğretim öğrencilerine yönelik görselleştirme ve uzamsal projeksiyon anlayışına yönelik bir analiz yapılmıştır.	Uzamsal başarılarının geliştirilmesi için öğrencilerin harekete geçirilmesi ve uygulamalar yoluyla uzamsal başarılarının geliştirilmesinin mümkün olduğu sonucuna varılmıştır.
G37	Bu yazı öğrencilerin uzamsal muhakeme becerilerini 3B geometrik şekillerin 2B temsillerini içeren problemleri çözmek için nasıl kullandıklarını analiz etmektedir. Öğrencilerin verilen şemalardaki şekilleri nasıl görselleştirdikleri ve şekillerin özelliklerini akıl yürütmede nasıl kullandıkları incelenmiştir.	Birden fazla muhakeme aşaması gerektiren problemlerde hem uzamsal görselleştirme hem de özellik tabanlı uzamsal analitik akıl yürütmenin yeterli olmadığını, aynı zamanda algısal problemlerin üstesinden gelmek için bu iki becerinin alana özgü bilgilerle uyumlu hale getirilmesi gerektiği bulunmuştur.
G38	Bu çalışma, uzamsal görselleştirme öğretimi için görselleştir-tahmin et-kontrol (VPC) olarak adlandırılan buluşsal bir yöntemi işlevsel hale getirmeyi ve öğretmenlerin uzamsal muhakemeyi geliştirmelerini sağlayan olanakları keşfetmeyi amaçladı.	VPC buluşsal yöntemi, öğrencileri matematik öğrenirken uzamsal görselleştirmeye açık bir şekilde yönlendirmek için öğretim yörüngeleri sağladı ve bunu yaparken sınıf rutini uzamsal olarak önemli ölçüde yükseldi. Ancak, dersin uygulanmasındaki ince eşitsizlikler, öğrencilerin katılımında farklılıklara yol açar. Daha kasıtlı VPC, öğrencilerin uzamsal düşünmesini teşvik ederken, VPC'nin sınırlı uygulaması uzamsal olarak akıl yürütme fırsatlarını engelleme eğilimindeydi.
G39	Bu makale, standart olmayan bir uzamsal görselleştirme problemini çözmeye odaklanan nicel-nitel araştırmamızın sonuçlarını açıklamaktadır. Çalışmanın temel amacı, doğru dış temsil sayısı (ikonik veya ikonik olmayan) ile öğrenci çözümlerindeki sayısal puanlar arasındaki ilişkiyi incelemektir.	Sonuç olarak, fiziksel nesnelere ile bunların grafik temsilleri arasındaki geçiş, katı geometriyi öğrenme ve öğretmede en yaygın zorluklardan biri olarak kabul edilebilir.
G41	Bu çalışma, MI'nın (Zihinsel İmge'nin) her bir bileşeninin (görüntü oluşturma, görüntü bakımı, zihinsel döndürme ve görüntü tarama) matematik hesaplamasına katkısını incelemiştir.	Zihinsel döndürmenin matematiksel hesaplamalardaki benzersiz çeşitliliği açıkladığını göstererek önceki kanıtlar desteklenmiştir.
G42	Çocukların uzamsal başarılarının gelecekteki matematik ve okuma performansı üzerine etkileri incelenmiştir.	Erken uzamsal becerilerin çocukların ilkökuldaki akademik başarıları üzerinde uzun vadeli etkileri olabileceği bulunmuştur.

G43	Çocukların erken okuma ve aritmetik gelişiminde çok önemli olan görsel-algısal ve uzamsal görselleştirme başarılarının incelenmesi yapılmıştır.	Hem görsel-algısal hem de uzamsal görselleştirme başarılarının Çince kelime okuma ve aritmetik performansla ilişkili olduğu bulunmuştur.
G6	Bu çalışma, öğrencilerin sayısal ifadeler için anlamı nasıl oluşturduklarını ele almaktadır. Bu yazıda, biçimciliği nicelleştirme süreçlerinden değil, kendi görsel uzamsal imgelerinden inşa eden bir öğrencinin vaka çalışmasını sunuyoruz.	Öğrencilerin nicelleştirilmiş ifadelerin yapılarını anlamak için genel olarak benimsenen sembolik önerme modelinin (örneğin bkz. Dubinsky ve diğerleri, 1988) öğrenmenin başarılı bir 'doğal' yolunun gelişimini yakalamadığını gösteren veriler sunar.
G44	Temel ve ileri düzey kavramları öğretmek için görselleştirme kullanılarak tasarlanmış bir müfredatın önerilmesi.	Sunulan müfredat tasarımının, öğrencilerin etkili veri analizi için temel bir gereklilik olan veri işleme ve hazırlama konusunda yetkinliğe ulaşmalarına yardımcı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.
G45	İlkokul öğrencilerinin bilgi oluşturma süreçlerinde etkileşimli bir veri görselleştirme uygulaması ile görsel keşiflerini ve içgörülerini iletme süreçlerinin analiz edilmesi.	Görselleştirme uygulamalarının öğrencilere akıl yürütme, yansıtma, öğeleri bağdaştırma, esnek ve değiştirilebilir olma gibi avantajlar sağladığı bulunmuştur.

#### Görsel algı temalı makalelerin konularına ve sonuçlarına göre dağılımı

Makale Kodu	Konu	Sonuç
G2	Bu çalışma, ortaokul öğrencilerinin matematiksel problem çözme bağlamında, Johnson'ın (1987) mantıksal önerme yapıları ile "zengin" belirli görsel imgeler arasında aracılık ettiğini öne sürdüğü görsel şemaların doğasını araştırmıştır.	Bu çalışmada önceki çalışmaların ve teorilerin verileri desteklenerek problem çözmedeki başarı, canlı görsel imgeler oluşturma yeteneğinden ziyade matematiksel yeteneğin mantıksal muhakeme bileşeniyle ilişkili olduğu ve en etkili öğretim stiline, soyutlama ve genelleme vurgusu ile birlikte görsel yöntemlerin kullanımını içerdiği sonucuna varılmıştır. Öğrencilerin problem çözerken belli görsel stratejileri kullanma tercihinin kısmen hem söz konusu görsel stratejinin soyutlama düzeyi hem de öğrencinin karşılık gelen canlı görsel imgeler oluşturma veya mantıksal matematiksel işlemleri gerçekleştirme becerisi tarafından belirlendiğini gösterdiği bulunmuştur.
G17	Bu çalışma, matematik öğrencilerinin matematiksel performanslarını ve grafiksel olarak sunulan türev ve ters türev görevlerine ilişkin görsel veya analitik düşünme tercihlerini incelemeyi amaçladı.	Bu çalışmanın sonunda öğrencilerin görsel tercihlerinin cinsiyete bağlı olmadığı bulunmuştur. Ancak yüksek görsel düşünme tercihinin, yüksek matematik performansına sahip öğrencilere ait olduğu bulunmuştur.
G18	Biyolojik hareket algısının motor sistemi yöneten yasaaların bilgisine dayandığı fikrine dayanarak, motor olarak tercihli ve tercihli olmayan değişikliklerin görsel olarak farklı şekilde ayırt edilip edilmediğinin araştırılması.	Görsel ayırmanın baskın eli kontrol eden motor sinir ağlarının durumuna bağlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Görsel ayırmanın ise iki boyutlu şekillerin görsel olarak işlenmesi temelinde ortaya çıktığı sonucu elde edilmiştir.

G21	Bu makalede zihinsel rotasyondan ne kastettiğimizi, neden önemli olduğunu ve sınıflarda küçük çocuklarla nasıl geliştirilebileceği tartışılmıştır.	Bu çalışmanın sonuçları, birçok yönden yetenekli küçük çocukların (4-8 yaş) sınıf temelli zihinsel döndürme etkinliklerine katılabileceğini ve bunlardan yararlanabileceğini göstermektedir.
G26	Birinci sınıf öğrencilerinin çeşitli geometrik temsiller karşısında düzlem ve katı şekiller hakkındaki muhakemelerini keşfetmek amacıyla yapılmış bir çalışmadır.	Öğrenciler 2 boyutlu uyarıcı ögeleri 3 boyutlu şekillerle ilişkilendirmede bazı ortak zorluklar yaşadılar. Öğrencilerin ilgisi gereksiz bir şekilde üçgen köşelere kaydı, öğrenciler özellikle öngörülen bir eğim varsa 2 boyuttaki çizgileri 3 boyuta dönüştürmekte zorlandılar, uyarıcı ve hedef şekil arasındaki ölçeklendirme farkı boyut olarak %100'den çok olduğunda hatalı bir şekilde aynı sınıf şekilleri hariç tuttular.
G31	Derslerde öğrencilerin geometrik düşüncelerini değerlendirmek için kendileri için oldukça zorlayıcı olan bir 3D geometri problemini çözdükleri bir sınıf deneyi.	Problemleri cevaplayamayan öğrencilerin temsilleri zihinsel olarak etkili bir şekilde manipüle etmediğini, diğerlerinin ise doğru çözümlere ulaşmak için temsilleri ve onlar hakkında akıl yürütmeyi zihinsel olarak manipüle edebildiği bulunmuştur.
G32	Bu yazıda, matematik öğretmeni adaylarının geometri içerikli bilgiye dayalı bir göreve yönelik çözümlerinde sergilenen düşünceler incelenmiştir.	Matematik öğretmeni adayları bir geometri sorusuna yanıt verirken, görselleştirme ve muhakeme gibi bilişsel süreçleri birbirine bağlamada zorluklarla karşılaşmışlardır.
G33	Bu çalışmada görsel temsillerin cebir öğrenimi ve öğretimindeki önemi incelenmiştir.	Bu çalışmanın sonunda matematik sınıflarında görsel işlemlerin yaratıcı biçimde kullanılmasının gerekli olduğu iddia edilmiştir. Ancak herhangi bir temsilin görsel işlemi, öğrencilere diğer olasılıkları da görmelerini ve verilen görevi anlamalarını, aktivitelerinde devamlılık ve esneklik sağlanmasını ve temsiller arasında dönüşüm yapabilmelerini sağladığından belirleyicidir. Öğrenmenin ise öğrencilere bu konuda yardımcı olmaları çok önemlidir.
G34	Bu çalışmada, öğretmen adaylarının görsel matematik okuryazarlığı algıları ile onun alt boyutu olan geometri başarı düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca görsel matematik okuryazarlığı algısının ve alt boyutlarının geometri başarısını ne ölçüde yordadığının incelenmesi amaçlanmıştır.	Veriler analiz edildikten sonra öğretmen adaylarının görsel matematik okuryazarlığı algısı ile geometri başarısı arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Ayrıca görsel matematik okuryazarlığı algısının geometri başarısının anlamlı bir yordayıcısı olduğu belirlenmiştir.
G35	İlkokul çağındaki çocukların (6-11 yaş arası) işitsel algıları ile görsel algıları arasındaki ilişkileri araştırılmıştır.	Tüm çocuklar için görsel algılar ile işitsel algılar arasında bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çocukların sesler ile seslerin karşılığı olan nesnelere arasında bir bağlantı kurdukları görülmüştür. Seslerin eğitim amaçlı kullanılmasının çocuklara nesnelere büyüklüklerini ve boyutlarını ayırt etmede yardımcı olacağı sonucuna ulaşılmıştır.

G36	Ortaokul öğrencilerinin görsel matematik okuryazarlığı özyeterlik algılarını ve geometri özyeterliklerini incelemek amacıyla yapılmış bir çalışmadır.	Ortaokul öğrencilerinin görsel matematik okuryazarlığı özyeterlik algıları ve geometri özyeterlik algılarının yüksek olduğu, kız öğrencilerin görsel matematik okuryazarlığı özyeterlik algıları ve geometri özyeterlik algılarının yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.
G40	Matematik ders kitaplarında ve eğitimde en yaygın olarak uygulanan iki görselleştirme yöntemi olan aksonometrik ve perspektif gösterimler incelenmiştir.	Matematik ders kitaplarında ve derslerde küboidlerin perspektifi ve aksonometrik çizimi, çoğu durumda son derece uyumlu bir ortak anlayış sağlar. Uyumlu görüşlerin yanı sıra sapmaların ve tutarsızlıkların olası nedenlerinin daha fazla detaylandırılması gerekir.
G46	Yapılandırılmış bir kavram haritasına dayalı olarak geliştirilen bir kavram eğitimi programının 48-60 aylık çocukların görsel-mekânsal algı mekanizmalarına etkisi incelenmiştir.	Kavram eğitimi programının çocukların görsel algı başarılarının gelişimini desteklediği bulunmuştur.
G47	Motorsuz algısal yetenekleri değerlendirmek üzere yeni revize edilmiş olan Görsel Algı Başarıları Testi 4. Versiyonu (TVPS-4) yakınsak geçerliliği araştırılmıştır.	TVPS-4'ün Avustralya bağlamında yakınsak geçerliliği hakkında bazı ön bilgiler sağlanırken TVPS-4'ün geçerliliğiyle ilgili kanıtların güçlendiği sonucuna ulaşılmıştır.