

**ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK ORTAMINDA HAZIRLANMIŞ EĞİTSEL BİR
OYUN İLE ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ZİHİNDE DÖNDÜRME VE
KESİT ALMA YETENEKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ

Elif GÜRÇINAR

Anabilim Dalı: İç Mimarlık

Programı: Bütünleşik Doktora

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İpek FİTOZ

Haziran 2022

**ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK ORTAMINDA HAZIRLANMIŞ EĞİTSEL BİR
OYUN İLE ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ZİHİNDE DÖNDÜRME VE
KESİT ALMA YETENEKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

DOKTORA TEZİ
Elif GÜRÇİNAR

Anabilim Dalı: İç Mimarlık

Programı: Bütünleşik Doktora

Tez Danışmanı: Prof. Dr. İpek FİTOZ

Haziran 2022

Elif Gürçınar tarafından hazırlanan “Artırılmış Gerçeklik Ortamında Hazırlanmış Eğitsel Bir Oyun ile Üniversite Öğrencilerinin Zihinde Döndürme ve Kesit Alma Yeteneklerinin Geliştirilmesi” adlı bu tezin Doktora tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. İpek FİTOZ
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından İç Mimarlık Anabilim Dalında Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan :

Üye :

Üye :

Üye :

Üye :

Bu tez, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.



Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım klavuzuna uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel etik kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ücret karşılığı başka kişilere yazdırmadığımı (dikte etme dışında), uygulamalarımı yaptırmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.





Her zaman yanımda olan aileme sevgilerimle,



ÖNSÖZ

Tez süreci boyunca her zaman ilgi ve desteği ile yanımda olan değerli danışmanım Prof. Dr. İpek Fitoz'e, izleme jürilerimde ve savunma jürimde gösterdikleri emeklerinden dolayı Doç. Dr. Damla Altuncu, Doç. Dr. Cem Doğan, Doç. Dr. Zerrin Funda Ürük ve Dr. Öğr. Üyesi Gürkan Özenen hocalarım, tez önerisi aşamasında bilgisine başvurduğum Doç. Dr. Çetin Tüker'e, uzamsal yeteneklerin ölçümleri için hazırladıkları testleri kullanmama izin veren Guelph Üniversitesi Psikoloji Bölümü fahri üyesi değerli Prof. Dr. Michael Peters ve Koblenz-Landau Üniversitesi Psikoloji Enstitüsünden Prof. Dr. Claudia Quaiser-Pohl'a, bu süreçte çalışmalarımı derslerde uygulamama imkan veren Arel Üniversitesi Mimarlık ve İç Mimarlık ve Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi İç Mimarlık ve Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölüm başkanlarına, çalışmaya büyük bir ilgi ile katılım gösteren sevgili öğrencilere, tezimin İngilizce özetini kontrol eden arkadaşım Nicholas Morgan ve desteği ile beni motive eden sevgili Aline Damiano'ya, ve hayatım boyunca hep arkamda duran ve desteklerini asla esirgemeyen değerli aileme teşekkürlerimi sunuyorum.

Elif GÜRÇINAR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvi
ÖZET.....	xviii
ABSTRACT	xx
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Önemi ve Özgün Değeri	2
1.2 Amaç ve Kapsam	5
1.3 Hipotez	5
1.4 Çalışma Evren ve Örneklemi	6
1.5 Çalışmanın Yöntemi.....	6
2. KURAMSAL ÇERÇEVE.....	8
2.1 Uzamsal Görselleştirme Yetenekleri.....	8
2.1.1 Zihinsel Döndürme	10
2.1.2 Zihinsel Kesit Alma	10
2.2 Genişletilmiş Gerçeklik.....	11
2.2.1 Sanal Gerçeklik	11
2.2.2 Artırılmış Gerçeklik	13
2.2.2.1 Artırılmış Gerçekliğin Tarihçesi	16
2.2.2.2 Artırılmış Gerçekliğin Kullanım Alanları	16
2.2.2.3 Mobil Artırılmış Gerçeklik (MAR).....	18
2.2.2.4 MAR ile Eğitim.....	19
2.2.3 Karma Gerçeklik	21
2.3 Teknolojik Medyanın Eğitimde Kullanılması.....	21
2.3.1 Oyun Tabanlı Eğitim Teknolojileri.....	22
2.3.2 Tasarım Eğitiminde Kullanılan Oyun Tabanlı Teknolojiler	23
2.4 Uzamsal Yeteneklerin Önemi ve Eğitilmesi	24
2.4.1 XR'ın Uzamsal Yeteneklerin Eğitilmesinde Kullanımı.....	25
2.4.2 AR'ın Uzamsal Yeteneklerin Eğitilmesinde Kullanımı.....	25
2.5 Uzamsal Yeteneklerin Tasarımla Olan ilişkisi.....	26
2.5.1 Tasarım Alanlarında Uzamsal Görsel Yeteneklerin Eğitilmesi.....	28
2.6 Değerlendirme	28
3. TASARIM EĞİTİMİNDE SPATIOAR UYGULAMASI	29
3.1 SpatioAR	29
3.1.1 SpatioAR Oyunun Geliştirilme Süreci.....	30
3.1.1.1 Oyunun Kurgusu	32
3.1.1.2 Soru Tiplerinin Geliştirilmesi	33
3.1.1.3 DEMO Oyunun Geliştirilmesi	39

3.1.1.4 Oyunun Bölümleri.....	41
Eğitim Modülü	41
Oyun Modülü	42
3.1.1.5 Donanım ve Yazılım	43
3.2 Uygulama Yöntemi	43
3.3 Veri Toplama Yöntemleri.....	46
3.3.1 Zihinsel Rotasyon Testi.....	46
3.3.2 Zihinsel Kesit Alma Testi	47
3.3.3 Anket ve Söylem Analizi	48
4. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ.....	50
4.1 Üniversitelerin Öğrencileri Arasında Yapılan Karşılaştırma Analizi	50
4.2 SpatioAR Oyununun Deney ve Kontrol Grupları Üzerinde Analizi.....	52
4.3 SpatioAR Oyunu Kullanılabilirlik Anketi Analizi	53
4.3.1 Kapalı Uçlu Soruların Analizi.....	54
4.3.2 Açık Uçlu Soruların Analizi.....	57
4.4 Tartışma ve Değerlendirme	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	65
KAYNAKLAR.....	71
EKLER.....	80

KISALTMALAR

2B	: İki Boyutlu
3B	: Üç Boyutlu
3D	: Three Dimensons
APK	: Android Package Kit
AR	: Augmented Reality
CAD	: Computer Aided Design
DOF	: Degree of Freedom
GPS	: Global Positioning System
GUI	: Graphical User Interface
HMD	: Head Mounted Display
HUD	: Head Up Display
IOS	: Iphone Operating System
MAR	: Mobile Augmented Reality
MR	: Mixed Reality
MS	: Microsft
MRT	: Mental Rotation Test
PC	: Personal Computer
QR	: Quick Response
SDK	: Software Development Kit
VE	: Virtual Environment
VR	: Virtual Reality
XR	: Extended Reality

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Uzamsal eğitim odaklı olan XR uygulamaları ve özellikleri	31
Çizelge 3.2 : Spatio AR oyunun özellikleri	31
Çizelge 4.1 : MRT ve Schmitte Skorları İçin Normallik Testi	51
Çizelge 4.2 : İki üniversite öğrencileri arasında yapılan t-testi ölçümü	52
Çizelge 4.3 : Arel Üniversitesi Öğrencileri ile Yapılmış MRT Skor, MRT Süre ve Schmitte Skorları İçin Normallik Testi	52
Çizelge 4.4 : Deney ve kontrol grupları arasında ön test ve son test analizi	53
Çizelge 4.5 : Açık uçlu soruların özelliklerine göre gruplandırılması.....	58



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Uzamsal Kodalama Sistemleri (Kozhevnikov, 2016)	9
Şekil 2.2 : Uzamsal yeteneklerin yapısını ifade eden beş uzamsal faktör (Williams ve Sutton, 2011).....	9
Şekil 2.3 : Tek aksiste 90 derece rotasyona uğrayan bir obje örneği (Elif Gürçınar)	10
Şekil 2.4 : Üç boyutlu bir objenin, bir düzlem ile kesilmesi sonucu ortaya çıkan kesit arayüzü (Cohen ve Hegarty, 2012).	11
Şekil 2.5 : Sanal objeler ile etkileşim imkanı veren ilk eldivenler (URL-1).....	12
Şekil 2.6 : Kullanıcının sanal ortamdaki hareket kabiliyeti (Elif Gürçınar).....	13
Şekil 2.7 : Milgram ve diğerlerinin Gerçeklik-Sanallık Süreci diyagramı (Milgram vd., 1995)	14
Şekil 2.8 : Soldan sağa sırası ile; MAR, HMD, HUD).....	14
Şekil 2.9 : Marker örneği (URL-2)	15
Şekil 3.1 : Oyunun geliştirme süreci.....	30
Şekil 3.2 : Soru tipi 1; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	34
Şekil 3.3 : Soru tipi 2; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	35
Şekil 3.4 : Soru tipi 3; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	35
Şekil 3.5 : Soru tipi 4; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	36
Şekil 3.6 : Soru tipi 5; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	36
Şekil 3.7 : Soru tipi 6; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	37
Şekil 3.8 : Soru tipi 7; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	38
Şekil 3.9 : Soru tipi 8; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b).....	38
Şekil 3.10 : Demo oyun ilk versiyon	40
Şekil 3.11 : Unity programında DEMO oyunun AR haline getirilmesi	40
Şekil 3.12 : Eğitim modülü çalışması	42
Şekil 3.13 : Oyun modülü uygulaması.....	43
Şekil 3.14 : YKS yerleştirme puanları (Url-8).....	44
Şekil 3.15 : Çalışma deseni.....	44
Şekil 3.16 : SpatioAR oyunu uygulaması	46
Şekil 3.17 : Zihinsel Rotasyon Uyarıcı Kitaplığı soru örneği (Peters ve Battista, 2008).....	47
Şekil 3.18 : Schnitte testi örnek sorusu	48

Şekil 4.1 : SpatioAR oyununu ders haricinde oynama isteği	54
Şekil 4.2 : SpatioAR oyununun tasarım eğitiminin bir parçası olarak uygulanması.	54
Şekil 4.3 : SpatioAR oyunundaki sanal objelerin görsel kaliteleri ve okunabilirliği.	55
Şekil 4.4 : SpatioAR eğitim modülündeki sanal objelerin görsel kaliteleri ve okunabilirliği	55
Şekil 4.5 : SpatioAR oyununu telefonda çalıştırırken karşılaşılan problemler	56
Şekil 4.6 : SpatioAR eğitim modülünün değerlendirilmesi.....	56
Şekil 4.7 : Çizerek mi, çoktan seçmeli sorularla mı daha iyi öğrenilir?	57



ARTIRILMIŞ GERÇEKLIK ORTAMINDA HAZIRLANMIŞ EGİTSEL BİR OYUN İLE ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN ZİHİNDE DÖNDÜRME VE KESİT ALMA YETENEKLERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Uzamsal yetenekler tasarım ile ilgili bir alanda okumaya başlayan öğrencilerin hem eğitim hem de iş yaşamları boyunca kullanacakları becerilerdir. Zihinlerinde objeleri manipüle edebilme, farklı açılardan hayal edebilme becerilerini kapsayan bu yetenekler öğrenciler arasında farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar tasarım eğitimi sırasında, örneğin öğrencilerin ara kesitleri algılayamaması ve 2B çizimleri 3B olarak hayal edememesi olarak görülmektedir. Tasarım eğitiminin en başında iken bu yetilerin geliştirilmesi, akranlar arasında eşit bir algı ve eğitim ortamı yaratma açısından önem taşır. Bu çalışmanın amacı 1. Sınıf tasarım öğrencilerinin zihinsel döndürme ve zihinsel kesit alma yeteneklerinin geliştirilmesi için etkin bir uygulama tasarlamak ve bu uygulamayı klasik eğitim sisteminin bir parçası haline getirmektir. Bu amaç doğrultusunda en etkili yöntemi bulmak adına bir literatür araştırması yapıldı ve genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin sunduğu olanaklar göz önünde bulundurularak SpatioAR adlı, mobil cihazlarda kullanılan bir artırılmış gerçeklik oyunu geliştirildi.

SpatioAR uygulaması 1 adet eğitim modülü ve 3 ayrı zorluk seviyesindeki puzzle modüllerinden oluşan mobil bir oyun olarak tasarlandı. Çalışmanın doğru öğrenci gruplarına uygulanabilmesi adına öncelikle, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nde 18 ve Arel Üniversitesi'nde 22 kişi olmak üzere 1.sınıf tasarım öğrencilerine 1 demografik anket ve 2 adet ölçüm testi yapıldı. Bu ölçüm testleri zihinsel rotasyon yetisini ölçen "MRT" ve zihinsel kesit alma yetisini ölçen "Schnitte" testleridir. SpatioAR oyununun öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin gelişimi üzerindeki etkilerini daha etkin bir şekilde ölçmek için bu iki üniversite öğrencileri arasında kıyasla daha düşük puan alan öğrenci grubu ile çalışmaya devam edildi.

Çalışmanın ikinci aşaması Arel Üniversitesi Mimarlık Bölümü öğrencilerinden oluşan 20 kişilik bir grup ile yapıldı. Deney ve kontrol grupları olarak ikiye ayrılan öğrencilerden deney grubuna, her hafta bir oyun olmak üzere, 4 hafta boyunca giderek zorlaşan SpatioAR oyunları oynatıldı. Kontrol grubu öğrencileri ise klasik eğitimlerine devam etti. 4 haftanın sonunda deney ve kontrol gruplarına son test ölçümleri, ek olarak deney grubuna SpatioAR ile ilgili geri dönüş almak adına kullanılabilirlik anketi uygulandı. MRT ve Schnitte sonuçları T-Testi ve 2 Related Sample test yöntemleri ile analiz edildi, kullanılabilirlik anketi ise söylem analizi ile yorumlandı.

Çalışma sonunda elde edilen veriler, hazırlanan SpatioAR oyununun tasarım eğitimine yeni başlamış olan öğrencilerde, zihinsel döndürme yeteneklerini geliştirerek hızlandırdığını gösterdi. Zihinsel kesit alma yetenekleri üzerinde anlamlı bir gelişme sağlanamadığı fakat, SpatioAR oyunu sırasında kesitler ile ilgili soruları çözmede deney grubunun zamanla kontrol grubuna göre daha başarılı olduğunu görüldü.

Geliştirilen mobil artırılmış gerçeklik teknolojisinin sınıf ortamında 3 boyutlu görselleştirme ve etkileşim gerektiren tasarım çalışmaları için kullanışlı olduğu saptandı.

Anahtar Kelimeler: *Tasarım Eğitimi, Artırılmış Gerçeklik, Teknolojisi, Uzamsal Yetenekler*



DEVELOPING THE MENTAL ROTATION AND MENTAL CUTTING SKILLS OF FIRST-YEAR DESIGN STUDENTS USING AN EDUCATIONAL MOBILE AUGMENTED REALITY GAME

ABSTRACT

Students who study in a field related to design are using certain spatial skills throughout their education as well as in their professional life. However, studies show a gap between students concerning their ability to manipulate or visualize objects spatially. This gap between students is observed during their design education, for example, when they have difficulties understanding cross sections and spatially visualizing 2D drawings as 3D models. Developing these skills properly at the beginning of their design education is essential in terms of producing equal standards for students who display poor abilities in this area relative to their peers. This study aims to design an application for the development of mental rotation and mental cutting skills of first-year design students and to make this application a part of the current curriculum in Turkey. In order to make an effective educational application, literature research was conducted. Based on this research, an augmented reality game for mobile devices called SpatioAR was developed.

SpatioAR is a mobile game consisting of one training module and three different puzzle modules with progressively more difficult levels. To efficiently measure the effects of the SpatioAR game on the development of students' spatial skills, students from two universities were compared. Eighteen students of industrial product design and interior architecture departments from Mimar Sinan Fine Arts University and 22 students from the architecture and interior architecture departments from Arel University participated in one demographic survey and two measurement tests. These measurement tests consisted of "MRT" which measured mental rotation skills and "Schnitte" which measured mental cutting skills.

After eliminating the highest-scoring university students who required no training in spatial skills, the second phase of the study continued with a group of 20 students from the architecture department of Arel University. While the control group students followed their current curriculum, the students from the experiment group played SpatioAR games. These students played one game per week with increasing levels of difficulty for the following four weeks. At the end of four weeks, tests were conducted for both groups, and a usability survey was applied to the experiment group to gather feedback on SpatioAR. MRT and Schnitte tests were analyzed with T-Test and 2 Related Sample test while the results from the usability survey were obtained with the discourse analysis.

At the end of the study, collected data showed that the prepared SpatioAR game improves mental rotation skills by accelerating the reaction times of students who recently started their design education. The effect on the mental cutting skills was not

statistically significant. However, the experimental group showed higher success rates during the SpatioAR game in mental cutting questions in time, compared to the control group. Usability testing showed that mobile augmented reality technology is advantageous for design studies that require 3D visualization and interaction in a classroom environment.

Key words: *Design Education, Augmented Reality, Spatial Skills*





1. GİRİŞ

Uzamsal yetenek, insan zekasının ana bileşenlerinden biridir (Thurstone, 1950) ve bir çok meslek ve eğitim için gerekli bir beceridir (Eliot, 2002). Uzamsal düşünme, görsel-mekansal bilgiyi zihinsel olarak temsil edebilme ve manipüle edebilme anlamına gelir (Kaufmann, Duenser and Glück, 2005). “Örneğin, bir cerrah göremediği organların şeklini veya yer değiştirme hareketini zihninde canlandırabilir, bir mimar inşa edilmeden önce üç boyutlu bir yapıyı "görebilir", bir elektrikçi onarım yapmadan önce karmaşık kabloları şematik diyagramlarda izleyebilir.”(Eliot, 2002).

Mekanı algılamak, 3 boyutlu hayal edebilmek, nesneleri ve mekanları zihinde dönüştürmek ve görselleştirmek tasarım branşlarının da ihtiyaç duyduğu uzamsal yeteneklerdir. Ho’ya göre 2B bilgiyi yorumlama ve fikirleri zihinsel veya harici olarak 3B olarak test etme becerileri, tasarımcılar için gerekli ve önemlidir (Ho, 2006). “Tasarım sürecinde farklı görsel ölçeklerde bilgi oluşturulur ve sürekli görselleştirme çalışmaları yapılır. Görselleştirme aktivitelerinin büyük kısmı da tasarımcının zihninde gerçekleşir” (Tüker, 2017).

Düşük düzeyde 3B zihinsel görselleştirme becerisine sahip olan, tasarımlarını tamamen veya doğru bir şekilde görselleştiremeyen öğrenciler, tasarım uygulamalarında çeşitli sorunlar ve eksikliklerle karşılaşır. Uzamsal yetenekler ise bahsedilen zihinde görselleştirmenin temelini oluşturur. Zihinde döndürme, kesme, kişinin objeye olan mesafesi, objelerin birbirine olan ilişkinin algılanması tamamen uzamsal yeteneklerin kullanımı ile bütünleşmektedir (McGee, 1979). Ek olarak, yapılan çalışmalar bu belirtilen yetilerin birbirinden keskin bir şekilde ayrılmadığını, genel olarak yetenekleri çoklu tetikleyen eğitimler vermenin uzamsal algıyı geliştirme açısından daha etkili olacağını göstermektedir.

Her ne kadar gerekli ve sık sık kullanılabilen bir yetenek olsada, uzamsal algı kişilerde farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar eğitimde de görülmektedir ve uzamsal görsel algısının eğitilmesi öğrencilerin mesleki eğitimlerini yarıda bırakma oranını azaltmakta ve akademik başarıyı arttırmaktadır (Uttal *vd.*, 2013). Bu gelişimi sağlamak

adına Artırılmış Gerçeklik (AR) teknolojisinden faydalanılabileceği öngörülmüştür. Artırılmış Gerçeklik (AR) teknolojisi ise eğitim alanında farklı uygulamaların ve metodların geliştirilebileceği potansiyele sahip olan teknolojilerden bir tanesidir. Öğrencilerin özellikle küçük ölçekli zihinsel görselleştirme esnasında 3B obje manipülasyonunu ve geometrik dönüşümleri etkileşim ve kullanım açısından algılamayı kolaylaştıracağı öngörülen Artırılmış Gerçeklik Teknolojilerinden fayda sağlayacağı düşünülmüştür.

“AR ile öğrenciler, fiziksel ortamlarının, önceden tasarlanmış sanal bir ortamla birleşimini deneyimleyebilirler. Bu anlamda AR, bireyin fiziksel ve görsel ortamlarını zenginleştirme imkanı sağlamaktadır” (Quintero *vd.*, 2015). AR’ın sanal objeleri herhangi bir yerde görme imkanı sağlaması, aynı zamanda etkileşime ve manipülasyona imkan tanınması eğitimde kullanılabilmesi için pratik bir uygulama alanı yaratmaktadır (Martín-Gutiérrez, Luís Saorín, *vd.*, 2010; Tucker, 2018).

1.1 Çalışmanın Önemi ve Özgün Değeri

Endüstriyel Ürün Tasarımı, İç Mimarlık ve Mimarlık alanlarında okumaya başlayan öğrencilerin ilk senelerinde karşılaştıkları ve alışık olmadıkları düşünce yaklaşımları plan, kesit gibi 2 boyutta var olan fakat 3 boyutlu algı gerektiren çizimleri nasıl oluşturacakları ve okuyacaklarıdır. Özellikle 1. sınıflara verilen tasarım geometri, teknik resim, temel tasarım gibi dersler bahsedilen uzamsal gelişimi destekleyen ve bu yetinin aktif kullanımını gerektiren alan dersleridir.

Tasarım eğitiminin, tasarımcı düşünce yapısının bir parçası olan zihinde 3 boyutlu görselleştirme yapabilme yeteneğinin daha iyi gelişebilmesi için uzamsal yeteneklerin eğitilmesinin gerekli olduğu, yani uzamsal yeteneğin, üç boyutlu görselleştirme ile pozitif korelasyona sahip olduğu Maria C. Velez e diğ.’in (2005) çalışmasında desteklenmektedir. Fakat genel popülasyonda büyük bir uzamsal yetenek çeşitliliği vardır. Bunun sebebi bazı bireylerin uzamsal görselleştirme yaparken bazı bireylerin nesnel görselleştirme yapıyor olması veya uzamsal yeteneklerini yeterince aktif çalıştırmadığı gerçeğidir (Kozhevnikov ve Hegarty, 2001).

Kozhevnikov ve Hegarty’nin (2001) yaptığı çalışmaya göre bu iki görselleştirme biçimi birbirinden farklıdır ve nesnel görselleştirme yapan kişilerin (ikonik tip) uzamsal görselleştirme yetenekleri daha düşüktür. Öğrenciler arasında ki farklılıklara

ek olarak, gittikleri okula göre aldıkları eğitimde de farklılık gösterebilmektedir. Örneğin yapılan gözlemler sonucu teknik resim, temel tasarım ve tasarı geometri gibi derslerinin genel olarak tasarım bölümlerinde birinci sınıfların müfredatlarında yer alan ortak dersler olduğu fakat bazı okullarda tasarı geometri dersine yer verilirken bazı okullarda bu dersin olmadığı saptanmıştır. Özellikle teknik resim ve tasarı geometri derslerinin uzamsal yeteneklerin gelişimine olan etkisi Sutton ve Williams tarafından belirtilmektedir (Williams and Sutton, 2011).

Tasarım eğitiminin ihtiyaç duyduğu yetilerden biri 2B ve 3B algı arasındaki ilişkiyi kullanabilmektir ve bu algı zihinsel manipulasyon ve 3 boyutlu görselleştirme yetenekleri ile bağlantılı olarak şekillenir. Tasarım okumaya yeni başlamış öğrenciler için matematik ve geometride olan başarılarına, hobilerine, cinsiyete göre kişiden kişiye değişebilen bu yeteneklerin, öğrencilerin aynı rahatlıkta konuları takip edebilmesini ve ilerlemesini zorlaştıracakları fark edilmiştir. “Öğrenciler arasındaki farklılıklar bazı durumlarda bazı öğrencilerin fazladan eğitim görmesine ihtiyaç duyulmasına sebep olmaktadır” (Tüker, 2016). Dural’ın (2022) yayımladığı çalışması da bu konuyu destekler sonuçlar ortaya koymaktadır. “Farklı düzeylerde uzamsal yeteneğe sahip olan öğrencilerin mimarlık eğitiminden elde edecekleri faydanın aynı olması güçtür...Alt yapısı zayıf olan öğrenciler eğitimden istenen verimi alamamaktadır”.

Aldıkları tasarım eğitiminin bu farkın kapanmasına yetmemesinden dolayı, öğrencilerin eğitimlerinin ilk yılından itibaren uzamsal düşünebilmelerini güçlendirmenin, bir tasarımcı olarak 3B düşünebilme ve fikirlerini ifade etme yetilerini olumlu etkileyeceği, uzamsal yetenekleri daha düşük olan öğrencilerin bu alanda eğitilmeleri faydalı olacaktır. Bu sebeple, özellikle bu alanda gelişime hitab eden bir eğitim seti geliştirmesi önem arz etmektedir. Geleneksel eğitim yöntemlerinin metodolojisi ne kadar doğru olsa da yeni nesil öğrencilerin gelişen medya elemanları ile kurduğu etkileşimin çok daha yüksek olması nedeni ile bu medyaların kullanımının eğitimde de yaygınlaştırılması ve derslere dahil edilmesi öğrencilerin motivasyonları açısından da önem taşımaktadır.

Öğrenciler yalnızca ilginç buldukları için bile yeni metodolojileri denemeye isteklidirler. Ayrıca, bu teknolojilerin devamlılığı, geleneksel uygulamalı eğitimin yeni medya elemanlarına göre adapte edilmeye başlanması, en azından eğitimi desteklemesi uzaktan eğitimin verimliliği ve çeşitliliğinin artması açısından da

gereklidir. Covid-19 Pandemi koşulları bize eğitimin devamlılığı konusunda teknolojinin ne kadar etkin ve vazgeçilmez olabileceğini göstermiştir.

“Uzamsal yetenek statik bir özellik değil, gerçek ve sanal nesnelerin etkileşimi yoluyla geliştirilebilecek dinamik bir süreçtir. Bu yetenek, artırılmış gerçeklik gibi yeni teknolojilerin geliştirilmesiyle zenginleştirilebilir” (Quintero vd., 2015). “AR'ın uzamsal düşünebilme yeteneğine olan pozitif katkısı farklı branşlarda (matematik, geometri, mühendislik, teknoloji, bilim) yapılan çalışmalarla da desteklenmektedir” (Martin-Gutierrez vd., 2013). Ancak Tasarım Branşlarında bu çerçevede yeterince çalışma yapılmamıştır.

“Teknoloji çağında bilgisayar ve diğer teknolojilerin tasarımda kullanılması kaçınılmazdır. 90'lı yıllara kadar tasarım eğitimi geleneksel yöntemlerle öğretilmiştir. Ancak bilgisayar destekli tasarım (CAD) artık tasarım eğitiminde büyük bir öneme sahiptir. Dijital metodolojiler, geleneksel, kağıda dayalı yöntemlerde bulunmayan üretken ve performatif süreçlerin kesin yeteneklerini geliştirir” (Özgen, Afacan ve Sürer, 2021). Sürekli gelişen AR'ın ve yenilenen akıllı telefonların birbiri ile uyumu gün geçtikçe artmaktadır. Her geçen gün çeşitli AR uygulamaları geliştirilerek, yeni çıkan telefon modelleri ile olan uyumu ve erişilebilirliği artmaktadır. Günümüzde öğrencilerin mobil cihazlarını birden fazla işlev için sürekli kullanıyor olması ve çocuk yaştan itibaren teknoloji ile iç içe büyüyor olmaları eğitim yöntemlerini hibrit bir doğrultuya sevk eden etkenlerden bir tanesi olarak görülebilir. Yine de, medyanın hangi spesifik özelliklerinin belirtilen eğitim önerisine en optimal çözümü sağlayacağını bulmak adına, yani söz konusu eğitimde hangi medyanın kullanılacağını bulmak adına önce metod geliştirilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada da uygulanabilecek egzersiz fikirleri üzerinden yola çıkılarak mobil artırılmış gerçeklik (MAR) platformunun kullanılmasının avantajlı olabileceği öngörülmüştür.

MAR kullanılmasının bir diğer önemli nedeni Covid-19 pandemi sürecinde ve sonrasında öğrencilerin hijyen açısından sorun yaşamadan kişisel mobil cihazlarını kullanabilecek olmaları ve mobil telefonların ekonomik açıdan çok daha erişilebilir olmasıdır. Yukarıda bahsedilen sebeplerden ötürü araştırma çerçevesinde SpatioAR adlı bir MAR uygulaması geliştirilmiştir, MAR teknolojisi sayesinde öğrenciler hem 3B olarak objelerle etkileşim kurabilmekte, hemde kısa süreli hafızalarını kullanarak uzamsal düşünceleri teşvik edilebilmektedir. Tez çerçevesinde geliştirilen bu eğitsel uygulamanın bir oyun olarak tasarlanmasının nedeni ise hem öğrencilerin uygulamayı

kullanmaya devam etmek istemesini sağlamak hem de puan sistemi ile kendileri ve diğlerleri ile rekabet ederek daha yüksek skor yapma isteğini tetiklemektir.

Bu tarz oyunlar aynı zamanda işbirliğine olanak sağlar, kaydedilen aşamaları ve ilerleme takibini netleştirir ve motivasyonu artırır (Escamilla vd., 2018). Öğrencinin kolayca bir hedef tanımlamasını ve belirli bir seviyeye ulaşmak için çaba harcamasını sağlarken, oyunun bir kurgusu olduğu için akılda kalma oranını da artırmaktadır (Escamilla vd., 2016).

1.2 Amaç ve Kapsam

Bu çalışma AR'ın medyatik özelliklerinden yararlanarak tasarım öğrencilerinin zihinsel döndürme ve zihinsel kesit alma yeteneklerini geliştirmeye yarayan yeni bir mobil uygulama geliştirmeyi ve bunu bir metot dahilinde tasarım eğitimi sürecinin bir parçası haline getirmeyi amaçlamaktadır. Çalışma Mimar Sinan ve Arel Üniversitelerinin Mimarlık, İç Mimarlık ve Endüstri Ürünleri tasarımı Bölümlerinin 1. Sınıf öğrencilerinin eğitimlerinin ilk yarıyılında uygulanmıştır. Yürütülen tez çalışmasında aşağıdaki araştırma sorularının cevaplanması amaçlanmaktadır;

1. *Tasarım eğitimi bağlamında uzamsal becerilerin geliştirilmesini nasıl destekleyebiliriz? Bu becerilerin gelişimini desteklemek için eğitime nasıl dahil edilmelidir?*
2. *Bu amaç doğrultusunda geliştirilecek bir oyunun özellikleri nasıl olmalıdır?*
3. *(Bu çalışma kapsamında geliştirilecek olan mobil artırılmış gerçeklik oyun olan) SpatioAR uygulaması zihinsel döndürme yeteneğinin gelişmesini destekler mi?*
4. *SpatioAR uygulaması zihinsel kesit alma yeteneğinin gelişmesini destekler mi?*
5. *Kullanılabilirlik ve etkinlik açısından SpatioAR oyunu daha iyi hale nasıl getirilebilir?*

1.3 Hipotez

Artırılmış Gerçeklik Donanımları kullanılarak hazırlanmış eğitsel bir Oyun ile eğitim gören öğrencilerin zihinde döndürme ve zihinsel kesme yetenekleri, müfredatlarında ki eğitim öğretimlerine devam eden öğrencilere göre daha çok gelişecektir.

1.4 Çalışma Evren ve Örneklemi

Çalışmanın araştırma evreni, İstanbul'daki tasarım bölümleri değerlendirildikten sonra başarı sıralaması 2022 yılı sonuçlarına göre sırasıyla ilk beş ve son beşte olan, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi (MSGSÜ) ve İstanbul Arel Üniversitesi olarak belirlendi. İlk aşamada çalışma örnekleme MSGSÜ'de 1. Sınıf iç mimarlık ve entas öğrencilerinden 18 ve Arel Mimarlık öğrencilerinden 22 kişi seçilerek ön ölçüm testleri yapıldı. İkinci aşamada ise Arel Üniversitesi ile uygulama sürecine devam edildi ve Mimarlık Bölümü, 2021-2022 Güz döneminde "Mimarlığa Giriş" dersi alan 33 kişiden 20'si çalışmaya katıldı.

1.5 Çalışmanın Yöntemi

Çalışma kapsamında öncelikle yüksek öğretim sınavı giriş puanları farklı olan iki üniversite arasında, 1. Sınıf tasarım öğrencilerinin uzamsal yeteneklerini ölçmek adına ön testler yapıldı. Daha sonra, ortalama puanı daha düşük çıkan üniversite'deki tasarım branşlarında okuyan öğrencilerin zihinsel döndürme ve kesit alma yeteneklerini güçlendirmek adına SpatioAR adlı mobil bir artırılmış gerçeklik oyunu geliştirildi.

Bu oyun Unity 3D ve Vuforia programları yardımı ile oluşturulan bir puzzle oyunudur. Nicel ve nitel yöntemler kullanılarak uygulamanın bu yeteneklere olan etkileri ölçüldü ve karşılaştırmalar yapıldı.

İki üniversitede de katılımcılara demografik bir anket uygulanarak süreç başlatıldı. Bu anket ile hem 1. Sınıf derslerini tekrar alan öğrencilerin elenmesi, hem de okudukları tasarım bölümü, yaşları, hobileri, cinsiyetleri, lisede okudukları bilimsel alanlar ile ilgili bilgilerin toplanması amaçlandı. İkinci aşama olarak MRT (Zihinsel Döndürme Testi) (Peters ve Battista, 2008) ve Schnitte (Quaiser-Pohl, 2003) testleri öğrencilere yüz yüze uygulandı. Zihinsel döndürme yeteneğini ölçmek için birden fazla ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmada, Peters ve Battista'nın 2008'de hazırlamış olduğu Zihinsel Döndürme Uyarı Kütüphanesi kullanıldı. Bahsi geçen kütüphane içerisindeki sorular bilgisayar ortamında uygulanmaktadır ve reaksiyon sürelerini de ölçme imkanı sağlamaktadır. Daha sonra çalışmaya Arel Üniversitesi'nde devam edileceği için odak bir çalışma grubu oluşturularak oyunun güvenilirlik ve geçerliliği adına bir günlük bir ön çalışma yapıldı. Ana çalışma grubu için ön ölçüm testlerine

katılan; fakat odak gruptan farklı kişiler içeren 20 kişilik bir grup ikiye bölünerek kontrol ve deney gruplarına ayrıldı.

Deney grubuna mimarlığa giriş dersine ek olarak ilk hafta çalışma ile ilgili bilgi verildi, uygulama süreci ve çıktıları paylaşıldı. Sonrasında her birine içerisinde AR markerları (işaretleyici/AR tabanlı uygulamaların sanal objelere çapa olarak tanımladığı resim veya obje) olan eğitim modülü kitapçıkları verilerek SpatioAR'ın eğitim modülünü içeren “.apk” (android paket kiti) dosyası telefonlarına yüklendi ve uygulama ile ilgili mobil telefonlarında sorun yaşayanlara ise birer tablet ödünç verildi.

İlk haftayı takiben, sonraki her bir hafta giderek zorlaşan SpatioAR oyunu oynatıldı. 4. Haftanın sonunda ise tekrar ölçüm testleri yapıldı. Kullanılabilirlik ve etkinliği test etmek adına açık uçlu bir kullanıcı deneyimi anketi yapıldı. Bu anket ile geri dönüş alınması amaçlanan başlıklar; teknolojik yeterlilik, içerik etkinliği, kullanım kolaylığı, kullanıcı tatmini, şeklinde sınıflara ayrılmaktadır. Anket cevapları söylem yöntemi ile analiz edildi.

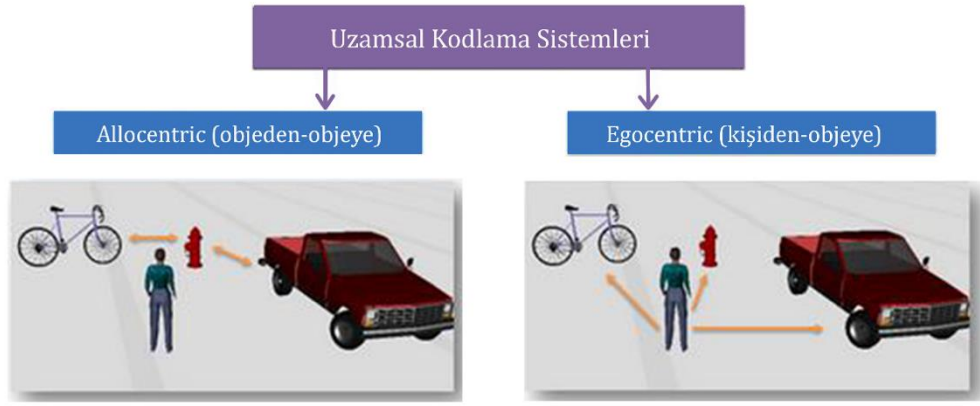
2. KURAMSAL ÇERÇEVE

Bu bölümde, ilk iki ana başlık altında genel tanımlamalar yapılmakta ve çalışmada bahsi geçen kavramlar açıklanmaktadır. Daha sonra medyanın eğitimde kullanılmasının etkileri üzerine yapılan akademik tartışmalara yer verilmekte, son olarak uzamsal yeteneklerin eğitilmesinin öneminden, bu alanda yapılan eğitsel çalışmalardan ve tasarım ile uzamsal yeteneklerin ilişkisinden bahsedilmektedir.

2.1 Uzamsal Görselleştirme Yetenekleri

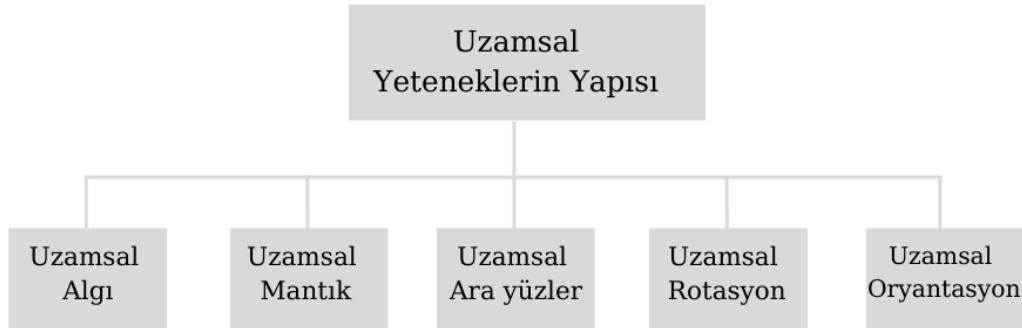
Uzamsal Görselleştirme yeteneği, (McGee, 1979) tarafından “iki ve üç boyutlu uyaran nesnelere zihinsel olarak döndürme, manipüle etme ve bükme yeteneği” olarak tanımlanmıştır. Kosslyn'e göre görsel imge oluşturma, nesnelere gerçek dünyada nasıl görüldüğüne dair zihinsel imgeler yaratma ve bu zihinsel imgelerin zihindeki özelliklerini, yönelimini, dönüşünü ve ölçeğini manipüle edebilme ve değiştirebilme anlamına gelir (Kosslyn, 1995). Uzamsal algı ve zihinsel görselleştirme becerileri üzerine yaptığı çalışmalarla tanınan Kozhevnikov'un tanımı ise “Nesneler veya parçaları arasındaki uzamsal ilişkiler hakkında görsel bilgileri işleme ve zihinsel uzamsal dönüşümler ve manipülasyonlar gerçekleştirme becerisi” şeklindedir (Kozhevnikov, Kosslyn and Shephard, 2005).

Kozhevnikov, uzamsal bilgileri kodlarken, iki farklı yaklaşımın uygulanabileceğini belirtmiştir. Bunlardan ilki, kişinin objeler arasındaki ilişkiye bakarak (Allosetrik) görsel bilgiyi işleme, diğeri ise kişinin objelerle kendisi arasındaki ilişkiyi gözleyerek (Egosentrik) bilgiyi işleme (Şekil 2.1). Bu kavramlar daha detaylı incelenecek olursa allosetrik yaklaşımda kişi kendi sabit pozisyonunda objeleri manipüle ederken, egosentrik yaklaşımda ise kişi kendisini farklı bakış açılarından gözlem yapıyormuş gibi hayal eder (Kozhevnikov, 2016).



Şekil 2.1 : Uzamsal Kodlama Sistemleri (Kozhevnikov, 2016)

Farklı ölçeklere göre uzamsal görselleştirme becerisi ise Montello, ve Hegarty tarafından 3 farklı kategoride incelenmiştir. Bu kategoriler küçük ölçekli (fügural yada small scale), büyük ölçekli (enviromental yada large scale) ve eş ölçekli (vista) olarak tanımlanmıştır. Sırası ile küçük ölçekte nesne kişiden daha küçük olduğu için tek bir noktadan algılanabilir, büyük ölçekte kişinin çevresinin sarıldığı bir durum mevcuttur, yani kişi algıladığı alanın bir parçasıdır ve son olarak eşit ölçekte, algılanan görsel data kişiden büyük olsada, kişi bu alanı uzaktaki tek bir noktadan yer değiştirmesine gerek kalmadan gözlemleyebilir (Montello, 1993; Hegarty *vd.*, 2006).



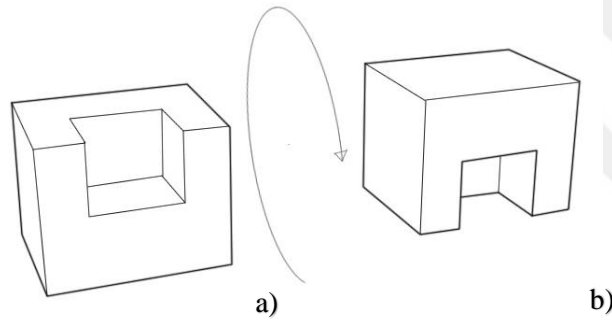
Şekil 2.2 : Uzamsal yeteneklerin yapısını ifade eden beş uzamsal faktör (Williams ve Sutton, 2011).

Uzamsal yeteneklerin nasıl sınıflandırıldığı konusunda farklı görüşler bulunmaktadır. Şekil 2.2’de gösterilen yapısal şema bu alt başlıkları uzamsal algı, uzamsal mantık, uzamsal arayüzler, uzamsal rotasyon, ve uzamsal oryantasyon olmak üzere özetlenmektedir. Her ne kadar farklı başlıklar gibi görünsede, tüm bu yetiler birbiri ile iç içe geçmekte ve birbirini etkilemektedir. Tasarım alanları açısından yaklaştığımızda uzamsal arayüzler bir objenin kesiti, uzamsal rotasyonda bir objeyi belirli bir yönde döndürme hareketi olarak ilişkilendirilmiş ve uzamsal yeteneklerden bu iki yetinin

eğitilmesi için bir hazırlık yapılmıştır. Bu yetilerin seğilmesinin bir diğer nedeni de gúvenilir ve geğerliliği önceki çalışmalarda denetlenmiş ölçüm testlerine sahip olmalarıdır.

2.1.1 Zihinsel Döndürme

Zihinsel Döndürme, sinirbilim ve bilişsel psikoloji alanlarında incelenen bilişsel bir süreçtir (Bokhove and Redhead, 2022). Bu zihinsel aktivite bireyin kendisinden ölçeke küçük bir objeye uzayda rotasyon uygulayarak farklı açılardan nasıl görünebileceğini hayal etmesidir (şekil 2.3). Bu bilişsel sürece “Mental Rotation” yani Zihinsel Döndürme, Shepard ve Metzler tarafından 1971’de verilmiştir (Shepard ve Metzler, 1971). Örneğin şekil 2.3’de verilen obje 90 derecelik bir rotasyona uğrayarak “a” halinden “b” haline gelmiştir. Aynı objeye bakarak, fakat “b” çizimini görmeden, aynı rotasyonu zihninizde yapabilme işlemi zihinsel rotasyon yeteneği ile mümkündür.



şekil 2.3 : Tek aksiste 90 derece rotasyona uğrayan bir obje örneği (Elif Gürçınar)

Örnek verilen bu işlem küçük ölçekli ve allosentrik bir uzamsal aktivite olarak sınıflandırılmaktadır. STEM (Bilim, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) ve tasarım alanlarında bu yeteneğin yoğun olarak kullanıldığı görülmektedir (Ho, 2006; Uttal vd., 2013). Özellikle İç Mimarlık, Mimarlık ve Endüstriyel Tasarım alanlarında, zihinde sürekli gerçekleşen 2B resimsel görüntüleri 3B olarak zihinde görselleştirme, bu görselleri plan, cephe, perspektif, kesit olarak kağıda aktarma aşamaları bu yeteneğin eğitimin ileriki aşamalarında alana yansımaya örnek verilebilir.

2.1.2 Zihinsel Kesit Alma

Uzamsal yetilerin alt kollarından bir tanesi de üç boyutlu bir objenin iki boyutlu kesitini hayal edebilmektir. Bu kesit ya da arayüz, üç boyutlu objenin uzayda iki veya

üç boyutlu olan başka bir obje ile kesişmesi sonucu ortaya çıkmaktadır (Şekil 2.4). Bu yetenek üzerinden yapılan çalışmaların genellikle STEM, biyoloji, geometri, tıp, jeoloji gibi alanlarda olduğu gözlemlenmiştir (Brinkmann, 1966; Russell-Gebbett, 1985; Cohen ve Hegarty, 2012).

Kesiti hayal etme, kesiti çizme gibi işlemleri mimarlar ve tasarımcılar sürekli kullanmaktadırlar. Bu yetiyi kullanırken zihnimiz birkaç işlemi birarada gerçekleştirir. Şekil 2.4.'de verilen örnek üzerinden gidersek, şeklin kesitini hayal edebilmek için bir yandan objeye rotasyon uygular veya kesit düzlemine dik bir açıdan objeye baktığımızı hayal eder, diğer yandan bu iki objenin kesişimi ile ortaya çıkan yeni şekli zihnimizde canlandırırız.



Şekil 2.4 : Üç boyutlu bir objenin, bir düzlem ile kesilmesi sonucu ortaya çıkan kesit arayüzü (Cohen ve Hegarty, 2012).

2.2 Genişletilmiş Gerçeklik

Genişletilmiş Gerçeklik (XR), gerçek dünya ve bilgisayar ortamında oluşturduğumuz sanal dünya arasındaki tüm gerçeklik varyasyonlarını kapsayan şemsiye bir terimdir. XR'daki "x", yerine farklı değişkenler konulabilen matematiksel bir terimi temsil etmektedir (Mann *vd.*, 2018). Günümüzdeki teknolojiler çerçevesinde adlandırabildiğimiz gerçeklikler; Sanal Gerçeklik (VR), Karma Gerçeklik (MR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR)'tir. İleride ortaya çıkabilecek tüm olası gerçeklik teknolojileri de yine XR terimi altında sınıflandırılacaktır (Palmas ve Klinker, 2020).

2.2.1 Sanal Gerçeklik

Sanal Gerçeklik (VR), reel dünya ile iletişimin büyük oranda kesildiği, genellikle görsel ve işitsel duyular ile tamamen bilgisayar tarafından üretilmiş bir simülasyonun deneyimlendiği teknoloji türüdür. Coates'ın tanımına göre sanal gerçeklik, kullanıcının gerçekçi üç boyutlu durumlarda etkileşim kurmasını sağlayan, başa

takılan gözlükler ve kablolu giysiler aracılığıyla deneyimlenen ortamların elektronik simülasyonlarıdır (Coates, 1992). Görme ve işitme duyularının yanısıra dokunma ve koku gibi duyuları da tetikleyebilen farklı VR cihazları üzerine çalışmalar da mevcuttur (Harley ve Verni, 2018).

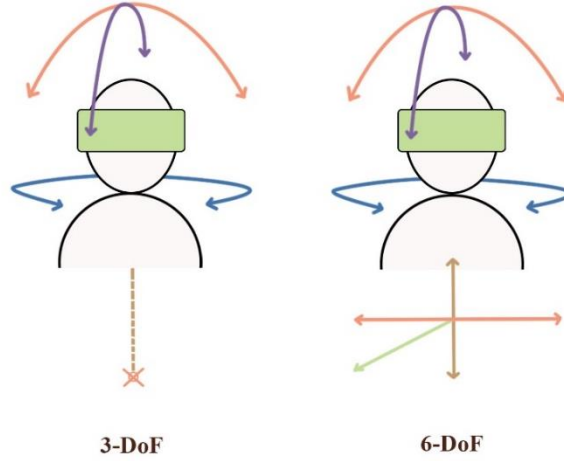
Günümüzdeki VR teknolojisinin temeli anlamında geliştirilen ilk gözlükler 1980 yılında Stereographics tarafından üretilmiştir. Bundan birkaç sene sonra Thomas Zimmerman sanal objeler ile etkileşim kurmaya yarayan ilk eldivenleri geliştirmiştir (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 : Sanal objeler ile etkileşim imkanı veren ilk eldivenler (URL-1)

2022 yılında VR sürükleyicilik anlamında çok yol kat etmiştir. Oyun, eğitim, seyahat gibi pek çok farklı deneyimi yaşama imkanı sağlamaktadır. Kullanıcıların içine girdikleri sanal ortam onları gerçek dünyadan koparabilmekte, aynı zamanda da korku, heyecan, merak gibi pek çok duyguyuda yaşatabilmektedir.

Oculus, HTC, Sony gibi markalar tarafından geliştirilen VR teknolojilerinin kullanılabilirliğinin giderek arttığı, gerçek zamanlı görsel işleme kalitesinin ve konforun yükseldiği görülmektedir. Sanal ortamlarda içerisinde hareket edilebilen yönleri ve özgürlüğü tanımlamak için kullanıcının hareket kabiliyeti DoF (Degree of Freedom) olarak tanımlanmaktadır ve DoF, 3-DoF ve 6-DoF olarak iki sınıfa ayrılmaktadır (Şekil 2.6). 3-Dof teknolojilerde kullanıcı başını sağa-sola, yukarı-aşağıya çevirebilir veya yan eğebilir. 6-Dof teknolojiye ise 3-DoF hareketlere ek olarak kullanıcı uzayda ileri-geri, sağa-sola veya yukarı-aşağı yönlerine hareket edebilmektedir (LaValle, 2019).

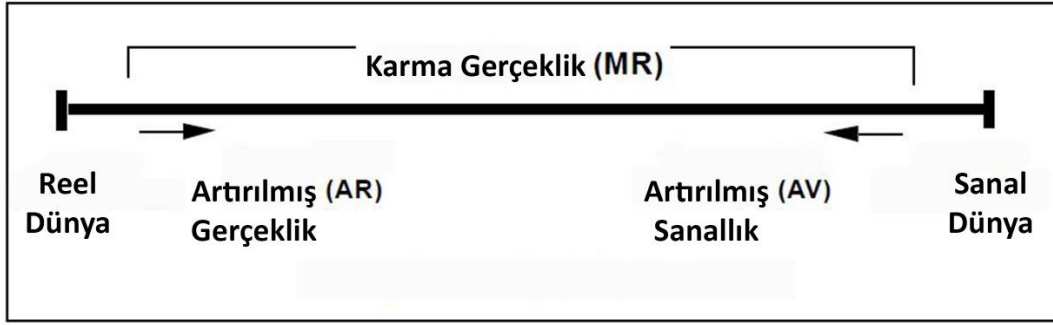


Şekil 2.6 : Kullanıcının sanal ortamdaki hareket kabiliyeti (Elif Gürçınar)

6-DoF teknolojisi kullanılarak eğitim amaçlı üretilen uygulamalardan biri Construct3D'dir. 2000 yılında Kaufmann tarafından geliştirilen uygulamanın amacı lise ve üniversite öğrencilerine matematik ve geometri öğretmektir (Kaufmann, Schmalstieg ve Wagner, 2000). Bu çalışmada etkileşim, navigasyon ve oryantasyon konularında öğrencilerden alınan geri dönüşler, ileride yapılacak eğitsel AR/VR uygulamalarına bir basamak olmuştur.

2.2.2 Artırılmış Gerçeklik

“Artırılmış Gerçeklik (AR), Sanal Ortamların (VE) bir varyasyonudur. AR, kullanıcının gerçek dünya üzerine bindirilmiş veya gerçek dünya ile birleştirilmiş sanal nesnelere gerçek dünyayı görmesini sağlar. Bu nedenle AR, gerçekliği tamamen değiştirmek yerine gerçekliği tamamlar” (Azuma, 1997). 1995 yılında Migram tarafından yayımlanan makalede Gerçeklik-Sanallık Doğrusu üzerinde bir sınıflandırma yapılmıştır (Şekil 2.7). Bu vektörel doğru üzerinde 0 noktası Reel Dünya olarak kabul edilmiştir. Tamamı sanal olan bir dünyayı deneyimleme deneyimi, yani VR ise doğrunun en sonuna yerleştirilmiştir. Bu iki uç nokta arasında kalan kısma ise sanal ve gerçeğin bir karışımı olarak Karma Gerçeklik (MR) denilmiştir. Artırılmış Gerçeklik de bu iki nokta arasında yer alır.



Şekil 2.7 : Milgram ve diğerlerinin Gerçeklik-Sanallık Süreci diyagramı (Milgram *vd.*, 1995)

AR teknolojisinin uygulanabilmesi için diğer XR teknolojilerinde de olduğu gibi, kullanıcının bakış açısı ile gerçek dünya arasına bir filtre eklenmesi gerekmektedir. Bu filtre bir kamera, gözlük, telefon yada başa giyilebilir bir cihaz olabilir. AR filtrelerini VR'dan ayıran en önemli özellik ise gerçek dünyayı görüyor ve onu zenginleştiriyor olmamızdır, yani cihaz filtresi transparandır.

AR donanımlarını daha yakından incelemek gerekirse, bu donanımlar; başa giyilen cihazlar (HMD), elde tutulan cihazlar (MAR) ve projeksiyon cihazları (HUD) olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır (Aromaa *vd.*, 2020). HMD cihazlara örnek olarak Google Glass, MAR cihazlara örnek olarak Mobil telefon ve tabletlerin AR uygulamaları dahilinde kullanılması ve HUD cihazlara örnek olarak da araba veya uçak camları kullanılarak dijital bilgi yansıtılması verilebilir (Şekil 2.8).



Şekil 2.8 : Soldan sağa sırası ile; MAR, HMD, HUD)

AR uygulamalarının dijital içerikleri kullanıcının hareket ve konumuna göre eş zamanlı olarak işleyebilmesi için kullanıcının konumunu belirlemesi ve takip etmesi gerekir. Bu kullanıcı takibi (User-Tracking) ise genelde AR teknolojilerinde donanım değil yazılım tabanlıdır (Nee *vd.*, 2012). AR uygulamaları ya çevreyi tarayıp haritasını çıkartarak yüzeyleri tanımlar ya da marker denilen işaretçileri hedef alarak onları yüzey olarak kullanır (Şekil 2.9). Bu markerların genellikle kamera tarafından net bir şekilde okunabilmesi için belirli görsel standartlara uyması gerekmektedir.

Örneğin resimde parlak ve doymuş renkler kullanılması, şekillerin keskin ayrıtlarının olması, bulanıklık olmaması, yüksek çözünürlüğe sahip olması ve datanın tutunabilmesi için olabildiğince fazla detaya sahip olması gerekir. Bu şartlara en uygun markerlara örnek olarak QR kod dediğimiz siyah beyaz matris barkod sistemli görselleri verebiliriz. Günümüzde teknoloji, insan yüzü, binalar gibi dünyadaki nesnelerin de marker olarak kullanılmasına imkan vermektedir (İçten ve Bal, 2017).



Şekil 2.9 : Marker örneği (URL-2)

AR uygulama geliştirmeyi sağlayan çeşitli platformlar yani yazılım geliştirme kitleri (SDK) bulunmaktadır. Vuforia, ARToolkit, WikiTude, Layar, EON 9 Studio, ARCore, ARKit bunlardan bazılarıdır. Bu yazılımlar farklı bilgisayar programları içerisinde kullanılarak AR uygulamaları hazırlamak mümkündür. Bu programlara örnek olarak Unity 3D, Unreal Engine, Godot, MonoGame ve Marmalade örnekleri verilebilir. AR uygulaması hazırlarken uygun bir SDK ve program seçmek önem arz ederken aynı zamanda bu iki araç arasındaki data transfer kolaylığı, hazırlanan uygulamanın hangi platformlarda kullanılabileceği gibi detaylara da dikkat edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada kullanılan Unity 3D programı iki ve üç boyutlu bir oyun geliştirme motorudur ve ücretsiz olarak indirilebilmektedir. AR geliştirmek için en uygun programlardan biridir ve mobil cihazlar için optimize edilmiş bir grafik motoru içerir (Vakaliuk ve Pochtoviuk, 2021).

2.2.2.1 Artırılmış Gerçekliğin Tarihçesi

1901 yılında çocuk hikayeleri yazarı Frank Baum'un kaleme aldığı hikaye ile, ana kahramanın gözlüklerinin insanların ahlaki değerlerini göstermesi, kavramsal olarak AR'ın literatüre geçmesini sağlamış denebilir (Escamilla *vd.*, 2018). İlk AR ve VR donanımı 1968 yılında Ivan Sutherland ve öğrencisi tarafından Utah Üniversitesinde üretilmiştir. HMD olarak tasarlanan bu cihaz çevreye geometrik grafiklerin yansıtılmasını sağlamaktadır (Sutherland, 1968).

Teknoloji ilk olarak AR adını Boeing firmasında çalışan Tom Caudell tarafından 1990 yılında almıştır. Yapılan ilk AR oyunu "ARQuake 2000" yılında geliştirilmiş, mobil bir bilgisayar, HMS ve GPS sayesinde kullanıcılara dışarıda sanal canavarlarla etkileşim kurma olanağı yaratmıştır (Piekarski ve Thomas, 2002).

Daha sonra 2008 yılında Wikitude firması ilk açık kaynak ve AR programları geliştirmeye yönelik olan SDK'yı yayınlamıştır. Bu SDK'lar sayesinde Android, IOS, PC ve akıllı gözlükler için AR uygulamaları geliştirmek mümkün hale gelmektedir. 2012 yılında Google'ın AR gözlüğünü piyasaya sürmesi ve 2015'de Proyecto Tango ile akıllı telefonlarda 3D AR teknolojisinin kullanılması önemli gelişmelerdir (Escamilla *vd.*, 2018).

Zaman ilerledikçe AR SDKlarının sayısı ve kaliteside yükselmiştir. Bireylerin evlerinde gözlükleri, Pc veya akıllı telefonları ile AR uygulamaları geliştirmelerini sağlamaktadır ve bu uygulamalar farklı alanlarda farklı amaçlar için geliştirilmeye devam etmektedir.

2.2.2.2 Artırılmış Gerçekliğin Kullanım Alanları

Sağlık, eğitim, kültür, endüstri ve eğlence AR'ın kullanıldığı alanlar arasındadır. Bu uygulamaların amacı genelde etkileşim ve anlaşılabilirliği artırarak daha fazla verim almaktır. Eğitimde birden fazla öğrenme stiline hitap edebilir, eğer AR kullanımı sırasında, bir simülasyon olduğu için, hata yapılırsa talefi etmesi çok daha kolay olacaktır. Bu sebeple hem maddi hem vakit hem de manevi açıdan yarar sağlayabilmektedir (Zhu *vd.*, 2014).

Sağlık alanında otizmin tedavisi için kullanılan, "The Autism Glass Project" Stanford Üniversitesi'nde Google Glass ile geliştirilmiştir. Bu projde otizimli çocukların başka insanların duygularını doğru bir şekilde yorumlamasını sağlamak amaçlanmıştır (Voss

vd., 2016). Sağlık alanında başka bir çalışmada, fantom uzuv ağrısı tedavisinde kullanılmak üzere terapi amaçlı bir AR uygulaması ile uzuvlarını kaybeden fakat hala onları hissedip ağrı yaşayan hastaları tedavi etmek hedeflenmiştir (Osumi ve Ichinose, 2017).

Hem eğitim hem sağlık alanları kapsayan bir uygulama ise anatomi eğitimi için özel olarak geliştirilen “Anatomy 4D” uygulamasıdır (Hsieh ve Lee, 2018). AR’ın eğitimde yaygın olarak kullanılmasının sebebi deneme-yanılmaya yer vermesi, hata payı bırakması ve aynı zamanda içerikleri oyunsallaştırabilmesinin olduğu söylenebilir. Kullanıcıların eğitim materyalleri ile 3 boyutlu etkileşim kurabilmesi AR’ı diğer medyalardan ayıran önemli bir özelliktir.

AR’ın lise ve üniversite öğrencilerinde geometri, metamatik, kimya gibi alanlarda eğitim için bir araç olarak kullanıldığı (Yuen, Yaoyuneyong vd Johnson, 2011; İbili vd., 2020; Kaufmann, Schmalstieg ve Wagner, 2000) örneklerin yanında farklı yaş gruplarında, örneğin ilk okul çocuklarında, sihirli kitap (Magic Book) konsepti de yaygın olarak kullanılmıştır. Sihirli kitaplar genel olarak kitap sayfaların marker olarak hazırlanıp üzerine sanal modellerin yerleştirmesi ile yapılmaktadır (Billinghurst ve Kato, 2001). Sadece öğrencilerin eğitiminde değil, aynı zamanda işçilerin eğitilmesinde de AR teknolojisinin kullanıldığını görebiliriz. Örneğin işçilerin montaj hattında çalışırken tüm süreci sanal olarak deneyimlemelerini sağlayabilir ya da çalışırken onlara rehberlik edebilir. İşçilerin AR gözlük kullanırken elleri serbest olacağı için de gerçek zamanlı olarak uygulanması mümkündür.

AR’ın kullanıldığı bir başka sektöre müzeler örnek verilebilir. Müze deneyiminin daha etkileşimli ve interaktif olması AR’dan önce de QR kodlar, sesli rehber özellikleri, cep telefonu uygulamaları gibi çeşitli yöntemlerle elde edilmeye çalışılmaktaydı. Mobil olarak kullanılması kolay olan AR, etkileşim ve bilgi yaratabilme özelliği ile müzeler için ilginç bir seçenektir. 2017’de yazılan rapora göre ABD’de ki müzelerin %1’inden fazlası AR kullanmaktadır (Ding, 2017). Bu uygulamanın ilk örneklerinden biri Geoffrey Alan Rhodes tarafından geliştirilen “Chicago 00 Projesi” olabilir (Kadish ve Goldman, 2020). Ek olarak, tasarım alanında AR, üretim, tasarım süreci ve tasarım eğitiminde de etkin olmaktadır. 2020 yılında yapılan bir çalışmada, Peyzaj Mimarisi eğitimi kapsamında “Master of Time” adlı mobil bir AR sistemi geliştirilmiştir (Kerr ve Lawson, 2020). Mimarlık alanında yapılan başka bir çalışma da, mimarların inşaat

alanında konuma dayalı bilgileri kullanarak veri toplamasına yardımcı olan bir AR uygulaması geliştirmeyi hedeflemiştir (Ünal, 2019).

Eğitsel çerçevede AR teknolojisini kullanan 26 farklı çalışmanın analiz edildiği bir meta-analiz, AR'nin eğitimde kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarını raporlamıştır (Radu, 2014). Bu analize göre, AR eğitsel içeriğin kavranma oranını arttırarak, uzamsal yapıları ve işlevleri algılamayı kolaylaştırmakta, uzun süreli hafızayı geliştirmekte ve fiziksel uygulamalardaki başarıyı iyileştirirken, işbirliği ve motivasyon bağlamında pozitif bir etki yaratmaktadır.

AR uygulamalarının avantajları yanısıra dezavantajları da bulunmaktadır, yaptığı analizde Radu bu dezavantajları dikkatte seçicilik, kullanılabilirlik problemleri, öğrenme farklılıkları ve etkisiz sınıf entegrasyonu olarak sınıflandırmıştır (Radu, 2014). Çalışmanın sonucunda AR'ın kullanımına uygun alanlara dikkat edilmesi, kullanılan platforma göre sınıfa entegrasyonunun daha iyi sağlanması ve donanıma daha fazla yatırım yapılmasının bu teknolojinin eğitimdeki verimini arttıracığı vurgulanmaktadır.

Kullanıma uygun alanlar için ise uzamsal ve üç boyutlu konseptlerin çalışılması gerektiğidir. “Artırılmış gerçeklik, öğrencilere kağıt kaleme göre daha çekici içerikler sağlayan, klasik alıştırmalara yeni bir hayat veren uygun maliyetli bir teknolojidir” (Martín-Gutiérrez, Saorín, *vd.*, 2010).

2.2.2.3 Mobil Artırılmış Gerçeklik (MAR)

Mobil AR (MAR) terimi akıllı telefon, tablet, akıllı saat gibi taşınabilir cihazlarda kullanabildiğimiz artırılmış gerçeklik teknolojilerini kapsamaktadır. Mobil AR teknolojilerinin gelişimini kendi tarihi çerçevesi içerisinde inceleyerek yapılan kronolojik araştırmaya göre (Arth *vd.*, 2015) MAR adına atılan en önemli adımlardan biri 1999’ da ARToolkit kütüphanesinin kullanıma açılmasıdır.

Açık kaynak olarak sunulan bu 6-DoF platform AR uygulamaları geliştirenler tarafından kullanılmaya devam etmektedir (Kato ve Billinghurst, 1999). Aynı sene Hollerer ve Feiner MAR’da ilk defa normal GPS’den yüz kat daha tutarlı olan gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK GPS) teknolojisini kullandılar. Ayrıca geliştirdikleri

uygulama dış mekanlara yerleştirilmiş hipermedyalara erişim sağlayabilmekteydi (Hollerer, Feiner ve Pavlik, 1999).

Başka bir önemli gelişme ise Reitmayr ve Schmalstieg'nin sağladığı, bir çok kullanıcının eş zamanlı işbirliği ve etkileşimine olanak veren multi-player özelliğinin MAR'da kullanılabilmesidir (Reitmayr ve Schmalstieg, 2001). 2008 yılında METAIO adında bir mobil AR uygulaması geliştirilmiş ve müze rehberi olarak kullanılmıştır. Kullanılan uygulama 6-DoF' u desteklerken herhangi bir marker'a da ihtiyaç duymamış ve yapılan anket ile kullanışlı bulunmuştur (Miyashita vd., 2008). MAR'ın gelişimi farklı disiplinlerde hızla devam ederken Qualcomm firması 2011 yılında, Vuforia olarak bilinen QCAR adlı platformu yayınlamıştır (AUFRANC, 2011; Arth vd., 2015). Vuforia mobil AR uygulamaları geliştirmeyi sağlayan önemli açık kaynak yazılım platformlarından birtanesidir (URL-3). Oyun ve eğlence sektörüne bakıldığında yüksek görsel kalitesi olan ve gerçek zamanlı render yapabilen ilk MAR uygulaması, Georgia Tech tarafından geliştirilen "Arhrrr!" oyunudur. Oyun, içerisinde hem animasyon hem de etkileşim özellikleri bulunan birinci şahıs bir nişancı oyunudur (URL-4). MAR tarihinde bahsedilmesi gereken çalışmalardan biri olan "Project Tango" 2014 yılında Google tarafından duyurulmuştur (Kastrenakes, 2014). Bu uygulama, AR geliştiricilerine mobil cihazlarının kameralarını kullanarak etraflarındaki üç boyutlu ortamı tarama ve haritalandırma imkanı sağlamıştır. Bu özellik ise günümüzdeki AR ve MR teknolojilerinin en önemli parçalarından birini oluşturmaktadır. MAR uygulamaları genellikle çoğunluğun erişebileceği ve diğer AR türlerine göre fiyatı daha düşük bir teknoloji olduğu için geniş kullanım imkanları sunabilmektedir. MAR, Moda, eğlence, dekorasyon, eğitim, pazarlama gibi pek çok farklı alanda gelişen ve giderek yaygınlaşan bir AR türü haline gelmiştir.

2.2.2.4 MAR ile Eğitim

Mobil öğrenme, öğrenme alanında iyileştirmeler elde etmek için mobil cihazlar, akıllı telefonlar, tabletler, mp3 çalarlar ve akıllı saat ve akıllı gözlüklerin sunduğu olanakları inceler (De Simone, 2016). Özellikle akıllı telefonların yaygınlaşması ile bu alanda yapılan çalışmaların da çoğaldığı görülmektedir. Genel olarak mobil öğrenme kendi içerisinde de pek çok farklı medya ve metodu kapsamaktadır. Örneğin podcast dinlemek, mobil cihazları kullanarak okuma yapmak, online dersleri takip etmek veya eğitimsel oyunsal oynamak bu metodlar arasındadır. Fakat burada herhangi bir mobil

öğrenme yöntemi ile MAR arasındaki farkı belirtmek ve tüm metotları ayrı ayrı değerlendirmek önemlidir.

De Simone'un çalışmasında belirttiği ve mobil öğrenme konusundaki ana tartışmalardan biri olan "her an her yerde öğrenme", birçok eğitimsel MAR uygulamaları için geçerli değildir. Analiz edilen eğitsel MAR uygulamalarında görülmektedir ki bunlar kendilerine ait bir zaman ve odak ihtiyacı olan uygulamalardır ve başka bir iş ile aynı anda yapılmamalıdır (De Simone, 2016).

2013 yılında MAR'ın eğitimdeki potansiyeli üzerine yapılan bir çalışmada 10 farklı MAR uygulaması analiz edilmiş ve avantaj-dezavantaj karşılaştırılması yapılmıştır (Nincarean vd., 2013). Analize dahil edilen uygulamaların sanat, tarih, matematik ve bilim gibi alanlarda eğitime katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Farklı yaş grupları ve sayılardaki örneklemelere uygulanan bu çalışmaların sonuçlarını karşılaştıran analize göre daha önce AR teknolojisini deneyimlememiş bu katılımcılar uygulamaları motive edici ve eğlenceli bulmuş, MAR uygulamalarını kullanan deney grupları kontrol gruplarına göre daha yüksek başarı oranları elde etmişlerdir. Yinede, Nincarean ve diğerleri (2013), MAR uygulamalarını eğitim adına geliştirirken eğitim teorisine ve pedagojik araştırmalara öncelik ve önem verilmesi gerektiğini belirtmektedir. MAR'ın eğitimde kullanım potansiyeli ve katkısı büyük olsa da sadece teknolojinin kendi özellikleri değil kullanılan yöntemin önemini altı çizilmiştir. Örneğin 2016 yılında yapılan bir uygulamada Tasarı Geometri eğitimini desteklemek ve uzamsal becerileri geliştirmek için DiedricAR adlı bir MAR sistemi geliştirilmiştir. Marker olarak özel hazırlanan bir çalışma kitabının kullanıldığı bu uygulama ders materyali haline getirilmiş ve mühendislik eğitimine dahil edilmiştir. Otonom öğrenim yaklaşımı ile, yani bir öğretmenin gözetmenliğine ihtiyaç duyulmadan, geliştirilen uygulama çeşitli egzersizler içermektedir. Çalışma sonrası yapılan ölçümlerde yine MAR'ın uzamsal ve eğitsel olarak pozitif etkisinin kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu görülmüştür (de Ravé vd., 2016).

Bu sonuçlar doğrultusunda sınıf ortamında uygulanacak ve uzamsal yetenekleri geliştirecek bireysel bir aktivite için hazırlanacak uygulamanın MAR platformunda yapılmasının uygun seçeneklerden biri olduğu görülmüştür. Örneğin, uzamsal görselleştirme yeteneklerinin eğitilmesi için Malezya Teknoloji Üniversitesinin mühendislik bölümlerinde, teknik resim dersi dahilinde bir uygulama hazırlanmış, 60 kişilik deney ve kontrol grupları ile çalışma yapıldıktan sonra zihinsel döndürme

yetenekleri ölçülmüş ve sonuca göre deney grubunun kontrol grubuna göre daha yüksek başarı elde ettiği görülmüştür (Omar vd., 2019).

2.2.3 Karma Gerçeklik

Karma Gerçeklik (MR) sanal ve artırılmış gerçekliklerin bir karışımı olarak düşünülebilir. Gerçek dünyanın üzerine gerçek ortam ile etkileşime geçebilen sanal bir katmanın yerleştirilmesi ile meydana gelmektedir (Palmas ve Klinker, 2020). AR ve VR'dan farklı olan bir tarafı da çok gelişmiş bir haritalama özelliği barındırmasıdır. Sanal objelerle direk etkileşime olanak verirken sanal objeleri reel dünyayı algılayarak yerleştirmekle kalmaz, bu sanal objeleri gerçek dünyaya sabitleyebilir. Aynı zamanda sanal objelerin kullanıcının baş hareketini takip etmelerini de sağlayabilmektedir. Örneğin başa giyilebilen bir MR gözlüğü olan Hololens (URL-5), bulunduğunuz odayı ve içindeki eşyaları tarayarak sanal bir haritasını çıkartır. Bu sanal harita üzerine tanımladığı koordinatları kullanarak, sanki bir bilgisayar programının içerisindeymişçesine kullanıcıya sanal objeleri çevremize eklememize, bu objelerle hem kullanıcının hem de eşyaların ve yüzeylerin etkileşim kurabilmesine olanak sağlar.

2.3 Teknolojik Medyanın Eğitimde Kullanılması

Bu kısımda, medya ve eğitsel metotlar üzerine yapılan, medyatik elemanların kullanımının eğitime katkısı olup olmadığını tartışan araştırmalara yer verilmiştir. Ayrıca teknolojinin eğitimde kullanılması ve bu çalışmaların sonuçları üzerine bir literatür taraması yapılmıştır. Bu bağlamda tartışmanın bir tarafında bulunan Clark, medyanın hiçbir şekilde eğitime etkisi olmadığını savunmaktadır.

Bu savunmayı desteklemek için oluşturduğu ilk argüman 1983 yılında yayımlandığı meta-analizin içerisinde yer almaktadır. Analize göre verdiği metafor; “Medya elemanları yalnızca bilgiyi aktaran araçlardır, aynı yiyecek taşıyan bir kamyonet gibi. Nasıl kamyonun değişmesi içerisindeki yiyeceklerin besin miktarını etkilemiyorsa, kullanılan medya elemanını değiştirmek de verilen eğitimin kalitesini etkilemeyecektir” şeklindedir. Yani kullanılan metot aynı olduğu sürece medya elemanları değiştirilebilir ve bu da eğitimi etkilemez (Clark, 1983).

Tartışmanın diğer tarafında ise Kozma, medyanın yalnızca bir transfer aracından fazlası olabileceği ve bu şekilde kullanılması gerektiğini söylemiştir. Doğru medya

elemanının kullanımı öğrencinin bilişsel becerileri üzerinde etki yaratabilmektedir. Kozma' ya göre hem yöntem hem de medyanın etkisi büyüktür. Her medya kendi teknolojisi, sembol sistemleri ve işletme yetenekleri ile tanımlanabilmektedir. Kozma'nın incelediği çalışmalara göre bazı öğrenciler medya elemanı ne olursa olsun belirli bir bilgiyi öğrenebilirler, fakat bazı öğrenciler kullanılan medya elemanının getirdiği karakteristik özelliklerin avantajlarından yarar sağlayacaktır (Kozma, 1991). Günümüzde bu bakış açılarının tartışıldığı noktalar bulunmaktadır. Özellikle ciddi oyunlar ve oyun tabanlı teknolojiler “yaparak öğrenme” konusunda yeri tutulamaz bir imkân yaratmıştır. Başka türlü ya çok tehlikeli ya da çok maliyetli olabilecek uygulamalar bilgisayar simülasyonları sayesinde uygulanabilmektedir. Örneğin uzay programlarının astronotları eğitirken kullandığı bu tarz simülasyonlar olmadan başarılı olma ihtimalleri yok denecek kadar azdır. Bu tarz tecrübeler kişinin aktif olarak materyal ile etkileşimde olmasını sağlayan farklı bir bilişsel öğretim süreci yaratmıştır (Becker, 2010). Sonuç olarak, kullanılan teknolojik medya yeni bir öğretim metodu geliştirme imkânı veriyorsa ve bu metot başka bir medya ile uygulanamıyorsa bu medyanın eğitime katkısı olduğunu söyleyebiliriz.

2.3.1 Oyun Tabanlı Eğitim Teknolojileri

Oyun kavramı bu çalışmada, belirli kurallar çerçevesinde, belirli bir amaca erişmeye yönelik, oyunu oynayan kişilerin kendileri veya başkaları ile bir çeşit mücadeleye girdiği ve oyun elementlerini barındıran bir aktiviteler bütünü olarak tanımlanabilir. Oyun konusuna giriş yaparken öncelikle açıklanması gereken 3 farklı başlık bulunmaktadır. Bunlar; Oyunsallık, Ciddi Oyunlar ve Oyun Tabanlı Eğitim kavramlarıdır. Bunların ayrımının iyi yapılması ve anlaşılması hem yapılan mevcut eğitim modellerini incelerken hem de yeni bir model oluştururken fayda sağlayacaktır.

Oyunsallık (Gamification): “Kullanıcıların genel değer yaratmasını desteklemek için oyun deneyimi sağlayan bir hizmeti geliştirme süreci” (Huotari ve Hamari, 2017). Eğitimde ise oyunsallaştırma, eğitim bağlamında oyun öğelerini içerir. Bu öğeler eğlence anlamında değil, öğrenmeyi zenginleştirmek için puanlar, teşvikler, anında geri bildirim, tanınma, hata yapma özgürlüğü gibi bazı ilkelerin adapte edilmesi ile kullanılır (Deterding vd., 2011). Yani oyunsallık oyun değildir, yalnızca oyun elementlerinin kullanıldığı eğlence dışı aktivitelerdir.

Ciddi Oyunlar (Serious Games): Ciddi oyun tanımı, eğlence yerine problem çözme, eğitime, öğrenme, iletişim kurma, simüle etme gibi farklı amaçları olan oyunlar için kullanılmaktadır. Genellikle video oyunları ile aynı medya teknolojileri kullanıldığı ve bilgisayar tabanlı oldukları için “oyun” adı altına alınmışlardır (Pilote ve Chiniara, 2019).

Oyun Tabanlı Eğitim (Game-Based Learning): Genel olarak oyunlarla öğrenme yöntemidir ve öğretmenler tarafından tasarlanır. Her ne kadar teknolojiden yararlanmak için dijital tasarlanabilselerde bu oyunların dijital olma zorunluluğu yoktur (Pho ve Dinscore, 2015; Escamilla vd., 2016).

Oyun ve eğitimi bahsedilen biçimlere kullanmanın faydalarına örnek verirsek; Viyana’da yapılan bir çalışma, oyun tabanlı eğitimin faydalarını analiz etmeye çalışmış, öğrencilerin motivasyon açısından pozitif yönde etkilendiğini ve oyunu ilgi çekici bulup onu geliştirmek için önerilerde bulduklarını yazmıştır (Pohl, Rester ve Judmaier, 2009). 2018’ de yapılan bir bildiri de ciddi oyunların eğitime katkısı olup olmadığını araştıran bir grup sonuç olarak ciddi oyunların güvenilir ve etkili bir eğitim metodu olduğunu, kullanıcıların daha istekli olduklarını ve sonuçta konseptleri daha iyi hafızaya aldıklarını bulmuştur (Sudarmilah vd., 2018).

2.3.2 Tasarım Eğitiminde Kullanılan Oyun Tabanlı Teknolojiler

Oyun mekaniklerini ve teknolojilerini kullanarak tasarım alanlarında da çeşitli eğitsel uygulamalar geliştirilmiştir. 2017 yılında Kanada’da yapılan bir meta-analiz, sadece tasarım ve inovasyon alanında hazırlanmış tüm eğitsel oyunlar içeren yayınları taramış ve bu yayın sayısının 7000’i aştığını göstermiştir (Cortes Sobrino vd., 2017). Örneğin, Mark MacKay tasarım araçlarından bazılarını daha iyi anlayabilmek için pek çok WEB tabanlı oyun geliştirmiştir. Bunlardan bir tanesi olan The Boolean Game, Boolean kavramını 2 boyutta anlamayı ve pratik yapmayı sağlayan bir oyundur (URL-6), bir diğeri ise bilgisayar destekli (CAD) tasarım programlarında kullanılan matematiksel Bezier Eğrilerini anlamak ve onları kullanarak daha iyi ve hızlı çizimler yapabilmek için kullanılan WEB tabanlı bir çevrimiçi oyundur (URL-7). “Kolor” adlı bir oyun kullanılarak da renkleri ayırt edebilme yetisini geliştirmek amaçlanmıştır (Jorge, 2021).

2.4 Uzamsal Yeteneklerin Önemi ve Eğitilmesi

Uzamsal yetenekler çevremizi ve nesnelere nasıl algıladığımızı ve onlarla nasıl etkileşime geçtiğimizi tahlil eden, insan zihninin önemli yeteneklerinden biridir. Kişiden kişiye farklılık gösterebilen ve farklı biçimleri olan bu yeteneklerin önemi günlük hayatta karşımıza farklı biçimlerde çıkmaktadır. Thurstone (1950) insan zekasının uzamsal oryantasyonla olan ilişkisini 3 başlık altında toplamıştır; “bir cisme farklı açılardan bakıldığında onu tanımlayabilme yeteneği”, “bir konfigürasyonun parçaları arasındaki hareketi veya iç parçalardaki yer değiştirmeyi hayal etme yeteneği”, “gözlemcinin beden oryantasyonunun problemin önemli bir parçası olduğu uzamsal ilişkiler hakkında düşünme yeteneği”.

Farklı disiplinlerde kullanıldığı fark edilen bu yeteneklerin eğitilmek istenmesi kaçınılmaz olmuştur. 2013’de yapılan bir meta-analizde uzamsal yetenekleri eğitmek için çeşitli yöntemler geliştiren 217 yayın saptanmış ve incelenmiştir. Bu yöntemler genelde STEM alanlarını hedef alan çalışmalardır fakat uzamsal yeteneklerin eğitilebilir olduğunu göstermiştir. Hatta direkt olarak eğitilmeyen başka uzamsal fonksiyonlarında beraberinde geliştiği saptanmıştır. Bu analizin sonucuna göre yüksek uzamsal yetenekler STEM alanlarında eğitime devamlılığı artırabilir (Uttal *vd.*, 2013).

Uttal yapılan çalışmaları eğitim metoduna göre üç gruba ayırmıştır. Video oyunu kullanarak uzamsal yeteneğin geliştirilmesi, müfredat dahilindeki dersler ile uzamsal yeteneğin geliştirilmesi ve özellikle bu amaç için hazırlanmış eğitim setleri ile uzamsal yeteneklerin geliştirilmesi. Bu eğitimlerin uygulandığı yaş, cinsiyet ve eğitim seviyesi farklılık gösterebilmektedir. Örneğin 8. Sınıf öğrencilerinin uzamsal yeteneklerini eğitebilmek için 3B bir modelleme programı hazırlanmıştır (Toptaş, Çelik ve Karaca, 2012). Yapılan bu çalışmada aynı zamanda cinsiyet farkına odaklanılmıştır. Genellikle erkek öğrencilerin kadınlardan daha yüksek skor yaptığı gözlemlense de (Hegarty *vd.*, 2006; Németh, 2007), bu çalışmada kadınların daha başarılı olduğunu altı çizilmiştir.

Uzamsal yeteneklerde görülen bu cinsiyetler arası fark birçok araştırmacı tarafından sorgulansa da kesin bir yargıya varılamamıştır. Bu alanda literatürde çok sayıda kadın/erkek karşılaştırması bulunmaktadır fakat Burin psikoloji alanında yaptığı araştırmada cinsiyet farkının nedenini derinlemesine irdelemek için, kadın

katılımcılarda uzamsal yeti ve sorulara harcanan süre arasında doğru bir korelasyon bulmuş, erkeklerde bu korelasyonu görmemiştir (Burin, 2000). Burin, psikolojide seksist yargıların önüne geçmek için hazırlanmış kurallar çerçevesinde (Denmark, Russo ve Frieze, 1988) yalnızca bir cinsiyette bulunan ve diğer cinsiyette bulunmayan korelasyonların yayınlanmaması gerektiğinin ve sadece uygun istatistiksel testlerle desteklenen cinsiyet farklılıklarının bildirilmesi gerektiğinin altını çizmektedir. Cinsiyet farkına ek olarak, uzamsal yeteneklerin tanımlanabilmiş veya tanımlanamamış değişkenlere bağlı olarak kişiden kişiye çeşitlilik gösterdiği görülmektedir. Bu değişkenler kişilerin yaşı, eğitim seviyesi, hobileri veya alışkanlıkları olabilir. Örneğin, hobi olarak da video oyunu oynayan öğrencilerde daha yüksek uzamsal yetenekler saptanmıştır (Tüker, 2018).

2.4.1 XR'ın Uzamsal Yeteneklerin Eğitilmesinde Kullanımı

Eğitimde popülerliği giderek artan XR teknolojilerinin uzamsal ve 3B görselleştirme yeteneklerini eğitimde de kullanılmaya başlandığı ve elde edilen pozitif sonuçlar doğrultusunda bu alanda araştırmaların devam ettiği görülmektedir. İspanya'da yapılan bir çalışmada VR kullanılarak mühendislik okuyan öğrencilerin mekanik parçaları manipüle edebilmesi sağlanmıştır (Martin-Gutierrez vd., 2013). Dünser ve Kaufmann (2006) yaptıkları analizde “VR ve AR teknolojileri uzaydaki 3 boyutlu nesnelere görüntülemek ve işlemek için benzersiz olanaklar sunmaktadır ve bu onları uzamsal yetenekleri incelemek için ideal araçlar haline getirmektedir” şeklinde bir vurgu yapmışlardır. Bu araçlar sayesinde mekansal kavramlar kolayca algılanabilir, değiştirilebilir, görüntülenebilir ve etkileşime girilebilir. Analizi yapılan çalışmalarda XR'ın küçük ve büyük ölçekli uzamsal algı ve 3B görselleştirme gibi farklı uzamsal yetenekleri eğitmek için kullanıldığı görülmüştür. Başka bir çalışmada mimarlık öğrencilerine yönelik hazırlanan VR uygulamasında öğrencilerin farklı görselleştirme becerilerini geliştirmek hedeflenmiştir (Tüker, 2016). Bir sonraki çalışmasında Tüker, AR ve VR teknolojileri ile uzamsal yeteneklerin eğitilmesi üzerine yaptığı analiz sonucunda bu teknolojilerin uygun bir metot geliştirme koşulu ile kullanıma uygun olduğunu yazmıştır (Tüker, 2018).

2.4.2 AR'ın Uzamsal Yeteneklerin Eğitilmesinde Kullanımı

Çalışmanın bu kısmında uzamsal yetenekleri eğitmek için özellikle AR teknolojilerinden faydalanarak çeşitli metotlar geliştiren uygulama ve çalışmalar

ineçlenmiştir. Uygulamaların hangi hedef gruplara uygulandığı, ne tür bir AR yöntemi kullanıldığı ve sonuçların uzamsal yeteneklere nasıl etki ettiği araştırılmıştır.

İncelenen sayılı çalışmaların bir tanesinin lise öğrencilerini, geriye kalanların üniversite seviyesindeki mühendislik öğrencilerini eğitmeyi amaçladığı görülmüştür. Geliştirilen uygulamalardan biri olan Construct 3D, geometri temelli bir eğitim yöntemi çerçevesinde ikincil öğrenim çıktısı olarak uzamsal yetenekleri eğitmeyi amaçlamıştır. Uygulama HMD sistemini kullanan özel bir bilgisayar laboratuvarında çalışmaktadır (Martín-Gutiérrez, Saorín, *vd.*, 2010). Construct 3D kullanılarak lise öğrencileri üzerinde yapılan deneyde 215 lise öğrencisi çalışmaya katılmış ve AR destekli eğitim alan grupta uzamsal yeteneklerin kıyasla daha fazla arttığı ortaya çıkmıştır. Bu alanda yapılan başka bir araştırmada AR-Dehaes adlı bir uygulama hazırlanmıştır. Bu uygulama teknik resimde sıkça kullandığımız, üç boyutlu objelerin farklı görünüşlerini tanımlama metodu üzerine kurulmuştur ve mühendislik öğrencilerinin derslerine yardımcı olması amaçlanmıştır. Construct 3D' den farklı olarak AR-Dehaes Marker denilen resimsel işaretleyicilerin üzerine yerleştirilen sanal dataları kullanarak çalışmaktadır (Martín-Gutiérrez, Saorín, *vd.*, 2010).

2015 yılında yapılan bir çalışmada yine mühendislik öğrencilerinin uzamsal görsel yeteneklerini ve aynı zamanda matematiksel hesap yeteneklerini geliştirmeyi hedefleyen bir çalışma hazırlanmıştır (Quintero *vd.*, 2015). Geometri eğitimini amaçlarken 3 boyutlu görselleştirmeyi hedef alan başka bir çalışma da; 3B objeleri yaratabilme, tanımlayabilme, özelliklerini çözümleyebilme, alan ve hacimlerini hesaplayabilme ve objeleri birbirleri ile kıyaslayabilme gibi kıstaslar ölçülmüştür (İbili *vd.*, 2020).

Tüm bu çalışmalar AR ile çalışan öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin kontrol gruplarına göre daha çok geliştiğini vurgulamaktadır.

2.5 Uzamsal Yeteneklerin Tasarımla Olan ilişkisi

Lohman (1993), yüksek uzamsal yeteneklerin yaratıcılıkla olan ilişkisi üzerine çalışması sırasında Einstein, Faraday, Tesla, Maxwell gibi ünlü bilim adamlarının ve mucitlerin bu uzamsal görsel yetenekleri sayesinde en yaratıcı buluşlarını geliştirdiklerinin rapor edildiğini söylemiş, Gittler ve Glück (1998)'de uzamsal yeteneklerin problem çözme becerisine katkı sağladığını belirtmişlerdir.

Tasarım yaparken zihinsel olarak üç ve iki boyutlu görselleri hayal etme, bu görselleri manipüle etme, birbirleri ile olan ilişkilerini algılayabilme ve bunları iki veya üç boyutlu medyumlar kullanarak ifade etme gibi aktiviteler kullanılmaktadır (Ho, 2006). Özellikle Bauhaus döneminde ortaya çıkan iki boyutlu çizim ve üç boyutlu maket yapma ve bu araçlarla hem düşünceyi ürüne dönüştürme hem de başkaları ile iletişim kurma pratikleri tasarım sürecinin bir parçası haline gelmiştir (Ingram, 1984; Ho, 2006). Bu süreçlerin uzamsal-görsel algı yetenekleri ile bağlantılı olduğuna dair çalışmalar mevcuttur.

Yapılan bir nörolojik çalışmada ise problem çözme ve tasarım odaklı düşünme süreçlerinin beyinde birbiri ile ilişkili olan alanları aktifleştirdiği görülmektedir (Alexiou *vd.*, 2009). Görsel algılama ve konsept yaratma becerilerinin bir araya gelmesi ile oluşan yapıcı algı becerisinin ve görsel analiz yaparak bir anlam çıkarma becerisinin yaratıcı tasarım süreci ile bağlantılı olduğunu destekleyen argümanlar bulunmaktadır (Sutton ve Williams, 2011). Sutton ve Williams tarafından, uzamsal düşüncenin tasarımla olan ilişkisini araştıran bir çalışmada, farklı disiplinler arasında eğitimlerinin tamamı olan 4 yıllık süre boyunca çeşitli ölçümler yapılmış ve uzamsal performansların grafik tasarımı alanında bir başarı tahmin ölçütü olarak kullanılabileceğini saptamıştır.

Bir endüstri ürünleri tasarımcısı mekaniğinin tam olarak nasıl olduğunu bilemediği bir ürünün bile kabuk tasarımını yaparken varsayım ve araştırmalar üzerine kesitini hayal eder, onu zihninde şekillendirip döndürerek farklı açılardan hayal etmeye çalışır. Bir mimar projenin başından sonuna dek, daha tam olarak tanımlanmamışta olsa ana kütlelerin topografiye nasıl yerleşeceğini, diğer kütlelerle olan ilişkisini, kütlelerin kesitini detayları ile hayal edip çizer, kullanıcıların bina içerisindeki sirkülasyonunu ve hareketini kesit içerisinde gösterir, ve bu işlemleri farklı açılardan ve senaryolardan tekrarlar.

Bu sebeple zihinsel döndürme ve kesit hayal edebilme yeteneklerinin geliştirilmesinin tasarım aşamasındaki düşünce sürecine katkı sağladığı öngörülmüştür. İsviçre’ de yakın zamanda yapılan bir çalışma, mimarlık eğitiminin kısmi olarak bu yeteneği ve uzamsal yetenekleri geliştirdiğini vurgulamıştır, aynı zamanda öğrenciler arasındaki farka ve bu alanda yapılan çalışmaların yetersizliğine dikkat çekmiştir (Berkowitz *vd.*, 2021).

2.5.1 Tasarım Alanlarında Uzamsal Görsel Yeteneklerin Eğitilmesi

Özellikle tasarım eğitimi ve uzamsal yeteneklerin eğitilmesi konularının kesişiminde çok fazla çalışma yapılmadığı görülmektedir. Yapılan çalışmaların çoğu ölçüm odaklıdır ve veri elde etmek için uygulanmıştır. Bu veriler göstermektedir ki mimari eğitim kendi içerisinde uzamsal yetenekleri diğer bölümlere kıyasla bir nebze de olsa geliştirebilir. Cho tarafından yapılan araştırmaya göre tasarım proje derslerindeki başarı oranının uzamsal yeteneklerle arasında bir korelasyon görülmemiş, fakat genel uzamsal yetenekler ile görsel algı tarzları arasında bir ilişki saptanmıştır (Cho, 2017). 2021'de yapılan bir araştırmada mimarlık öğrencileri ile ölçümler yapılmış ve sonuç olarak eğitimin başında yapılacak uzamsal algı pratiklerinin yetersizlik ve dengesizliğin önüne geçmesine yardımcı olacağı belirtilmiştir (Berkowitz vd., 2021). Bu konuda birinci sınıf iç mimarlık öğrencilerinin zihinsel döndürme becerilerini video oyunları yardımı ile geliştirme adına Tüker (2017) öğrenciler ile beş haftalık bir ön çalışma gerçekleştirmiştir. 2018 yılında yayımladığı çalışmada 3B objeleri kağıda çizme, 3B maket yapma ve video oyunu oynama, çeşitli spor aktiviteleri veya matematik çalışma gibi aktivitelerin yanı sıra doğru metotlarla geliştirilen ve el-göz koordinasyonunu destekleyen AR/VR uygulamaları ile de genel olarak uzamsal yeteneklerin eğitilebileceğini de belirtmiştir (Tüker, 2018).

2.6 Değerlendirme

Yüksek uzamsal yeteneklerin 3B görselleştirme, teknik resim çizebilme gibi yetenekleri beslemesinden dolayı bu yeteneklerin geliştirilmesi tasarım eğitimlerden alınan verimi artırabilir. Yapılan analizlerle ortaya çıkan eğitim metotları göz önünde bulundurularak, bu tez çalışmasında uzamsal yetenekleri farklı seviyelerde olan öğrenciler arasındaki farkın kapatılması için bir uygulama geliştirilmesi amaçlandı.

Bu çerçevede, artırılmış gerçeklik teknolojisinin öğrenciye uzamsal rotasyon ve kesit işlemlerini yaparken hem yardımcı olacağı hem de bu yetenekleri kademeli olarak zorlaşan bir şekilde kullanmak zorunda kalacağı bir yöntem geliştirmek hedeflendi. Bu hedef doğrultusunda her öğrencinin sınıf ortamında rahatça kullanabileceği, erişebileceği ve pandemi sürecinde en hijyenik seçenek olduğu saptanan mobil artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanıldı.

Eğitimde oyun ve oyun elementlerinin kullanımı öğrencilerin psikolojik olarak sonuca ulaşmak için çaba harcamalarını, daha yüksek puan almaya yada rakiplerini geçmeye uğraşmalarını ve iş birliği yapmalarını sağlarken, eğiticiye de süreci takip etme, ilerlemeyi kaydetme ve eğitim içeriğini kendi yaratıcılığı ile şekillendirebilme imkanı tanımaktadır. Bu sebeple, geliştirilen MAR uygulamasının bir oyun olarak tasarlanması uygun görüldü.

3. TASARIM EĞİTİMİNDE SPATIOAR UYGULAMASI

Tasarım öğrencilerinin zihinsel rotasyon ve kesit alma yetilerini geliştirmeye yönelik artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kullanıldığı oyun tabanlı bir uygulama bu tez kapsamında geliştirildi. SpatioAR adını verdiğim bu uygulama 1.sınıf öğrencilerinin rahatça kendi mobil cihazları ile kullanabilecekleri bir oyun olarak programlandı. Bu oyun tasarım bölümlerinin ortak alan derslerinin bir kısmında, sınıf ortamında uygulanarak öğrencilerin uzamsal yeteneklerini geliştirecek egzersizler yapabilmeleri amaçlandı. Bu bölümde SpatioAR uygulamasının tanımı yapıldı, önerilen modelin neden ve nasıl geliştirildiği, uygulama süreci ve veri toplama yöntemleri açıklandı.

3.1 SpatioAR

Uzamsal becerileri geliştirmenin en etkili yollarından biri düzenli olarak bu beceriyi kullanmaktır. Pratik yaparak zihnin bu kısmını aktif tutmak gerekmektedir. Yapılan çalışmalar AR teknolojisinin uzamsal yeteneklerin eğitimi için metot geliştirmeye olan pozitif katkısını desteklemektedir. Giriş kısmında sunulan hipotezi test etmek amacı ile, birinci sınıf tasarım öğrencilerinin zihinsel rotasyon ve kesit alma yeteneklerini geliştirmek için MAR teknolojisi kullanılarak eğitsel bir puzzle oyunu olarak tasarlanan “SpatioAR” uygulaması bu tez çalışması altında geliştirildi. SpatioAR’ın şekillenmesinde yapılan kapsamlı literatür taraması ve alanda yapılmış programların incelenmesi etkin oldu.

SpatioAR oyunu bir adet eğitim modülü ve üç adet ana puzzle oyunundan oluşmaktadır. Her seviyede zihinsel rotasyon ve kesit hayal etme yeteneklerinin kullanımının gerektiği belirli soru tipleri hazırlandı ve eğitim modülünde yedi, her

puzzle oyununda ise sekiz adet soru düzenlendi. Program öğrencilerin kendi akıllı telefonlarını veya tabletlerini kullanarak sorular için hazırlanmış marker kitapçığı sayesinde oyunları sınıf ortamında oynayabilmelerini mümkün kılmaktadır. Eğitim modülü öğrencilerin hem soru tiplerine aşinalık, hem MAR teknolojisinin kullanım alışkanlığının kazandırılması için hazırlanmış bir ön çalışmadır. Bu eğitimi tamamlayan öğrenciler oyunun ana kısmı olan ve üç farklı seviyeden oluşan uygulamaya geçiş yapmaktadırlar.

3.1.1 SpatioAR Oyunun Geliştirilme Süreci

Uzamsal becerileri nasıl en iyi şekilde geliştirilebileceği ve aktivitelerin nasıl kurgulanabileceği araştırıldı, benzer alanlarda ve AR teknolojisi ile hazırlanan eğitsel uygulamalar incelendi, ölçüm yöntemleri analiz edildi, oyun tasarımı ve oyun strüktürü hakkında araştırmalar yapıldı. Elde edilen veriler ile oyun kurgulandı, soru tipleri ve demo bir oyun geliştirildi. Bu aşamada bilirkişiler ile demo oyun test edilerek geri dönüşler alındı ve oyun yeniden düzenlendi. Son olarak tüm modüller tamamlanarak oyunun görsel detayları düzenlendi (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 : Oyunun geliştirme süreci

Çizelge 3.1’de belirtilen çalışmalardan uzamsal eğitim odaklı olan XR uygulamaları ve özellikleri analiz edilmiştir. Bu uygulamalar; Kaufmann ve diğ. (2000) tarafından geliştirilen Construct 3D, Gutierrez ve diğ. (2010) tarafından geliştirilen AR Dehaes, de Rave ve diğ. (2016) tarafından geliştirilen Diedric AR ve son olarak Tüker (2016) tarafından geliştirilen VR tabanlı oyundur. Uygulamaların avantaj ve dezavantajları, uygulama yöntemleri, donanım ve yazılımları karşılaştırıldı ve SpatioAR’ın nasıl bir yöntem kullanılarak oluşturulması ve uygulanması gerektiği konusunda bir altlık oluşturuldu. Bu doğrultuda SpatioAR oyunu için kurgulanan yöntem de Çizelge 3.2’de belirtildi.

Çizelge 3.1 : Uzamsal yeteneklerin eğitimini amaçlayan XR uygulamaları ve özellikleri

	AR DEHAES	CONSTRUCT 3D	DIEDRIC AR	VR TABANLI OYUN ÖNERİSİ
Amaç	Temel teknik resim prensipleri ile uzamsal yetenekleri eğitmek	Matematik ve geometri eğitimi	Tasarı geometri prensipleri ile uzamsal yetenekleri eğitmek	Teknik resim cam kutu prensibi ile uzamsal yetenekleri eğitmek
Platform	AR	AR	AR	VR
Donatı ve yazılım	Masaüstü bilgisayar, HUMAN AR kütüphanesi	HMD(Sanal IO gözlüğü), Open Inventor Toolkit (Studierstube)	Akıllı telefon ve tabletler	Oculus, Samsung GearVR, HTC VIVE
Öğrenilmiş bilgi gerektiriyor mu?	X	Belirli bir matematik ve geometri altyapısı	Belirli bir tasarı geometri temel bilgisi	Belirli bir teknik resim temel bilgisi
Uygulama sırasında öğretmen gözlemi gerektiriyor mu?	Öğretmenin sınıfta asiste etmesi gerekli	Yüz-yüze eğitimin bir parçası	X	X
Birincil ve ikincil öğretim çıktıları neler?	1.Uzamsal yetenekler 2.Teknik resim kavramları	1.Matematik ve geometri 2.Uzamsal yetenekler	1.Uzamsal yetenekler 2.Dihedral sistem ve perspektif kavramları	1.Uzamsal yetenekler 2.Teknik resim kavramları
Etkileşim türleri	Klavye, Fare ve Marker ile 2D etkileşim	Sensörler ve bir kalem ile 3D etkileşim	Telefon ve tablet ekranından dokunmatik 2D bir etkileşim	Kullanılan cihaza göre fare, konsol ile 2D veya kumanda ile 3D etkileşim
İşletim sistemleri	Windows	Windows	Android,IOS	Windows,IOS, Android

Çizelge 3.2 : Spatio AR oyunun özellikleri

	SPATIO AR
Amaç	Tasarım öğrencilerinin mekansal gelişimini desteklemek için farklı zihinsel rotasyon türleri ve zihinsel kesme egzersizleri sunar.
Platform	AR
Donatı ve yazılım	Akıllı telefonlar, açık kaynak yazılımlar
Öğrenilmiş bilgi gerektiriyor mu?	Eğitim modülü ile alıştırmalar yapılması gerekli
Uygulama sırasında öğretmen gözlemi gerektiriyor mu?	X
Birincil ve ikincil öğretim çıktıları neler?	1.Uzamsal rotasyon yapabilme ve kesitleri hayal edebilme yeteneklerinin geliştirilmesi 2.Teknik resim kavramları
Etkileşim türleri	Telefon ve tablet ekranından 3B objeler ile 2D bir etkileşim
İşletim sistemleri	Android,IOS

3.1.1.1 Oyunun Kurgusu

Literatür taramasından sonra öğrencilerin uzamsal yeteneklerinin nasıl en etkin şekilde geliştirileceği konusunda; uygulamanın birinci sınıf öğrencilerine uygulanmasına, zorunlu alan derslerinden birine dersin devamı olarak eklenmesine, herkesin kendi masasında ve kendi mobil cihazlarını kullanarak kolayca kullanılabilmesine ve son olarak oyunsal elementler içermesine karar verildi. Ayrıca çalışmanın Covid-19 döneminde yapılmış olması hijyen açısından öğrencilerin aynı cihazları kullanmamasını daha önemli hale getirmiştir. Oyun bu amaçlar doğrultusunda kurgulanırken cevaplanması gereken sorular De Nucci ve Kramarzewski'nin "Pratik Oyun Tasarımı" kitabındaki oyun tasarımı prensiplerine dayanmaktadır (De Nucci ve Kramarzewski, 2018). Bu aşamada oyun türleri incelenerek SpatioAR, kullanımı ve amacı doğrultusunda bir puzzle oyunu olarak tasarlandı. Öğrencilerin öğrenimini desteklemek adına ise oyun, soruların seviye atladıkça zorlaştığı doğrusal (linear) bir strüktüre sahip olacak şekilde kurgulandı. Seviye atlama ise belirli bir mantık çerçevesinde ve düzende karmaşıklaşan, birden fazla aktiviteyi tamamlayarak mümkün olmaktadır. Oyun, bireysel gelişimi desteklediği ve sınıf ortamında uygulansa bile kişinin kendi uzamsal algısına ve reaksiyon gösterebilme süresine hitap ettiği için tek kişilik bir oyundur.

Oyun kurgusunun bir sonraki aşamasında De Nucci'nin (2018) önerilerine göre cevaplanması gereken bazı sorular oyun tasarımının şekillenmesinde fayda sağladı. Örneğin:

- Oyunun neden eğlenceli olduğunun açıklanması, ne gibi ilgi çekici oyun elementleri olduğunu tanımlamak için önem arz etmektedir,
- Oyunun nasıl oynandığı sorusunun cevaplanması ise oyun içerisinde ne tür oyun mekaniklerinin kullanılması gerektiğini ortaya çıkartmaktadır,
- Oyunun nasıl görüldüğü sorusunun cevaplanması hem kullanıcı arayüzünü belirtmekte, hem de oyunun estetik açıdan nasıl çizilmesi ve sunulması gerektiğini tanımlamayı sağlamaktadır.

Bu aşamada konsept tasarımlara ait skeçler veya ilgili görseller anlatım için kullanılabilir. Bunlar SpatioAR'da oyun elementleri ve oyun mekaniği olarak düzenlenmiştir.

Oyun Elementleri: Oyun öğeleri ya da elementleri, bir oyunu oluşturan bileşenlerdir. Bazı araştırmalarda bunlara oyun özellikleri de denir. Eğitsel uygulamalarda genellikle kullanılan elementler 2019 yılında yapılan bir çalışmada sınıflandırılmıştır (Toda vd., 2019). SpatioAR’da kullanılan elementler ise rekabet, işbirliği, hedefler, seviyeler, puan, süre ve bulmacadır. Bu elementler oyunu ilgi çekici ve motive edici hale getirirler. Oyun giderek zorlaşan seviyelerden oluşmaktadır. Kişi ilerledikçe daha zorunu yapabileceğini görmekte ve zora adapte olmaktadır. Örneğin kişi ödül psikolojisi ile daha yüksek puan elde etmek ister. Son olarak, süre elementinde ekranda ilerleyen bir sayaç görmek kişiyi daha hızlı reaksiyon göstermeye ve diğerlerinden daha çabuk bitirmeye iter.

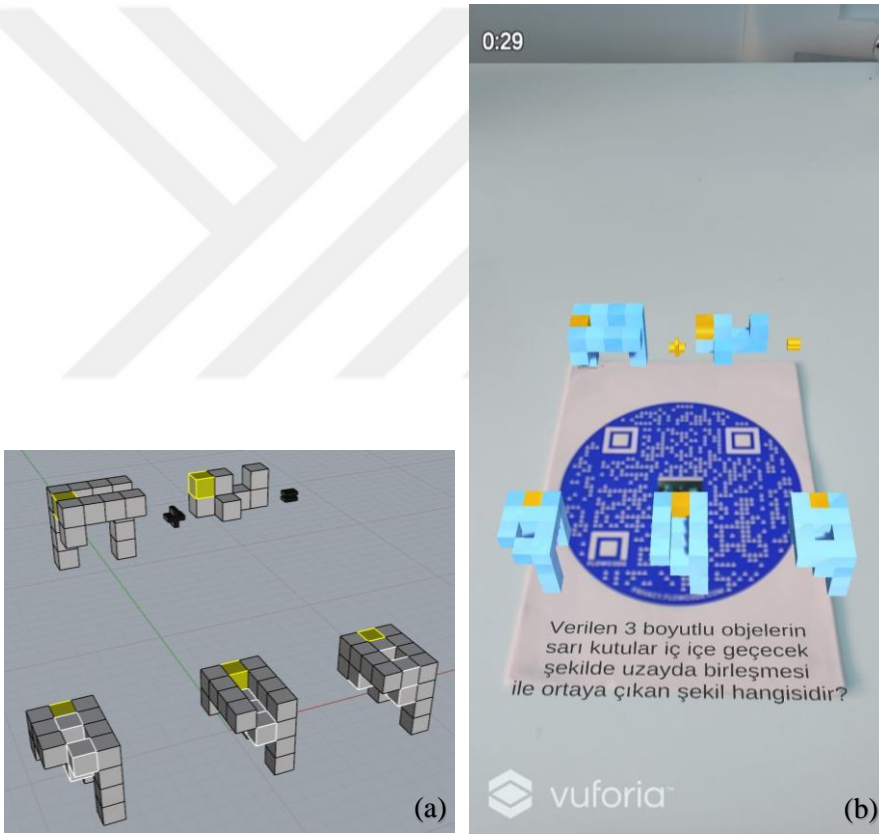
Oyun Mekaniği: Oyun mekaniği anlam olarak, yaratılabilen, analiz edilebilen ve diğerleri ile ilişkilendirilebilen birbirinden ayrı birimleri kapsamaktadır. Oyundaki herhangi bir oyun objesi için mekanik, oyun sisteminde etkileşim ve değişim yaratabildiği herşeydir (Sicart, 2008). SpatioAR’da oyun mekanikleri oyunun puzzle türünde olmasından dolayı sırası ile; oyunu başlatma, sorular ile etkileşime girme, doğru cevabı seçme, sorular ve seviyeler arası geçiş ve oyunu bitirme şeklinde kurgulandı.

3.1.1.2 Soru Tiplerinin Geliştirilmesi

Soru tipleri geliştirilirken öğrencilerin objeleri zihinlerinde döndürerek hayal etme ve iki veya üç boyutlu bir obje tarafından kesilen üç boyutlu nesnelerin kesit arayüzlerini zihinlerinde canlandırabilme kabiliyetlerini desteklemek amaçlandı. Bu bağlamda sorular; bu yeteneklerin ne kadar fazla kullanılırsa okadar çok geliştiği ve kişilerin reaksiyon sürelerinin kısalacağı doğrultusunda, çeşitli uzamsal yetenek ölçüm testleri baz alınarak ve incelenerek oluşturuldu (Vandenberg ve Kuse, 1978; Quaiser-Pohl, 2003; Peters ve Battista, 2008; Cohen ve Hegarty, 2012). Aynı zamanda soruların üç boyutlu etkileşimli hologramlardan oluşacak olmasında bu hesaplama dahil edildi. Soruların amacı, objelerin net bir şekilde 3 boyutta görülebilmesi, onlara farklı açılardan bakılabilmesi ve cevapları hayal ederken uzamsal aktivitelerin kullanılması zorunluluğunun öğrencide ortaya çıkmasıdır. MAR teknolojisinin kullanılması ise, üç boyutlu düşünme işleminde çok zorlanan kişilere holograma farklı açılardan bakılabildiği için yardımcı olmaktadır. Fakat bu yardım öğrencinin soruların cevabını

yalnızca hologramları manipüle ederek görmesi için yeterli değildir. Sorular cevaplanabilmeleri için kişinin uzamsal yeteneklerini kullanmasını gerekli kılacak şekilde tasarlanmıştır. Eğitim modülünün ve ana oyunun tamamı bu soru tipleri geliştirilerek, çeşitlendirilerek ve seviye seviye zorlaştırılarak hazırlanmıştır.

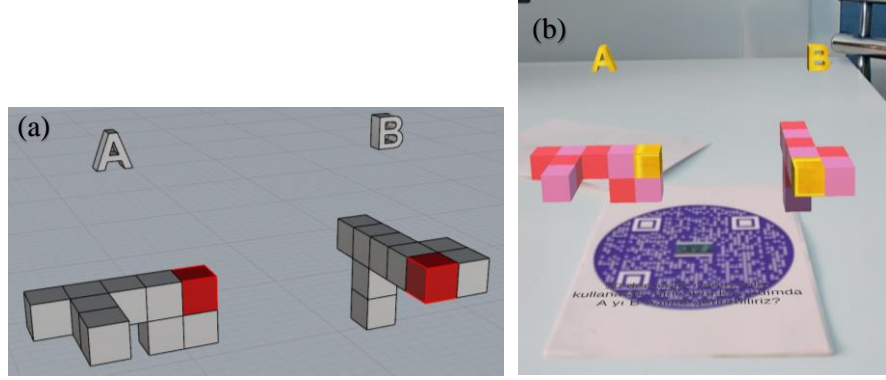
Soru tipi 1: Küplerden meydana gelen 2 farklı üç boyutlu objenin, pivot küpler iç içe geçecek şekilde birleşmesi ile ortaya çıkan yeni objenin farklı bir açıdan nasıl görüldüğünün hayal edilmesi amaçlanmıştır. Bu soru tipinde cevaplar da üç boyutludur ve pivot küpler farklı renge boyanmıştır. Zihinsel görselleştirme ve zihinsel rotasyon yeteneklerini tetiklemektedir. Seviyeler zorlaştıkça modeller daha karmaşık hale gelmektedirler.



Şekil 3.2 : Soru tipi 1; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

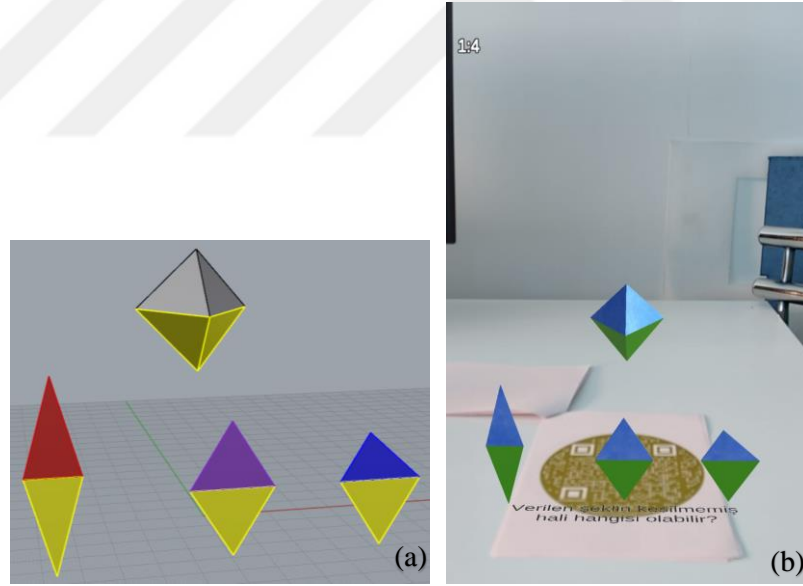
Soru tipi 2: Küplerden oluşan üç boyutlu bir obje ve bu objeye belirli sayı ve yönde rotasyon uygulanmış hali yan yana verilmektedir. Öğrencinin ise objenin A halinden B haline gelmesi için uygulanabilecek minimum rotasyon sayısını ve yönünü belirtmesi gerekmektedir. Seviyeler zorlaştıkça obje daha karmaşık hale gelmekte ve

dik açılı sorulardan daha zor kabul edilen 45 derece açılı objeler kullanılmaktadır. Zihinsel rotasyon yeteneğinin tetiklenmesi amaçlanmıştır.



Şekil 3.3 : Soru tipi 2; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

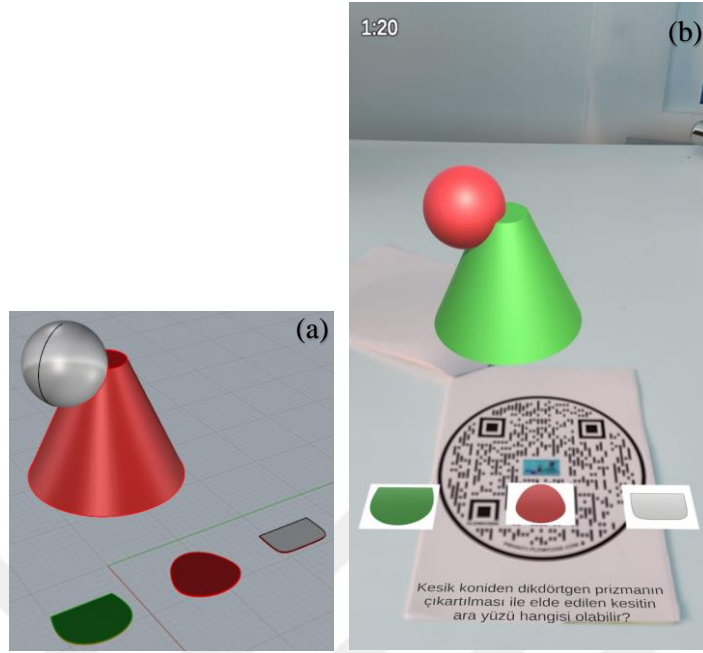
Soru tipi 3: Zihinde kesit alabilme işlemini geliştirmesi için hazırlanmış bir soru tipidir. Herhangi bir açıda konumlanmış herhangi bir düzlemin üç boyutlu bir objeyi kesmesi ile oluşan bir parça verilmiştir. Bu parçanın seçeneklerdeki hangi objenin kesilmiş hali olabileceğini belirtmesi gerekmektedir.



Şekil 3.4 : Soru tipi 3; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

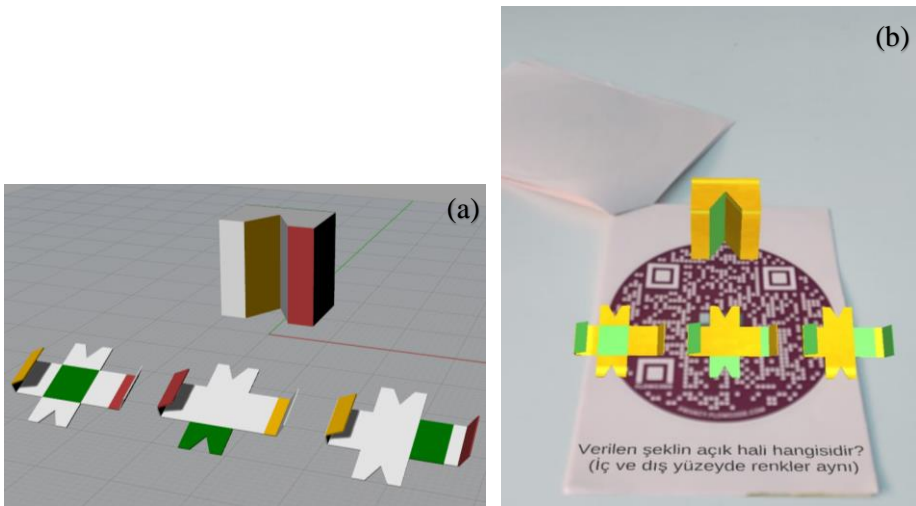
Soru tipi 4: Kesit arayüzü hayal edebilme yetisini desteklemesi amaçlanan bu alıştırmada iç içe geçmiş iki adet üç boyutlu obje verilmiştir. Bu objelerin kesişimlerinin yarattığı arayüzün bulunması istenmiş ve seçenekler iki boyutlu hologramlar olarak sunulmuştur. Bu işlem 3D CAD programlarında “boolean

difference” (boolean farkı) olarak tanımladığımız işlemin uzamsal olarak yapılmasına tekabül edebilir.



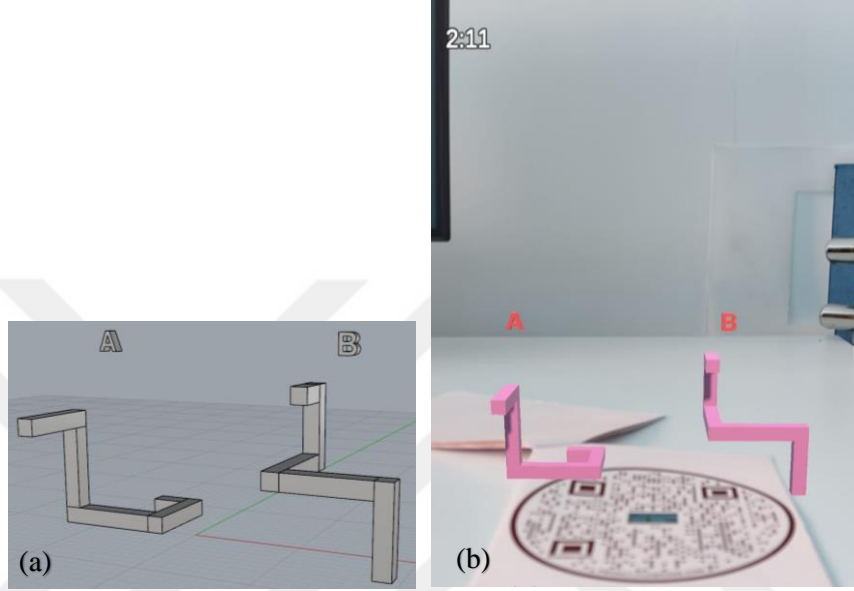
Şekil 3.5 : Soru tipi 4; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

Soru tipi 5: Zihinsel rotasyon yeteneği ile pozitif korelasyona sahip olduğu belirtilen bir zihinsel aktivite de “paper folding” (kağıt katlama) metodudur. Bu soruda kağıt katlama yönteminden istifade edilerek verilen 3 boyutlu objenin açık hali istenmektedir. Kolay seviyelerde basit formlar ve rehber renkler bulunurken, seviye ilerledikçe formlar karmaşık hale gelmekte ve renk kullanımı azalmaktadır.



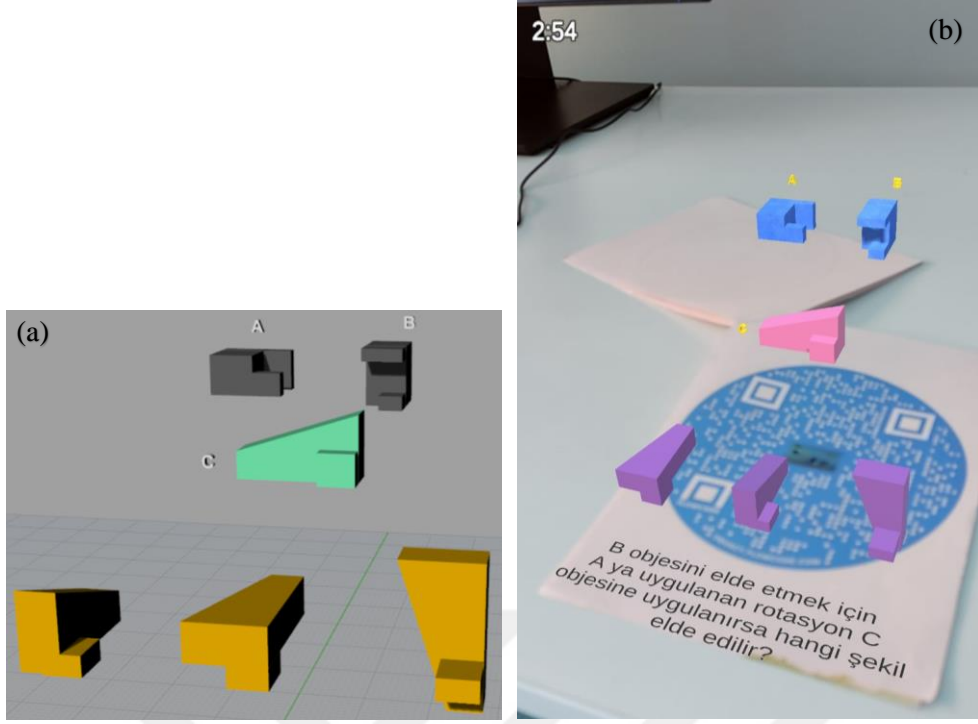
Şekil 3.6 : Soru tipi 5; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

Soru tipi 6: Zihinsel rotasyonu hedef alan aktivitelerden biri olan bu tipte A objesi ve B objesi olmak üzere iki adet 3 boyutlu obje verilmektedir. Bu soru bir evet/hayır sorusudur ve cevap olarak istenen bilgi ise bu iki şeklin birbiri ile bire bir aynı olup olmadığıdır. Şekiller birbirine benzerlik göstermektedir ve B objesi A'nın rotasyona uğramış hali olabilmektedir. Bu soru tipinde birinin aynalanmış hali olarak verilen objeler zor soru tipi olarak sorulmaktadır.



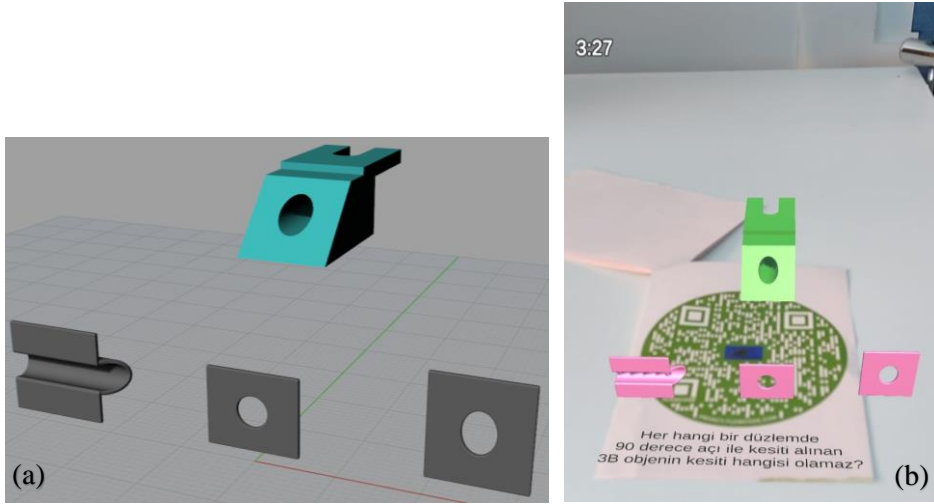
Şekil 3.7 : Soru tipi 6; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

Soru tipi 7: Bu soru tipi hem zihisel rotasyon yetisini hem de kısa süreli hafızayı geliştirme amacını gütmektedir. Soruda A, B ve C olmak üzere 3 adet üç boyutlu obje verilmektedir. A objesine çeşitli sayıda ve yönde rotasyon uygulanmış ve B objesi elde edilmiş ise aynı işlemler C objesine uygulanırsa C'nin yeni görünüşünün nasıl olacağını hayal edilmesi gerekmektedir.



Şekil 3.8 : Soru tipi 7; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

Soru tipi 8: Kesit arayüzünün hayal edilmesi gereken bu soru tipinde bu kez üç boyutlu bir obje ve bu objenin uzayda herhangi bir düzlem ile kesildiği bilgisi verilmektedir. Seçeneklerde verilen arayüzlerden hangisinin bu arayüzlerden biri olamayacağını belirtmesi istenmektedir.



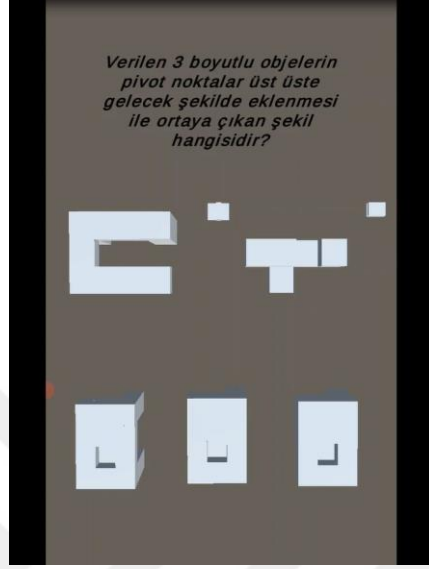
Şekil 3.9 : Soru tipi 8; Rhino3D programında hazırlanan model (a), MAR versiyonu (b)

3.1.1.3 DEMO Oyunun Geliştirilmesi

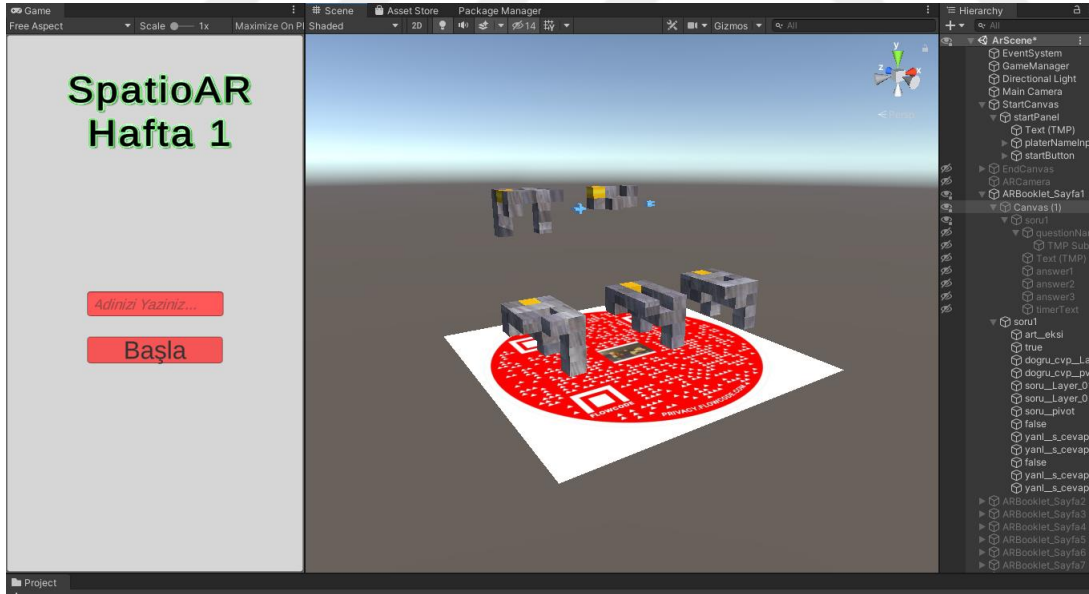
Geliştirilen soru tipleri ile eğitim modülü ve oyun modülü için soru örnekleri ve cevapları hazırlanarak öncelikle demo versiyonlar oluşturuldu. Bir Demo oyun geliştirilmesinin nedeni, tasarlanan oyunu deneyimleyerek hedeflenen çıktıya hizmet edip etmediğine dair fikir edinmek, oyun akışını ve kullanılabilirliğini deneyimlemek, etkileşim yöntemlerini algılamak ve deneme yanılma ile doğru yazılım ve donanım araçlarını tespit etmektir. İlk aşamada oyunun yazılım ayağını çözmek ve arayüzü test etmek için AR özelliği olmayan bir oyun hazırlandı (Şekil 3.10) ve daha sonra AR haline getirildi. İlk çalışmadan sonra oyun hem çalışmanın araştırmacısı hem de mimarlık bölümünden iki akademisyen ve bir mühendisten oluşan bilirkişi grubu tarafından denenip, kullanıcı arayüzü ve bazı soruların seçenekleri üzerinde önemli değişiklikler yapıldı. Öncelikle AR uygulamalarda üç farklı arayüz bulunduğu açıklanmalıdır. İlki iki boyutlu ekran üzerine oturtulmuş GUI (grafik kullanıcı arayüzü) kullanıcı arayüzüdür, ikincisi 3B hologramlardan oluşan arayüzdür. Üçüncüsü ise hologramlardan oluşan fakat GUI mantığında iki boyutlu grafikler şeklinde kullanılan WorldSpace Canvas'tır. GUI üzerine bir etkileşim elemanı yerleştirilirse, o eleman sabit bir şekilde ekranın aynı yerinde bir resim olarak kalmaktadır.

Ana oyun tasarlanırken demoya göre yapılan değişikliklerden bir tanesi, demoda GUI üzerine yerleştirilen tuş, yazı ve benzeri dikkat dağıtabilecek veya görüş alanını kısıtlayabilecek öğelerin hologram haline getirilmesidir. Örneğin, soruların yazıları Unity'de WorldSpace Canvas özelliği kullanılarak iki boyutlu hologramlar haline getirildi. Ayrıca, cevap olarak kesit arayüzü istenilen soruların cevapları da aynı şekilde ekrandan kaldırılıp iki boyutlu hologram olarak WorldSpace Canvas'a yerleştirildi. Bir diğer değişiklik ise rotasyon yapma imkanı veren tüm butonlar kaldırılarak, öğrencinin marker veya telefonları çevirip gördüklerini kısa süreli hafızasında tutması hedeflendi. Oyunun oynanma süresini arka planda saymak yerine ekrana küçük bir sayaç konularak öğrenciye süre farkınladığı getirildi. Her soru için hazırlanan görsel markerlar, hologramların yeterince sabit durmaması üzerine QR kodlar kullanılarak yeniden düzenlendi (Şekil 3.11). 3B modellere ise görsellerin daha rahat okunabilmesi ve küplerin birbirinden daha rahat ayırt edilebilmesi için farklı materyaller oluşturuldu. Eğitim modelindeki sorulardan bazıları ise öğrencilerin soruyu cevaplamaları için perspektif çizmelerini gerektirmekteydi fakat bilirkişilerden alınan geri-dönüş,

perspektif çiziminin birinci sınıflar için zor olacağı doğrultusunda. Perspektif olarak hayalindeki görseli kağıda aktarmak öğrenilmiş bir bilgi birikimi gerektirdiği için istenilen çizim her “hangi bir görünüş ifadesi” olarak değiştirildi. Oyun üzerindeki son değişiklikler yapıldıktan sonra eğitim modülü ve oyun modülleri son hallerine getirildi.



Şekil 3.10 : Demo oyun ilk versiyon



Şekil 3.11 : Unity programında DEMO oyunun AR haline getirilmesi

3.1.1.4 Oyunun Bölümleri

SpatioAR oyunu bir eğitim modülü ve üç puzzle seviyesinden oluşan ana oyun modülünden meydana gelmektedir. Bu birimler geliştirilirken öncelikle her hangi bir ölçümün yapılmadığı ve sürenin tutulmadığı bir eğitim modülü yardımı ile öğrencilere, basit sorular yardımı ile uzamsal yeteneklerin konseptini öğretmek ve uygulama yöntemine ve AR kullanımına alışmaları hedeflenmektedir. Daha sonra oyun bölümü başlamaktadır. Bu bölüm belirli bir zorluk seviyesine göre giderek zorlaşan sorular ile hazırlanmıştır. Zorluk seviyeleri sorulardaki geometrilerin giderek karmaşıklaşması ve dik açı yerine 45 derece açılar kullanılması ile sağlandı. Zihinsel döndürme yeteneği üzerine yapılan çalışmalar 90 dereceden farklı açılardaki objelerin döndürülmesinin daha zor olduğunu vurgulamaktadır (Cohen ve Hegarty, 2012). İki bölümde de sorular belirli bir soru tipine göre hazırlandı ve aynı soru tipi çeşitlendirilerek ve geliştirilerek farklı sorular oluşturuldu. Eğitim bölümü ve oyun bölümlerinin uygulama biçimleri birbirlerinden farklılık göstermektedir. Bu uygulamaların detayları ise aşağıda açıklanmaktadır.

Eğitim Modülü

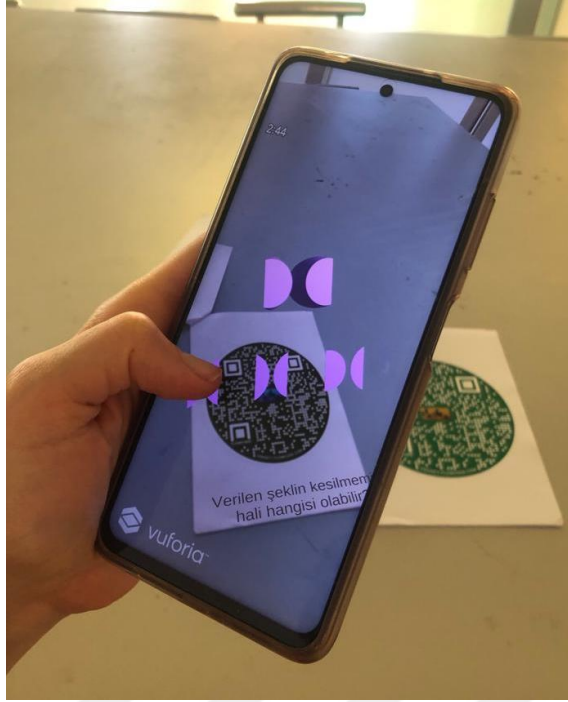
Eğitim modülü öğrencilere deneme yanılma fırsatı vermek adına, zihinsel döndürme ve zihinsel kesit almanın ne olduğuna dair fikir sahibi olmaları için hazırlanan bir modüldür. Süre ve doğru yanıt baskısı altında kalmadan, daha önce aşına olmadıkları bu kavramları öğrenmeleri amaçlanmaktadır. Bu modül için her öğrenciye artırılmış gerçeklikte hologram olarak hazırlanan soruları görebilecekleri, içerisinde her sayfada bir soruya karşılık gelen markerların olduğu birer kitapçık verildi. Eğitim modülünün oyundan en büyük farkı öğrencilerin cevapları markerların olduğu kağıda çizmeleri gerekmesidir. Burada çizim yapmanın amacı, öğrencilerin çoktan seçmeli sorularda rastgele seçim yapabilmeleri ihtimalini ortadan kaldırarak konuyu daha iyi kavradıklarından emin olmaktır. Sorularda olabildiğince basit 3D modeller kullanıldı ve bu modeller üzerine çeşitli rotasyon veya kesit işlemleri yaparak cevapları çizmeleri istendi. Eğitim modülünün soruları Ek A'da verilmektedir.



Şekil 3.12 : Eğitim modülü çalışması

Oyun Modülü

Oyun modülü üç farklı seviyeden meydana gelmektedir. Hazırlanan sekiz ana soru tipi referans alınarak ilk seviyede kolay ve son seviyede zor olmak üzere toplamda 24 soru çoktan seçmeli olarak hazırlandı. Burada eğitim modülünden farklı olarak hazırlanan kitapçıklar yalnızca AR marker içermekte, çizim alanı içermemektedir. Öğrenciler cevaplama işlemini telefonda yapmaktadırlar. Oyun ekranı açıldıktan sonra kullanıcı adının girildiği bir başlangıç ekranı açılmakta, daha sonra oyun ile birlikte sayaç başlamakta ve oyun bittikten sonra kullanılan süre veri olarak toplanmaktadır. Bu şekilde öğrencilerin reaksiyon süreleri de ölçülebilmektedir. Oyun sonunda tüm veriler bir ağ sağlayıcısı üzerinden depolanmaktadır. Sorular her birinde üç adet şık bulunan çoktan seçmeli şekilde düzenlendi ve her soru bir puandır.



Şekil 3.13 : Oyun modülü uygulaması

3.1.1.5 Donanım ve Yazılım

Mobil bir AR oyun geliştirmek için kullanılacak pek çok platform mevcuttur. Bu çalışmada gözetilen en önemli etkenlerden biri her öğrencinin kolayca uygulamaya erişebileceği bir sistem kurmaktır. Bu sebeple uygulama çoğu cihazda çalışmalı ve çok fazla yer kaplamamalıdır. Vuforia açık kaynak ve ücretsiz bir uygulama geliştirme platformudur ve burada yapılan uygulamalar jiroskop ve kamerası olan çoğu telefonda çalışabilir. Vuforia programında oluşturulan marker kütüphanesi, Unity 3D oyun motoru içerisine aktarılarak oyun için sahneler hazırlanabilmektedir. Bu aşamada her soru için Rhinoceros 3D modelleme aracında hazırlanan üç boyutlu model ve sorunun cevapları Unity 3D'ye aktarılarak puzzle oyununun seviyeleri düzenlendi. Geriye kalan tüm etkileşim, süre sayacı, kullanıcı adının girildiği açılış ekranı burada hazırlandı. Datanın mobil oyundan toplanabilmesi için bir ağ sağlayıcısına sunucu tarafından bilgiler aktarıldı. Oyun soruları Ek B'de verilmiştir.

3.2 Uygulama Yöntemi

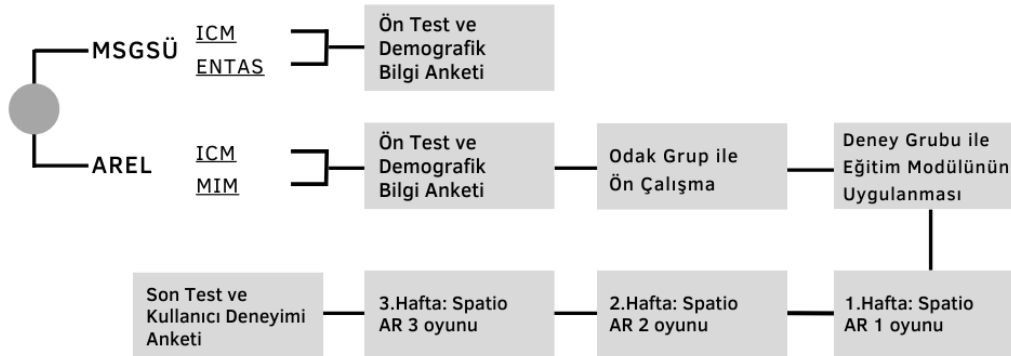
Uygulamanın ilk aşamasında 2021 yılı için aşağıdaki tabloda YKS puanları verilmiş (Şekil 3.14) MSGSÜ ve Arel Üniversiteleri'nde demografik bir anket yapılarak öğrencilerin bölümleri, yaşları, hobileri ile ilgili bilgi toplandı. İlk olarak MSGSÜ'de

11 Kasım 2021 tarihinde, öğrencilerle Yapı Bilgisi-1 dersleri esnasında buluşulup, onlara uzamsal yetenekler, AR teknolojisi ve yapılacak çalışma hakkında bilgi verilerek süreç anlatıldı. Çalışmaya katılmak isteyen gönüllülerden iletişim bilgileri toplandı ve bir sonraki hafta için randevulaşıldı.

Üniversite	Bölüm	Taban Puan	Tavan Puan
Arel	MIM	303	328
Arel	ICM	261	232
MSGSÜ	ICM	345	379
MSGSÜ	ENTAS	345	387

Şekil 3.14 : YKS yerleştirme puanları (Url-8).

18 Kasım 2021 tarihinde, endüstri ürünleri tasarımı bölümünden dokuz, iç mimarlıktan dokuz olmak üzere toplam 18 öğrenciye MRT ve Schitte ölçüm testleri yüzyüze olarak uygulandı. Bu sürece paralel olarak 14 Kasım'da Arel Üniversitesi'nde Mimarlığa Giriş dersindeki öğrencilere aynı şekilde konu anlatıldı, genel bilgiler verildi ve gönüllülerin isim ve iletişim bilgileri toplandı. 21 Kasım tarihinde ise mimarlık bölümünden 22 öğrenciye MRT ve Schitte ön testleri sınıf ortamında, dersin hocası ve araştırmacı gözleminde uygulandı. Ön test puanları iki alanda da kıyasla daha düşük olan Arel Üniversitesi öğrencileri ile çalışmaya devam edildi.



Şekil 3.15 : Çalışma deseni.

Ana uygulamaya geçilmeden önce Arel Üniversitesi 1. sınıf tasarım öğrencileri evreninden altı kişilik bir odak grubu oluşturularak SpatioAR uygulamasının test etmek adına bir günlük bir çalışma yapıldı. Üç kişi deney ve üç kişi kontrol grubu olmak üzere ikiye ayrılan gruba sırası ile demografik test yapıldı, çalışma hakkında ön

bilgi verilip konu anlatıldı ve MRT ve Schmitte ön testleri uygulandı. Bu adımların hemen sonrasında deney grubu ile SpatioAR uygulamasının eğitim modülü oynandı. Eğitim modülü, öğrencilere oyunun işleyişini ve çeşitli kavramları anlamaları adına hazırlanan bir demo görevi gördü. Daha sonra birinci seviye SpatioAR oyunu için uygulamanın .apk dosyası telefonlarına yüklendi ve her birine birinci seviyeye ait marker kitapçığı verilerek eş zamanlı olarak oyuna başlandı.

Araştırmacı gözleminde ilk oyun tamamlandıktan sonra 10 dk'lık bir ara verilerek ikinci seviyeye ait marker kitapçıkları ve apk. dosyaları öğrencilere verildi ve yine aynı anda oyuna başlandı. Aynı süreç üçüncü seviye oyun için de tekrarlandıktan sonra son-testler deney ve kontrol gruplarına birlikte uygulanarak bir günlük çalışma tamamlandı. Odak grup çalışması tamamlandıktan sonra sonuçlar değerlendirildi ve ana çalışma grupları ile sürece başlandı. 22 kişilik ana grup deney ve kontrol olarak ikiye ayrıldı ve 30 Kasım tarihinde on kişiden oluşan deney grubu ile okulun maket atölyesinde buluşularak eğitim modülü oyunu oynandı (Şekil 3.16). Bu aşamadan sonra her hafta aynı gün, Mimarlığa Giriş dersinden sonra öğrenciler ile burada buluşuldu, her hafta bir oyun olmak üzere üç haftalık bir çalışma yapıldı. 4. hafta deney ve kontrol grubu öğrencileri bir araya getirilerek son-testler uygulandı ve tüm sonuçlar MS Excel programına kaydedildi. Son olarak, deney grubu öğrencilere kullanım sonrası bir değerlendirme anketi uygulandı.



Şekil 3.16 : SpatioAR oyunu uygulaması

3.3 Veri Toplama Yöntemleri

Çalışmada dört farklı veri toplama aracı kullanıldı. Bu araçlardan iki tanesi hazır ölçüm testleri, iki tanesi ise çalışma öncesinde ve sonrasında uygulanan anketlerdir.

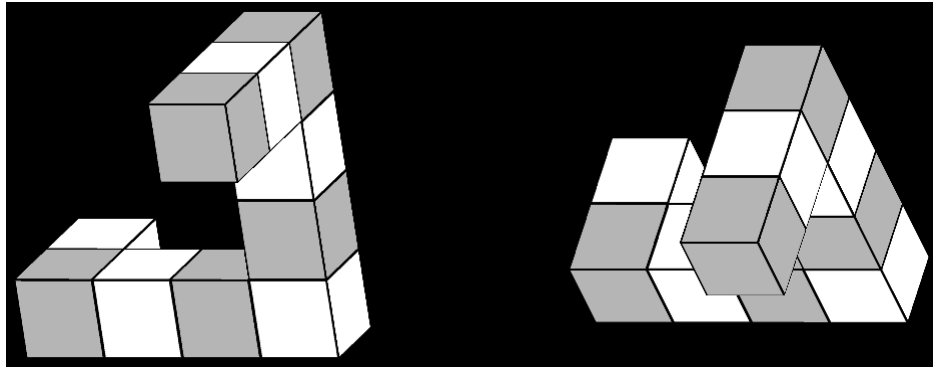
3.3.1 Zihinsel Rotasyon Testi

Shepard ve Metzler tarafından oluşturulan 3B küp figürlerin farklı zihinsel rotasyon testleri geliştirmek için kullanıldı. Vandenberg ve Kuse'nin testi (Vandenberg ve Kuse, 1978) buna örnektir. Bu çalışmada ise yine bu küpler kullanılarak Peters ve

Battista tarafından oluşturulan “Zihinsel Rotasyon Uyararı Kitaplığı” (Mental Rotation Stimulus Library) ölçüm aracı olarak kullanıldı (Peters ve Battista, 2008).

Bu kitaplık içerisinde Shepard ve Metzler küplerinden oluşan 16 adet figürün 0-360 derece arasında 5'er derecelik farklarla rotasyona uğraması ve her figürün ayna görüntüsünün alınması ile oluşturulan, toplamda 2336 ikili paradigma bulunmaktadır. Michael Peters tarafından 5 Ekim 2021 tarihinde mail yolu ile tarafıma iletilen kütüphane içerisindeki bütün paradigmlar “eş”, “eş değil” şeklinde adlandırılmıştır.

Verilen kütüphane tüm paradigmlar için siyah arkaplana beyaz küpler ve beyaz arka plana siyah küpler şeklinde araştırmacının kullanım yöntemine göre seçmesi için iki opsiyon sunmaktadır. Bilgisayar ekranındaki kullanımlar esas alındığında, siyah arkaplanda beyaz küplerin kullanıldığı yöntemin kıyasla daha anlaşılır bulunması nedeni ile bu çalışmada da ekranda uygulanan bu test için siyah arka plana sahip olan görseller tercih edildi. Uygulama için her küpten birer adet farklı rotasyon veya ayna görünüş seçilerek 16 soruluk bir değerlendirme testi oluşturuldu. Her öğrenci teste aynı anda başlatıldı ve testi bitirme süreleri saat tutularak kaydedildi. Testte kullanılan sorular Ek D'de verilmektedir.



Şekil 3.17 : Zihinsel Rotasyon Uyararı Kitaplığı soru örneği (Peters ve Battista, 2008)

3.3.2 Zihinsel Kesit Alma Testi

Zihinsel kesit alma yeteneğini ölçen testlerden biri olan “Schnitte”, Fay ve Quaiser-Pohl tarafından geliştirilen ileri derece bir uzamsal yetenek ölçme testidir (Quaiser-Pohl, 2003). Teste tabi tutulan kişilerin 3 boyutlu geometrik objelere zihinsel olarak kesit alma işlemi uygulamaları gerekmektedir. Bu objeler bir düzlem veya başka bir 3

boyutlu obje ile kesilmekte ve bunun sonucunda ortaya çıkan 2 boyutlu kesit arayüzünün belirlenmesi istenmektedir.

Schnitte testi kolej veya üniversite giriş sınavlarında veya mesleki yetenek testi olarak kullanılabilir niteliktedir. Örneğin pilotluk, mimarlık, tasarım, mühendislik vb. mesleklere aday olanların test edilmesine uygundur. Testin uygulanması ile ilgili gerekli tüm belgeler (kullanım kılavuzu, kaynak makale, test soruları ve cevaplar, örnek sorular) 19 Ocak 2021 tarihinde mail yolu ile Koblenz-Landau Üniversitesi Psikoloji Enstitüsü tarafından tarafıma mail olarak iletildi. Uygulama sırasında öncelikle testin uygulama kuralları gereğince yaklaşık 15 dk süren bir sunum yapılarak ve örnek problemler çözülerek öğrencilerin kavramları algılamaları sağlandı. Test soruları çoktan seçmelidir, her soru için 5 seçenek ve yalnızca 1 doğru cevap bulunmaktadır. Her öğrenciye testin bir kopyası verilerek test aynı anda başlatılıp ve 30 dk sonunda kağıtlar toplandı. Testte kullanılan tüm sorular Ek E’de verilmektedir.

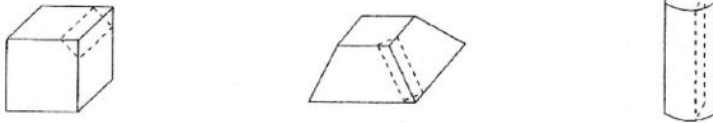
Birinci Örnek Soru

Bir geometrik figür bir düzlem tarafından kesilecektir. Aşağıdaki figürlerden hangisi bir düzlem tarafından kesilirse ortaya çıkan kesit arayüz bir dikdörtgen olabilir?

- I. Küp
- II. Üzeri kesik, kare tabanlı bir piramit
- III. Silindir

- A. I, II ve III
- B. I ve II
- C. II
- D. I
- E. Hiçbiri

Cevap : A.



Sadece Kesit arayüzü önemlidir, alanlar değil. Figürleri kesen düzlem kesit çizgileriyle gösterilmiştir. Bu figürler pek çok farklı düzlem ile kesilebilir fakat soru bize dikdörtgeni elde etmenin mümkün olup olmadığını sormaktadır.

Şekil 3.18 : Schnitte testi örnek sorusu

3.3.3 Anket ve Söylem Analizi

Çalışmalara başlamadan önce tüm öğrencilere, doğru sınıflandırmanın yapılması ve grupların oluşturulabilmesi adına, ayrıca öğrencilerin ders dışı aktivitelerini öğrenmek için demografik bir anket uygulandı. Çalışmada kullanılan demografik anket Ek F’de

gösterilmektedir. Spai AR uygulaması ve son test ölçümleri tamamlandıktan sonra deney grubuna toplamda 27 sorudan oluşan bir kullanıcı deneyimi anketi yapıldı. Açık uçlu sorulardan ve beş puanlık Likert ölçeği sorularından oluşan ankette geri dönüş alınması amaçlanan başlıklar; teknolojik yeterlilik, içerik etkinliği, kullanım kolaylığı, kullanıcı tatmini, şeklinde sınıflara ayrılmaktadır.

Ankette hem açık uçlu hem de kapalı soruların birarada verilmesinin birkaç farklı sebebi vardır. Öncelikle ankete katılım sayısının yaklaşık on kişi olması hesaplandığı için kullanıcılardan araştırmacının ön göremeyeceği ve onlardan daha fazla bilgi alabileceği açık uçlu sorular kullanıldı. Aynı zamanda kategorilere ayrılabilmesi önemli olan ve cevapların araştırmacı tarafından tahmin edilip sınıflandırılabilirdiği durumlar için kapalı sorular kullanıldı. Bu yöntem ile toplanan datanın çeşitliliğinin artırılması hedeflendi. Açık uçlu sorular söylem yöntemi ile analiz edildi “Söylem, farklı yaklaşımlara dayanarak farklı açıklamalar getirilmesi mümkün olan bir kavramdır.” (Çelik ve Ekşi, 2008). Bu analiz türü okuma, yorumlama ve yapılandırma aşamalarını kapsamaktadır. Baş ve Akturan yorumlama aşamasını sözcüklerin anlamlandırılması, cümlelerin birbiri ile olan ilişkileri ve söz dizinlerinin gruplandırılması olarak açıklarken; yapılandırma aşamasını ise analiz edilen sözcüklerin cümleler içerisindeki öneriler ile yeniden düzenlenmesi yani anlamın yeniden yapılandırılması olarak açıklamaktadır (Baş ve Akturan, 2008). “Bu noktada bir iletide yorumlama sonucu ortaya çıkan öneriler iletinin en başındaki bir cümle ya da bir sözcük ile ilişkilendirilerek söylemdeki anlam yeniden oluşturulur”(Çelik ve Ekşi, 2008). Baş ve Akturan’a göre makro çıkarımlar yapılmak istenir ise söylemde yer alan sözcük veya cümlelerin evrensel olarak nasıl önermeler içerdiğinin ortaya çıkartılması gerekir. Potter ve Wetherell söylemin nasıl analiz edileceğine dair oluşturdukları metot içerisinde bazı önemli noktalara dikkat çekmektedirler. İlk olarak, katılımcı cevaplarındaki tutarlılık çeşitli bireysel önyargıları ve konu dışı cevapları elinimine etmeye yardımcı olur.

İkinci nokta ise, araştırmacının soruları yorumlanabilir şekilde modifiye etmesidir, bunu yapmanın bir yolu bir konu hakkında farklı sorular sorabilmektir. Belirttikleri metotların bir aşaması olan kodlama ile ilgili, amacın bir sonuç bulmak olmadığını belirtmişlerdir, amaç kullanışsız bir söylem bütününe yönetilebilir parçalara sıkıştırmaktır (Potter ve Wetherell, 1987). Kodlama aşamasından sonra özetlenmiş ve süzülmuş söylemi analiz ederken ise amaç sistematik bir desen bulmaktır. Yine Potter

ve Wetherell'e göre bu süreçte elde edilen verinin geçerliğini belirleyen faktörler tutarlılık, katılımcıların genel yönelimi, yeni problemler ortaya koyabilme ve alınan verimdir. Sonuç olarak söylem analizindeki bulgular veri olarak değil yorum olarak değerlendirilmelidir, ama bu yorumlamayı yaparken çözümlemenin nasıl yapıldığı açıkça ifade edilmelidir (Baş ve Akturan, 2008). Kapalı uçlu sorular ise görsel grafikler şeklinde rapor edilerek daha sonra elde edilen veriyi özetleyen bu infografikler olarak raporlandı. Anket yorumlanırken tüm sorular bir bütün olarak dikkate alınıp ortak bir dil üzerinden sonuca varma amaçlandı. Çalışmada kullanılan anket EK-6'da verildi.

4. BULGULAR VE VERİ ANALİZİ

Bu bölümde öncelikle iki üniversitenin öğrencileri arasında yapılan ölçümlerin sonuçları analiz edildi. Daha sonra deney ve kontrol grupları üzerinde Spatio AR programı uygulanarak yapılan Zihisel Döndürme ve Zihinsel Kesit Alma testlerinin sonuçları değerlendirildi.

4.1 Üniversitelerin Öğrencileri Arasında Yapılan Karşılaştırma Analizi

Arel Üniversitesi ve MSGÜ 1. sınıf tasarım öğrencileri arasında yapılan zihinsel döndürme ve zihinsel kesit alma test sonuçları SPSS programı ile analiz edilerek Arel üniversitesi öğrencilerinin MRT ve Schmitte testleri MSGSÜ üniversitesindeki öğrencilerle kıyaslandı. Bunun nedeni ise öğrenciler arasında oluşabilecek farklılıkları ortaya koymaktı. Ayrıca Uttal'a göre uzamsal yetilerin eğitilmesinde etkinliği sağlamak için ve sonuçları daha iyi tartabilmek için zaten puanları yüksek olan öğrencilerle değil, düşük olan öğrencilerle çalışılması gerekmektedir (Uttal vd., 2013).

Üniversitelerden toplanan dataların istatistiki yöntemlerle analiz edilebilmesi için veri setinin normal dağılıp dağılmadığı belirlenmesi gerekmektedir. Dağılımın normalliğini belirlemek için betimsel yöntemler, grafiksel yöntemler ve hipotez testleri kullanılmaktadır. Betimsel yöntemler, aritmetik ortalama, medyan, mod, standart sapma, basıklık ve çarpıklık değerleri yardımı ile sonuç vermektedir. Aritmetik ortalama, Medyan ve Mod değerlerinin birbirine eşit yada yakın değer alması, basıklık ve çarpıklık değerlerinin -1,5 ile +1,5 değerleri arasında kalması, bağlı

değişim değerinin +20 ile +25 arasında olması normal dağılım göstergeleridir (Howitt ve Cramer, 2011; McKillup, 2012; Tabachnick ve Fidell, 2013; Wilcox, 2013).

Çizelge 4.1 : MRT ve Schnitte Skorları İçin Normallik Testi

	MRT	Schnitte
Ortalama	11,91	5,60
Medyan	13,00	5,0
Varyans	7,55	9,42
Std. Sapma	2,75	3,07
Çarpıklık	-0,365	0,408
Basıklık	-1,050	-0,396

Bu araştırmada iki üniversite öğrencileri arasında yapılan zihinsel döndürme ve kesit alma test skorları için normal dağılım analizinde basıklık-çarpıklık katsayıları kullanılmıştır (Çizelge 4.1). MRT ve Schnitte testlerinde her soru 1 puan değerindedir ve bir öğrenci MRT için toplamda 16, Schnitte için 17 puan alabilmektedir.

Yapılan hesaplamalar ile elde edilen basıklık ve çarpıklık katsayılarının -1,5 ile +1,5 arasında olması MRT ve Schnitte skorları için hesaplanan verilerin normal dağılıma uygun olduğunu, bu sebeple veri seti ile yapılacak analizlerde parametrik yöntemlerin kullanılabilceğini göstermektedir.

MRT ve Schnitte sonuçlarının iki üniversiteye göre farklılık gösterip göstermediği t-testi (Independent Sample T-Test) yardımıyla test edildi (Çizelge 4.2). Bu bağlamda, MRT ($p=0,014$) ve Schnitte ($p=0,003$) p değerlerinin $p<0,05$ 'i sağlanması aradaki farkın anlamlı olduğunu ve MSGSÜ tasarım öğrencilerinin skorlarının Arel Üniversitesi tasarım öğrencilerine göre daha yüksek olduğunu gösterdi.

Bu aşamada uzamsal yetilerin geliştirilmesi için Spatio AR uygulaması Arel Üniversitesi'nde uygulandı.

Çizelge 4.2 : İki üniversite öğrencileri arasında yapılan t-testi ölçümü

Düzeyleyler	Üniversite	N	Ort.	t Değeri	p Değeri
MRT	Arel Üniversitesi	18	10,8333	-2,587	,014
	MSGÜ	17	13,0588		
Schnitte	Arel Üniversitesi	21	4,3810	-3,259	,003
	MSGÜ	14	7,4286		

4.2 SpatioAR Oyununun Deney ve Kontrol Grupları Üzerinde Analizi

İkinci aşamada, Arel Üniversitesi'nde deney ve kontrol gruplarına uygulanan MRT ve Schnitte ön test ve son testlerinin basıklık ve çarpıklık değerleri üzerinden normallik analizleri yapıldı.

Yapılan hesaplamalar sonucunda MRT skor, MRT süre ve Schnitte skorlarının deney grubu verileri için basıklık ve çarpıklık katsayıları +1,5 ile -1,5 arasında kalmaktadır. Diğer bir ifade ile veriler normal dağılmaktadır ve parametrik yöntemlerin kullanılması uygundur.

Çizelge 4.3 : Arel Üniversitesi Öğrencileri ile Yapılmış MRT Skor, MRT Süre ve Schnitte Skorları İçin Normallik Testi

		MRT Ön Test Skor	MRT Ön Test Süre	MRT Son Test Skor	MRT Son Test Süre	Schnitte Ön Test	Schnitte Son Test
Deney	Çarpıklık	-,384	,961	,239	,948	,005	,266
	Basıklık	-1,218	,059	-1,671	1,084	-1,284	,124
Kontrol	Çarpıklık	,555	1,088	,247	2,218	1,563	1,398
	Basıklık	-,609	1,473	-1,510	5,578	3,759	2,952

Kontrol gruplarında yalnızca MRT ön testleri normal dağılım göstermektedir, bu bağlamda yine parametrik yöntemler ile sonuçlar analiz edildi. Kontrol grubu verilerinden MRT son test ve Schnitte verilerinin basıklık ve çarpıklık değerleri +1,5 ile -1,5 arasında bulunmadığı için, yani normal dağılmadığı için, non-parametrik yöntemler tercih edildi. MRT ve Schnitte skorlarının deney ve kontrol gruplarına göre

farklılık gösterip göstermediği deney grupları için t-testi (Paired Sample T-Test), kontrol grupları içinse 2 Related Sample Test yardımı ile ölçüldü.

Yapılan analize göre, deney grubunda MRT için test süresinde anlamlı bir azalma varken kontrol grubunda MRT test sürelerinde anlamlı bir azalma görülmemektedir. Ortaya çıkan bir diğer farklılık ise Schnitte skorlarında deney grubunda $p=0,5$ ile anlamlı bir değişiklik olmamasına rağmen, kontrol grubunda Schnitte test sonuçlarında anlamlı bir düşüş görülmektedir. Deney grubunda MRT skorları ortalaması ön testten son teste doğru yükselmektedir fakat, $p=0,195$; $p>0,05$ değeri ile anlamlı bir artış yansıtmamaktadır. Kontrol grubunda ise ortalamada bir düşüş gözlemlenmekte, $p=0,516$; $p>0,05$ değeri ile anlamlı bir farklılık bulunmamaktadır.

Çizelge 4.4 : Deney ve kontrol grupları arasında ön test ve son test analizi

	Düzeyleyler	Üniversite	N	Ort.	T/Z Değeri	P Değeri
Deney	MRT Skor	Ön Test Skor	9	11,1111	-	0,195
		Son Test Skor	9	11,7778	1,414	
	MRT Süre	Ön Test Süre	9	4,3033	4,662	0,002
		Son Test Süre	9	3,2856		
	Schnitte Skor	Ön Test Skor	9	4,4	0,707	0,500
		Son Test Skor	9	4,7		
Kontrol	MRT Skor	Ön Test Skor	10	10,6000	-,649	,516
		Son Test Skor	10	4,6950		
	MRT Süre	Ön Test Süre	10	11,0000	-1,376	0,169
		Son Test Süre	10	4,4960		
	Schnitte Skor	Ön Test Skor	10	4,2	-2,456	0,014
		Son Test Skor	10	3,2		

4.3 SpatioAR Oyunu Kullanılabilirlik Anketi Analizi

Google üzerinden uygulanan online kullanılabilirlik anketi sonuçları öncelikle bir excel tablosuna aktarılarak incelenirken, kullanılabilirlik ve etkileşim, kullanıcı tatminiyeti ve teknoloji yeterliliği ve içerik yetkiliği faktörleri altında; kendi içlerinde gruplandı ve yeniden düzenlendi. Yapılan anket farklı tip sorular içerdiği için açık uçlu ve kapalı uçlu sorular farklı şekillerde ifade edilip yorumlandı, her faktör için belirli sayıda soru hazırlandı, bazı faktörlere ait sorular kapalı uçlu tipte yoğunlaşırken bazı faktörlere ait sorular açık uçlu sorularda yoğunlaştı.

Toplanan verinin tamamı bu şekilde düzenlendikten sonra açık uçlu sorular söylem analizi yöntemi çerçevesinde analiz edildi.

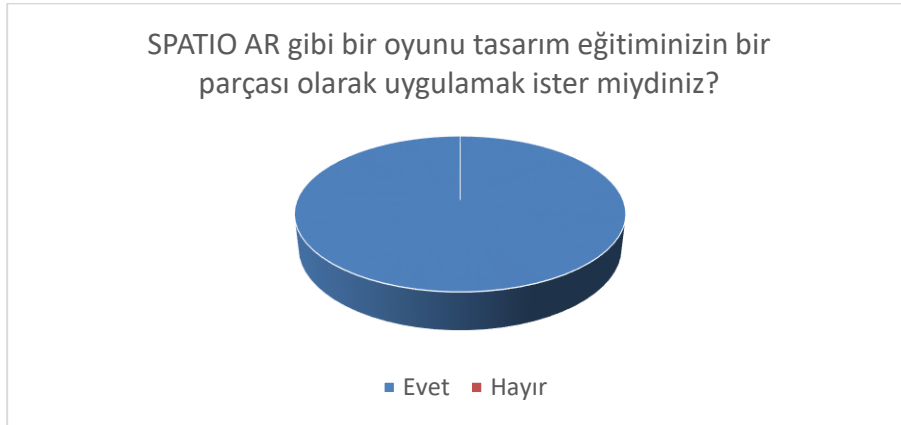
4.3.1 Kapalı Uçlu Soruların Analizi

SpatioAR oyununu ders haricinde de oynar mıydınız? sorusuna öğrencilerin %75'i SpatioAR oyununu ders haricinde de oynamayı tercih edeceğini belirtmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : SpatioAR oyununu ders haricinde oynama isteği

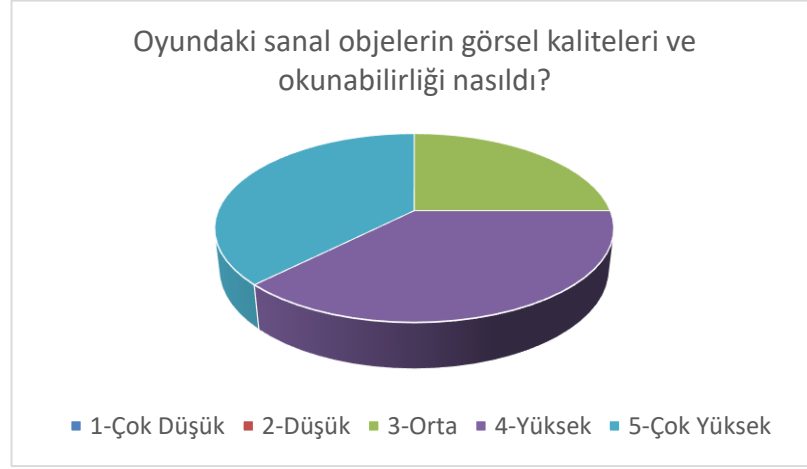
Bu oyunu tasarım eğitimlerinin bir parçası olarak uygulamak isteyip istemeyeceklerini öğrenmek için sorulan soruya öğrencilerin %100'ü evet olarak cevap verdi. (Şekil 4.2).



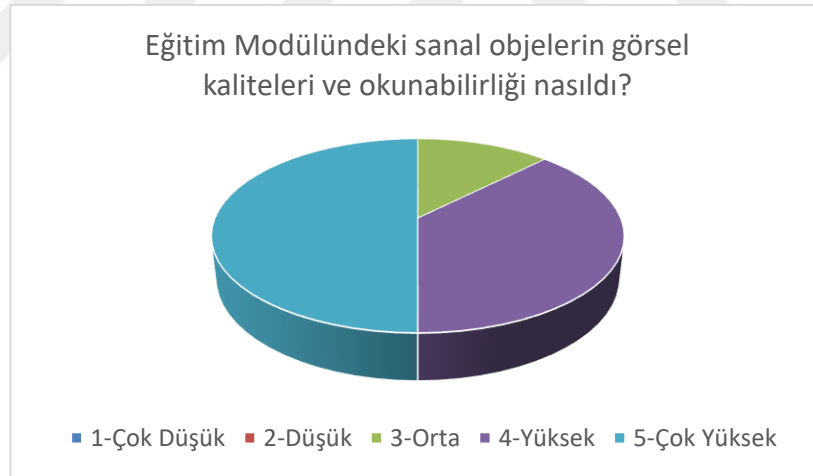
Şekil 4.2 : SpatioAR oyununun tasarım eğitiminin bir parçası olarak uygulanması

Oyundaki ve eğitim modülündeki sanal objelerin görsel kaliteleri ve okunabilirliği hakkındaki soruların değerlendirilmesi ise 1-5 arası (1 en düşük, 5 en yüksek) ölçek şeklinde verildi. Bu sorular arayüz için yapılan değerlendirmeye alınmıştır. Oyun için 3 öğrenci çok yüksek, 3 öğrenci yüksek ve 2 öğrenci orta derece olarak (Şekil 4.3),

eğitim modülü için 1 öğrencinin orta, 4 öğrencinin çok yüksek ve 3 öğrenci yüksek derece olarak yanıt verdi (Şekil 4.4).



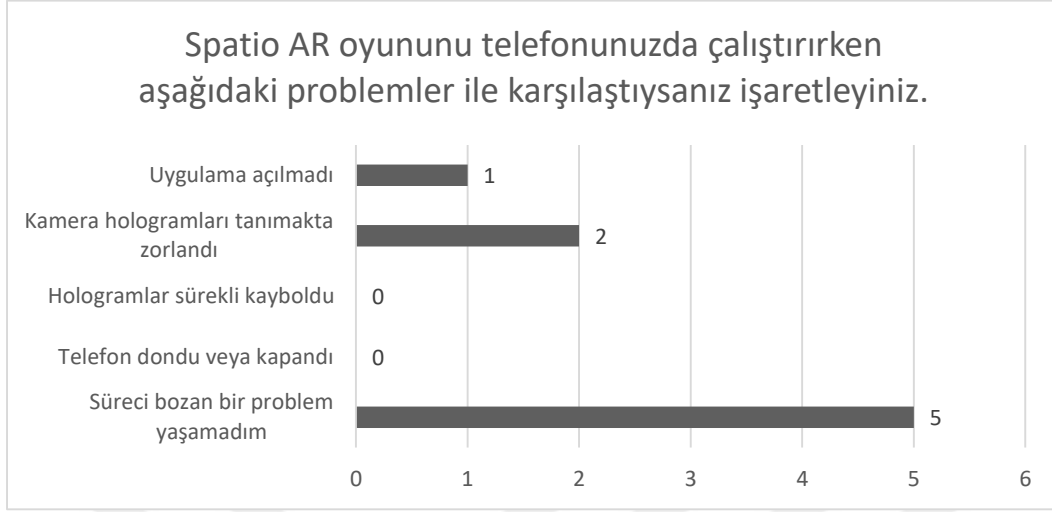
Şekil 4.3 : SpatioAR oyunundaki sanal objelerin görsel kaliteleri ve okunabilirliği.



Şekil 4.4 : SpatioAR eğitim modülündeki sanal objelerin görsel kaliteleri ve okunabilirliği

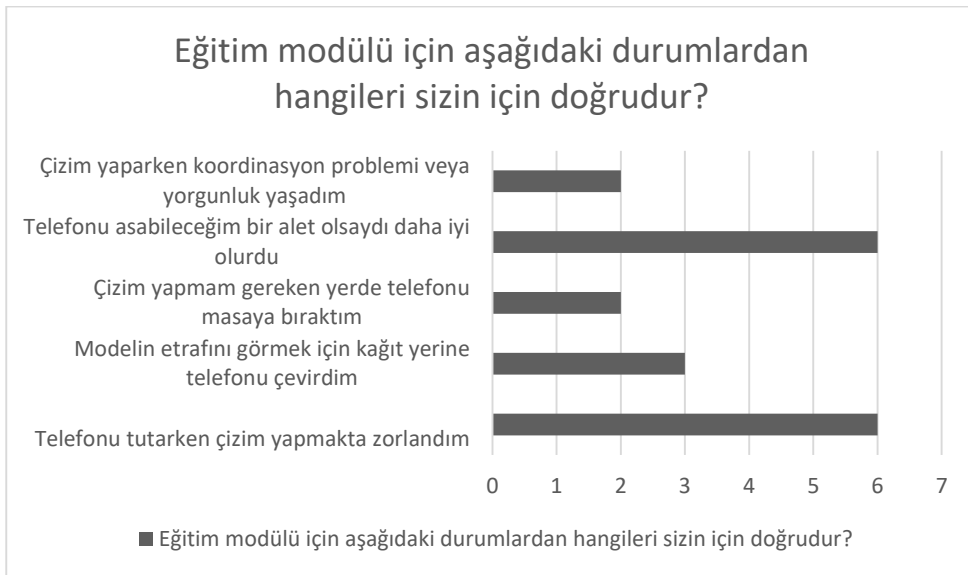
Teknik anlamda ise, farklı telefonlar kullanan öğrencilerin en sık karşılaştıkları problemleri saptamak için teknolojik yeterlilik ile ilgili sorular da ankete dahil edildi. “SpatioAR oyununu telefonunuzda çalıştırırken aşağıdaki hangi problem ile karşılaştıysanız işaretleyiniz” sorusuna öğrencilerin %62.5’i süreci bozan bir sorun ile karşılaşmadığı cevabını verdi. Öğrencilerin %25’i kameranın hologramları tanımakta

zorlandığını söylerken, öğrencilerin %12.5'i uygulama açılmadı seçeneğini işaretledi (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : SpatioAR oyununu telefonda çalıştırırken karşılaşılan problemler

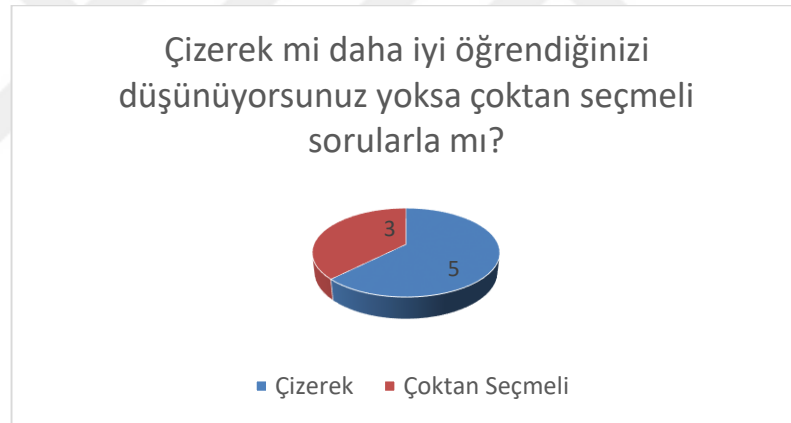
Çizim yapılarak uygulanan eğitim modülü için ise kullanılabilirlik ile ilgili bildirim almak adına araştırmacı tarafından ön görülen çeşitli durumların belirtildiği seçenekler öğrencilere sunulurken bu seçenekler içerisinde öğrencilerden kendileri için doğru olan seçenekleri işaretlemeleri istendi. Bu sayede bir öğrenci birden fazla seçeneği seçebildi. Bu seçeneklerden en yüksek oy alan 2 durum, “telefonu tutarken çizim yapmakta zorlandım” ve “telefonu asabileceğim bir alet olsaydı oyunu daha rahat oynardım” oldu.



Şekil 4.6 : SpatioAR eğitim modülünün değerlendirilmesi

Modelin etrafını görebilmek için marker'ın olduğu kağıt yerine telefonu çevirdiğini söyleyen 3 öğrenci, çizim yaparken telefonu masaya bırakma ihtiyacı hisseden 2 öğrenci ve koordinasyon problemi veya yorgunluk yaşayan 2 öğrenci bulunmaktadır (Şekil 4.6). Görsel olarak sanal objelerin renk detaylarının ne kadar net anlaşıldığı konusunda sorulan soruda ise öğrencilerin %50'si 1 ile 5 arasındaki değerlendirme ölçeğinde 5 (çok yüksek), %25'i 4 (yüksek) ve son olarak kalan %25'i ise 3 (orta) derecelerini işaretlediler.

Sorular içerisinde verilen 3B sanal objelerin kenar ve köşelerde oluşan açısız detayları ve birbirlerinden farklılıklarının anlaşılması önem arz ettiği için "Oyunda objelerin açısız detayları ne kadar anlaşılır?" sorusu da ankete eklendi. Öğrencilerin %50'si 5 (çok yüksek), %25'i 4 (yüksek) ve son olarak kalan %25'i ise 3 (orta) derecelerini işaretlediler. İçerik ile ilgili sorulan başka bir soruda ise öğrencilerin çizim ve çoktan seçmeli soruları kıyaslayarak hangisi ile daha iyi öğrendiğini belirtmesi istendi (Şekil 4.7). Öğrencilerin %62,5'i çizerek daha iyi öğrendiğini belirtti.



Şekil 4.7 : Çizerek mi, çoktan seçmeli sorularla mı daha iyi öğrenilir?

4.3.2 Açık Uçlu Soruların Analizi

Açık uçlu soruların analizi sırasında tüm sorular ve faktörler bir excel tablosuna yazılarak düzenlendi. Böylece her soru için verilen cevaplar içerdikleri bağlam ve kelimeler doğrultusunda bir veya birden fazla faktör altında değerlendirilebildi. Bu değerlendirmeler yapılırken belirli anahtar kelimeler belirli faktörlerle araştırmacının inisiyatifinde, uygulamanın çeşitli özelliklerini ve kullanılabilirliğini ölçmek adına, özdeşleştirildi.

Örneğin öğrencilerden gelen, “zorluk şu, çizim yaparken elimde telefon var” yorumu el-göz koordinasyonu bağlamında kullanıcının uygulama ile olan etkileşimi sırasında sıkıntı yaşadığını göstermekte, bu da, yorumun “kullanım kolaylığı ve etkileşim” faktörü altında değerlendirilmesinin uygun olduğu anlamına gelmektedir.

Bazı sorular araştırmacı tarafında belirlenen bir faktöre ait olsada, gelen cevaplar içerikleri sebebi ile başka faktörlere de dahil edilebilmektedir. Örneğin “oyunların daha ilgi çekici olması için ne gibi değişiklikler yapılabilir?” sorusuna gelen yanıtlardan bir tanesi “baştaki sorular daha kolay olabilir” dir. Soruların zorluk seviyeleri “İçerik” fiktöründe değerlendirilirken gelen başka bir yorum “daha canlı renkler seçilebilir”dir ve bu yorum oyunun görsel kalitesi ile ilgili olduğu için arayüz ile ilgili bir bağlamdır ve “kullanım kolaylığı ve etkileşim” faktörü altında değerlendirilir. Excel tablosuna işlenen tüm cevaplar bu şekilde sadeleştirilerek belirli bağlamlar çerçevesinde uygun faktörlerin altına işlendi.

Bu aşamadan sonra sorular kendi içlerinde SpatioAR oyunu ile ilgili olanlar, eğitim modülü ile ilgili olanlar veya uygulamaların tamamı ile ilgili olanlar şeklinde üç gruba ayrıldı ve ayrı ayrı yorumlandı. Bu ayrımın sebebi ise oyunun ve eğitim modülünün hem etkileşim hem de içerik bakımından birbirinden farklı olmasıdır.

Çizelge 4.5 : Açık uçlu soruların özelliklerine göre gruplandırılması

SPATIOAR	Kullanıcı Tatminiyeti	İçerik	Teknolojik yeterlilik	Kullanım ve etkileşim
s6. Oyunun arayüzü ile ilgili eklemek istediğiniz fikirleriniz neler?				Objelerde renk, detay, netlik artmalı, kullanıcı arayüzü düzenlenmeli. Deneklerin %50’si bir sorun yaşamadı
s15. Çoktan seçmeli AR Oyunları oynarken koordinasyon açısından zorluk yaşadınız mı? Evet ise ne gibi zorluklar yaşadınız?				Deneklerin %75’i bir sorun yaşamadı, Obje netliği ve anlaşılabilirliği artmalı-
EĞİTİM MODÜLÜ	Kullanıcı Tatminiyeti	İçerik	Teknolojik yeterlilik	Kullanım ve etkileşim
s16. Çizim yapılması gereken Eğitim Modülünü oynarken (Çizim sırasında) koordinasyon açısından zorluk yaşadınız mı? Evet ise ne gibi zorluklar yaşadınız?				Genel çıkarımlar: Telefon ile çizim yapmak zor, Obje detayları daha net olabilir.
s23. İlk hafta yaptığımız çizimli Eğitim Modülü, Spatio AR oyunlarını anlayıp daha rahat oynayabilmenizi sağladı mı? Sebebi ile açıklayınız.	"hızlandığımı hissettim", "kafamda objeleri hızlıca çevirebiliyordum"	"ne kadar fazla çözersek o kadar iyi olur", "oyunadıkça kolaylaştı"		

Çizelge 4.5 (Devamı) : Açık uçlu soruların özelliklerine göre gruplandırılması

Genel Sorular	Kullanıcı Tatminiyeti	İçerik	Teknolojik yeterlilik	Kullanım ve etkileşim
s3. Hologramları ile gördüğünüzde neler hissettiniz? Oyun ile ilgili ilk intibanız ne oldu?	"ilgi çekici", "güzel", "keyifli"	Anlaşılır (%75), "Kafa karıştırıcı" (%12.5), Seviye dağılımı problemi (%12.5)		"her yönden bakabilmek güzel", "objelerin anlaşılabilirliği iyiydi"
s4. Oyunların daha kullanışlı, ilgi çekici olması için ne gibi değişiklikler yapılabilir?	Yeterli	Genel çıkarımlar: Soru çeşitliliği artabilir, Zorluk seviyesi düzenlenebilir, Doğru cevaplar anımsanabilir.	Yeterli	Renklerin anlaşılabilirliği artmalı x2, Rotasyon için etkileşim daha farklı olabilir mi,
s5. Oyunun daha eğitici olması için siz nasıl kullanırdınız?		Soru çeşitliliği artmalı, Uygulama tekrar sayısı artmalı, Daha fazla çizim yapılabilir		Objeler netliği iyileşebilir, Geri sayım olabilir, Olumlu
s11. Sizce oyunların kullanılabilirlik açısından olumlu ve olumsuz yanları nelerdi?	"hayal etmeye yardımcı",			"her yöne bakmak zor", "markerları çevirmek daha kullanışlı",
s17. Soruları görebilmek için QR kodlu kağıtları çevirebilmek nasıl bir etki yarattı?	"3B olarak hayal edebilme yetimi geliştirdi"			QR kodlu kağıtlar ile etkileşim kuruldu Telefon sabit tutuldu, Kullanımı rahatı
s18. Oyunda bir soruyu çözdükten hemen sonra cevabını görmek daha eğitici ve akılda kalıcı olur muydu?		Deneklerin %75'i cevapları görmeyi tercih ediyor.		
s19. 3D Objeleri hayal ederken sizin bakış açınız sabit ve obje dönüyor mu, yoksa siz farklı bir açıdan mı baktığınızı hayal ediyorsunuz?		Deneklerin; 3'ü allosentric 4'ü egosentric 1'i her ikisi		
s20. Çizerek mi daha iyi öğrendiğinizi düşünüyorsunuz yoksa çoktan seçmeli sorularla mı? Sebebi ile yazınız		Deneklerin; 5'i çizerek daha iyi anlıyor 3'ü çoktan seçmeli olarak daha rahat demektir.		
s21. Cevaplarını çizim yaparak cevapladığınız eğitim modülü ile SpatioAR oyunlarını zorluk açısından kıyaslayıp düşüncenizi sebebi ile yazınız..	"çizerken cevaba dair fikir üretmek daha kolay", "çoktan seçmeli objeleri direkt gördüğüm için daha kolay", "3b objeleri görmek daha kolay ve rahat"			
s26. Oyunları oynarken kullandığınız zihinsel yetenekleri günlük hayatınızda veya eğitim hayatınızda nerelerde kullanıyorsunuz?	"çizim yaparken lazım oluyor", "3B görselleştirmeye yardımcı" "derslere yardımcı" "tasarım sırasında kullanıyorum"			

4.4 Tartışma ve Değerlendirme

Çalışmanın bu bölümünde, yapılan literatür taraması ve ölçüm testleri sonucunda elde edilen tüm bulgular tartışılarak tasarım alanlarında uzamsal yeteneklerin eğitilmesi konusunda SpatioAR oyunun etki derecesi analiz edildi. Bu süreç içerisinde “oluşturulan araştırma sorularına” ait bulgular yorumlandı, konu ile ilgili literatür verildi, sonuçların avantaj ve dezavantajlarına değinildi ve karşılaşılan kısıtlılıklar açıklandı.

1. Tasarım eğitimi bağlamında uzamsal becerilerin geliştirilmesini nasıl destekleyebiliriz? Bu becerilerin gelişimini desteklemek için eğitime nasıl dahil edilmelidir?

Tasarım eğitimi dahilinde uzamsal becerilerin geliştirilmesi ile ilgili yayınlanan araştırmaların taranmasından sonra öncelikle genel olarak onların nasıl geliştirilebileceği ile ilgili çıkarımlar derlenerek ve daha sonra tasarım alanına odaklanılarak bu alanda yapılan çalışmalar analiz edildi. Uttal’ın yaptığı meta-analize göre uzamsal yeteneklerin etkili eğitim metotları üç gruba ayrılmaktaydı; video oyunlarının kullanılması, müfredat dahilindeki derslerin yardımı ve etkisi, bu amaç için hazırlanmış bir eğitim seti (Uttal vd., 2013). Tüker ise 2017 yılında yaptığı çalışmada hobi olarak oynanan video oyunlarının uzamsal yetenekleri geliştirdiğini vurgulayarak bu görüşü destekledi ve tasarım alanında uygun bir metot ile geliştirilen uygulamaların bu yetileri geliştirebileceğini belirtti. Özellikle çalışma belleğini ve dikkat kapasitelerini geliştiren talimat veya eğitimlerin, katılımcıların düşünebilecekleri bilgi miktarını artırması da muhtemeldir (Tüker, 2017).

Bu eğitimlerin belirli aralıklarla düzenli bir şekilde uygulanması uzun vadede daha verimli olmaktadır. Ayrıca Cho (2017), uzamsal yeteneklerin 3B görselleştirme ile bağlantılı olduğunu ve mimarlık eğitiminde uzamsal yetenekleri desteklediğini, fakat bu desteğin mimari proje ile değil tasarı geometri, teknik resim gibi derslerle sağlandığını ileri sürmektedir. Berkowitz ve Uttal, uzamsal yetenekleri düşük olan öğrencilerin eğitime daha iyi yanıt verdiği savını destekleyerek bu tarz bir eğitimin 1. Sınıf tasarım öğrencilerine daha faydalı olacağını belirtmektedir (Uttal vd., 2013; Berkowitz vd., 2021). Tasarım alanında uzamsal yetenekleri geliştirmeyi amaçlayan bir uygulamanın, aşağıdaki yöntemler çerçevesinde eğitime dahil edilmesi yararlı olacaktır;

1. Uygulama 1. sınıf öğrencilerine uygulanmalıdır. (Uzamsal yeteneklerinin daha düşük olduğu tespit edilen grupların ve kişilerin bu tür uygulamalara daha çok ihtiyaç duydukları ve bu tür uygulamalardan daha fazla fayda sağlayacakları dikkate alınmalıdır).
2. Uygulama 3B görsel algılamaya ve etkileşime olanak vermelidir,
3. Uygulamanın verimini artırmak için oyunsal özellikleri olmalıdır (Bkz. 2.3.1),
4. Uygulama belirli aralıklarla düzenli bir biçimde uygulanmalıdır,
5. Uzamsal yetilerin gelişmesi reaksiyon süreleri ile de ilişkili olduğundan, uygulamada belirli bir süre ölçütü veya kısıtlaması yapılmalıdır,
6. Geliştirilen egzersizlerle zihinsel rotasyon ve kesit hayal edebilme yetilerinin tetiklenmesi ve olabildiğince tekrar edilmesi gereklidir. Egzersizler farklı yetileri de tetikleyen çeşitlilikte olmalıdır (Bkz. 2.4).

Çalışmanın kısıtlı tarafı ise zihinsel kesit alma yetilerinin geliştirilmesi ile ilgilidir. Özellikle bu yetiyi eğitmek için tasarlanmış uygulamalar bulunmamaktadır. Bu konuda uygulanan çözüm ise kesit alma yeteneklerini ölçmek için kullanılan klasik testlerden yola çıkarak orada kullanılan soruları daha basit hale getirmek ve uygulamada giderek zorlaşan egzersizler halinde sunmaktır. Tasarım eğitiminde verilen teknik resim gibi derslerden yola çıkarak ilkel geometrik objelerin bir düzlem ile kesilmesi veya 3B objelerin birbirini kesmesi ile oluşan arayüzler öğrencilerden bu egzersizler dahilinde istenilmelidir.

2. Uzamsal yetenekleri geliştirecek bir oyunun özellikleri nasıl olmalıdır?

Uzamsal yetenekleri eğitirken tasarım eğitimine dahil edilebilecek ve sınıf ortamında tüm öğrenciler tarafından rahatlıkla uygulanabilecek bir uygulamanın sahip olması gereken özellikler yine yapılan literatür taraması yolu ile çalışmanın amacına ve ihtiyaçlara yönelik olarak belirlendi. Bu ihtiyaçlar eğitimin içeriği ve uygulanacağı yöntem gibi sabit koşullar ile, Covid-19 pandemisi, uzaktan eğitim, teknolojinin gelişmesi ve öğrenci sayılarının sürekli değişmesi gibi değişken koşullar çerçevesinde şekillendi. Bu koşullar çalışmanın uygulandığı 2021-2022 eğitim öğretim dönemi süresince uygulama sürecini hem geliştiren ve hemde kısıtlayan etkenlerdir. Yapılan araştırmalar çalışmanın amacına yönelik hazırlanan bir uygulamanın nasıl olması

gerektiği konusunda karakteristik bir çerçeve çizmeye yardımcı oldu. Bu çerçevede, geliştirilecek olan oyunun sahip olması gereken temel özellikleri aşağıda özetlendi;

1. MAR teknolojisi hem erişilebilir hem de sınıf ortamında uygulanabilir olduğu için kullanıma en uygun XR aracıdır. Covid-19 pandemi şartlarında, hijyen nedenleri ile aynı HMD cihazlarının paylaşılmamasının sağlık açısından önemi ve oyunun uygulanacağı okulun fiziksel olanakları ve öğrencilerin şartları göz önünde bulundurulmalıdır,
2. Geliştirilen oyunda süre ve puan ölçümü yapılmalıdır. Egzersizler kolaydan zora doğru gelişen doğrusal bir yapıya sahip olmalıdır (Bkz. 3.1.1.1),
3. Oyunun geliştirici ve eğitici olması için öncesinde bir eğitim modülü olması gereklidir,
4. Farklı uzamsal yetileri tetiklemesi için etkileşim çeşitliliği ve farklılıklar içerebilir.

Kullanılabilirlik açısından yukarıda belirtilen kriterlere göre geliştirilen MAR uygulamasının ne tür özelliklere ve arayüze sahip olması gerektiği konusunda ise öğrencilere bir anket yapılarak onlardan geri dönüş alındı. Geliştirilen her uygulama için bir kullanıcı deneyimi çalışması yapılması ve uygulamanın bu geri dönüşler yardımı ile düzenlenmesi kullanılabilirlik açısından önem arz etmektedir (Bkz. 3.1.1.3). Dikkat edilen başka bir nokta ise MAR uygulaması sırasında öğrencilerin oturur pozisyonda ve sınıf ortamında olmasını sağlamak dikkat edilen başka bir nokta oldu (Bkz. 2.2.2.4). Bu sebeple marker ile çalışan bir AR oyunu tercih edildi.

3. SpatioAR uygulaması zihinsel döndürme yeteneğinin gelişmesini destekler mi?

Zihinsel rotasyon yeteneğini ölçmek için yapılan MRT testinin bölüm 4.2’de verilen bulguları deney ve kontrol gruplarına göre karşılaştırıldığında istatistiksel olarak deney grubunun puanlarının arttığı görülmektedir. Deney grubu öğrencilerinin kontrol grubuna kıyasla anlamlı bir şekilde hızlandığı görülmektedir. Bu hızlanma öğrencilerin zihinlerinde rotasyon hareketini daha çabuk yapmayı kavradığını göstermektedir. Ayrıca araştırmacının gözlemleri doğrultusunda konu ile ilgili bilgi ve deneyim arttıkça öğrencilerin işlemleri daha çabuk ve daha doğru görülmektedir. Her ne kadar ilerleyen haftalarda oyunların soruları zorlaştırsa da öğrencilerin giderek

hızlandığı ve zihinsel işlemleri fiziksel el hareketleri ile görselleştirmeye çalışmadan yapabilmeye başladığı gözlemlendi.

4. SpatioAR uygulaması zihinsel kesit alma yeteneğinin gelişmesini destekler mi?

Zihinsel kesit alma yeteneğinin Schnitte testi yardımı ile ölçüldüğü, deney ve kontrol grupları için ön test ve son testlerden elde edilen sonuçlar bölüm 4.2’de verildi.

SpatioAR oyunun deney grupları üzerinde Schnitte skorları için anlamlı bir artış yaratmadığı görülmektedir. Fakat kontrol gruplarında anlamlı bir düşüş gözlemlenmekte, son test puanlarının ön test puanlarından daha düşük olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu da kesitler zorlaştıkça kontrol gruplarının klasik eğitimde geriye doğru gittiğini, SpatioAR kullanarak eğitim alanların ise kesit alma konusunda başlangıçtaki skorlarını muhafaza ederek zor kesitleri de büyük ölçüde çözebildiklerini göstermektedir. Ortaya çıkan sonuçların ileride daha verimli eğitim yapılabilmesi için önemli bir alt yapı oluşturduğu görülmektedir.

Teorik ve ezbere dayalı lise eğitim sisteminden gelerek üç boyutlu tasarım eğitimine yeni başlamış olan bu öğrencilerin zihinsel rotasyon yeteneklerinin SpatioAR ile kontrol guruplarına göre aşama kayıt ettiği görülmektedir.

Zihinsel kesit alma yeteneklerinin, uygulanan egzersiz sayısından çok konuyu anlama ve 3B görselleştirebilme ile ilişkili olduğu ve farklı bir metot çerçevesinde de öğrencilerin eğitilmeleri gerektiği tespit edildi. Örneğin, 3B objelerin geometrik yapısını öğretecek ve 3B objelerin uzayda birbirlerini kesmeleri ile veya bir düzlem vasıtası ile kesilmeleri sonucu oluşacak arakesitleri gösterecek üç boyutlu bir animasyon modülü geliştirilerek SpatioAR’ın sonraki versiyonlarına eklenebilir.

5. Kullanılabilirlik ve etkinlik açısından SpatioAR oyunu daha iyi hale nasıl getirilebilir?

SpatioAR oyunun kullanılabilirliğini ölçmek için deney grubu öğrencileri ile yapılan anket sonuçlarının (bkz. 4.3.1) ele alındığı bu bölümde, kullanıcı tatminiyeti, içerik, teknolojik yeterlilik, kullanılabilirlik ve etkileşim faktörleri altında alınan geri dönüşler sırası ile değerlendirildi.

Kullanıcı Tatminiyeti; Bu faktör kullanıcıların oyunla ilgili memnuniyet düzeylerine genel bir yaklaşım ile odaklanmaktadır. Öğrenciler SpatioAR oyununu hem ders

dışında hem de müfredat dahilinde uygulamaya devam etmek istediklerini bildirdiler. 4 haftalık bir uygulamanın sonunda giderek hızlandıklarını hissettiklerini, oyunu motive edici, ilgi çekici ve keyifli bulduklarını belirtmektedirler. Ayrıca oyunun amacının hangi zihinsel yetileri tetiklediğinin önemini kavrayarak ve hangi alanlarda bu yetilerini kullandıkları ile bağlantı kurarak oyuna devam etmek istediklerini bildirdiler.

İçerik; Soruların içeriği ve konu ile ilgili yeterli bulunması konusunda öğrencilerden alınan geri dönüşler tek bir konu hariç benzer yönelimler göstermektedir. İçerik konusunda geliştirilen oyundan alınan verimin daha da artması için soruların zorluklarının lineer olarak, soru sayısı ve çeşitliliğininde buna bağlı olarak artması yararlı olacaktır.

Oyunların ve eğitim modülünün eğitime olan veriminin artması konusunda ise soruların cevaplarının her bölüm sonunda bir animasyon yardımı ile görselleştirilerek açıklanmasının faydalı olabileceği ortaya çıkmaktadır. Özellikle bu animasyonların kesit ara yüzleri ile ilgili olan soruları açıklamada faydalı olacağı ve bir sonraki oyunda öğrencilerin doğru cevap sayısının artabileceği görülmektedir.

Anket sonrasında öğrencilerden alınan geri dönüşler değerlendirildiğinde ortaya çıkan sonuçlar ile öğrencilerin SpatioAR puzzle sorularına verdikleri doğru cevaplar karşılaştırıldığında varılan sonuç ise; çizim sorularının daha zor olsa da eğitici olduğu, eğitim modülünde kullanmak yerine çizim sorularını ileri seviyelerde, özellikle zihinsel kesit alma yetisini tetikleyen ve geliştiren egzersizlerde kullanmanın daha verimli olacaktır.

Teknolojik Yeterlilik; Uygulamanın teknolojik açıdan yeterli olup olmadığı ve karşılaşılan teknik aksaklıkların değerlendirilerek hataların giderilmesi adına belirlenmiş bir faktördür. Genel olarak teknik aksaklıkların oyunun bölünmesine yol açmadığı veya öğrencilerin oyunu oynamasına engel olmadığı söylenebilir fakat oyun esnasında farklı nitelikteki telefonların özellikleri ile bağıntılı bazı aksaklıklar ortaya çıkmıştır. Bu aksaklıklar hologramların geç tanınması yada kaybolması, bir sorudan ötekine geçişte kameranın markerı geç tanınması olarak tanımlanmaktadır. Öğrencilerin oyundan elde ettikleri toplam süreye bu aksaklıkların negatif etki ettiği gözlemlendi.

Kullanılabilirlik ve Etkileşim; Anketin bu aşamasında uygulamanın ara yüzü, etkileşim yöntemleri ve kullanıcı deneyimi ile ilgili veriler toplandı. Uygulamanın ara

yüzü değerlendirilirken ayrıca kullanılan 3B sanal objelerin okunabilirliği, renk kalitesi ve detayları değerlendirildi. Etkileşim yöntemleri dahilinde ise kullanıcının oyun ve eğitim modülü sırasındaki el-göz koordinasyonu gözlemlendi.

Yeniden ele alınması gereken başka bir husus ise sanal objelerin renk ve materyal seçimidir, soruların daha net ve anlaşılabilir olması için özellikle küplerden meydana gelen 3B objelerde objenin bir bütün olduğunu gösterirken aynı anda küplerin ayrıldığını net bir şekilde belirten bir materyal seçimi yapılmalıdır. Ara yüz ile ilgili alınan geri dönüşlerde giriş ekranı olmasının olumlu yanı ve oyun sona erdiğinde ise bir bitiş ekranının olmaması belirtildiğinden, uygulamaya bir bitiş ekranı da eklenmelidir.

Öğrencilerin eğitim modülündeki verimlerini daha da arttırabilmek ve sanal objeler ile daha verimli bir etkileşim kurmalarını sağlamak için telefon veya tableti asabilecekleri bir aparat kullanılması yararlı olacaktır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışması, AR'ın medyatik özelliklerinden yararlanarak tasarım öğrencilerinin zihinsel döndürme ve zihinsel kesit alma yeteneklerini geliştirmeye yarayan yeni bir mobil uygulama hazırlamak ve bunu bir metot dahilinde tasarım eğitimi sürecinin bir parçası haline getirmek amacı ile gerçekleştirildi. Bu bağlamda, oluşturulan araştırma soruları cevaplandı.

1. Tasarım eğitimi bağlamında uzamsal becerilerin geliştirilmesini nasıl destekleyebiliriz? Bu becerilerin gelişimini desteklemek için (geliştirilecek bir uygulama/oyun) eğitime nasıl dahil edilmelidir?
2. Bu amaç doğrultusunda geliştirilecek bir oyunun özellikleri nasıl olmalıdır?
3. (Bu çalışma kapsamında geliştirilecek olan mobil artırılmış gerçeklik oyun olan) SpatioAR uygulaması zihinsel döndürme yeteneğinin gelişmesini destekler mi?
4. SpatioAR uygulaması zihinsel kesit alma yeteneğinin gelişmesini destekler mi?

5. Kullanılabilirlik ve etkinlik açısından SpatioAR oyunu daha iyi hale nasıl getirilebilir?

Bu doğrultuda öncelikle ilk iki soruyu cevaplayabilmek için kapsamlı bir literatür araştırması yapıldı. Daha sonra İstanbul'da bulunan ve 2020-2021 yılında üniversiteye giriş sınavı sıralamasında ilk %5'lik ve son %5'lik dilimde bulunan MSGSÜ ve Arel Üniversiteleri 1. Sınıf tasarım öğrencileri ile çalışıldı. Bu iki üniversitenin seçilme nedenleri uzamsal yeteneklerin STEM alanlarındaki başarı ile bağlantılı olduğunu belirten akademik çalışmalardır. Bu sayede bu ilişki doğrulanabilir ve uzamsal yetenekler doğru bir şekilde kıyaslanabilir. Çünkü, uzamsal yetenekleri kıyasla daha düşük olan öğrencilerin bu konuda eğitilebilme olasılıkları daha fazladır ve gösterdikleri gelişim oranları daha doğru ölçülebilmektedir. Akranlar arasındaki kıyaslamayı yapabilmek ve doğru deney grubunu elde etmek amacı ile iki üniversiteden iç mimarlık, mimarlık ve endüstri ürünleri tasarımı öğrencileri ile zihinsel döndürme ve zihinsel kesit alma testleri olan MRT ve Schnitte testleri kullanılarak ölçüm yapıldı.

Bu çalışmaya MSGSÜ'den 18, Arel'den ise 22 kişi katıldı. Öncelikle temel tasarım eğitiminin uzamsal yetenekleri etkilemesi nedeni ile tüm katılımcılara demografik bir anket uygulanarak alttan ders alan ya da sınıfı tekrar eden öğrenciler elendi. Yapılan ölçüm sonucunda ilk %5'lik başarı diliminde olan MSGSÜ üniversitesi öğrencilerinin iki ölçüm testinde de yapılan t-testi sonuçlarına göre daha yüksek başarı elde etmesi nedeni ile çalışmanın ikinci aşamasına Arel Üniversitesi öğrencileri ile devam edildi.

Tasarım öğrencilerinin uzamsal yeteneklerinin nasıl bir metot izlenerek geliştirilmesi gerektiğini ve eğitimlerine nasıl dahil edilmesi gerektiğini ortaya çıkarmak adına yapılan araştırmada belirli tespitlerde bulunuldu. Bu tespitler aşağıdaki gibidir:

1. Uygulama 3B görsel algılamaya ve etkileşime olanak vermelidir,
2. Uygulamanın oyunsal özellikleri olması verimi artırır,
3. Uygulama 1. sınıf öğrencilerine uygulanmalıdır. Uzamsal yeteneklerinin daha düşük olduğu tespit edilen gruplar ve kişiler bu uygulamaya daha çok ihtiyaç duyar ve uygulama daha fazla fayda sağlar,
4. Uygulama belirli aralıklarla düzenli bir biçimde uygulanmalıdır,

5. Uzamsal yetilerin gelişmesi reaksiyon süreleri ile de ilişkilidir bu sebeple belirli bir süre ölçütü veya kısıtlaması gereklidir,
6. Geliştirilen egzersizlerle zihinsel rotasyon ve kesit hayal edebilme yetilerinin tetiklenmesi ve egzersizlerin olabildiğince tekrar edilmesi gereklidir. Egzersizler farklı yetileri tetikleyen çeşitlilikte de olmalıdır.

İkinci araştırma sorusunu cevaplamak adına yapılan araştırma sonucunda ise ortaya çıkan aşamalar aşağıda verildi ve SpatioAR oyunu bu aşamalar dikkate alınarak geliştirilip uygulandı.

1. MAR teknolojisi hem erişilebilir hem de sınıf ortamında uygulanabilir olduğu için kullanıma en uygun XR aracıdır. Ayrıca Covid-19 pandemi şartlarında aynı HMD cihazlarının paylaşılmaması daha sağlıklıdır. Oyunun uygulanacağı okulun ve öğrencilerin şartları göz önünde bulundurulmalıdır,
2. Geliştirilen oyun süre ve puan ölçümü yapmalıdır. Egzersizler kolaydan zora doğru gelişen lineer bir yapıya sahip olmalıdır,
3. Oyunun geliştirici ve eğitici olması için bir eğitim modülü olması gereklidir,
4. Farklı uzamsal yetileri tetikleme için etkileşim çeşitliliği farklılıklar içerebilir.

İkinci aşama araştırmada hipotezinin test edildiği aşamadır. Yapılan araştırmalar doğrultusunda oluşturulan hipoteze göre artırılmış gerçeklik donanımları kullanarak hazırlanmış eğitsel bir uygulama eğitim gören öğrencilerin zihinsel rotasyon ve zihinsel kesit alma yetenekleri geleneksel müfredatlarına devam eden öğrencilere göre daha çok gelişecektir.

Tüm öğrencilerin rahatça erişebilmesi ve sınıf ortamında kolayca uygulayabilmesi adına Mobil AR teknolojisi kullanarak SpatioAR oyunu geliştirildi. SpatioAR, Arel üniversitesi 1. Sınıf mimarlık öğrencilerinden oluşturulan 20 kişiyi deney ve kontrol gruplarına ayırarak uygulandı. Daha sonra, oyunun öğrencilerin uzamsal yeteneklerine olan katkıları ölçüldü.

Böylece özel bir laboratuvara ihtiyaç duymadan, XR teknolojileri hakkında tecrübesi olmayan başka öğretim üyelerinin de SpatioAR'ı kendi sınıflarında uygulayabilmesi hedeflendi. SpatioAR oyunu Vuforia desteği ve Unity3D programı kullanılarak oluşturulan bir uygulamadır. Bir eğitim modülü ve 3 adet puzzleden meydana gelmektedir. Oyunları hazırlama sürecinde öncelikle soru tipleri belirlendi, katılımcıların zihinsel rotasyon ve kesit alma yetilerini tetikleyecek egzersizler araştırılan literatür çerçevesinde geliştirildi. Eğitim modülü, öğrencilerin soru tiplerine alışması, soruları kavraması amacı ile kıyasla daha kolay sorulardan oluşturuldu ve bu eğitim modülü uygulamasında herhangi bir süre limiti veya puan ölçümü uygulanmadı.

Eğitim modülü öğrencilerin cevapları markerların bulunduğu kağıda çizim yaparak cevaplama yapmasını gerektirdi. Bunun sebebi, çoktan seçmeli sorularda öğrencilerin soruyu anlamadan da rastgele bir seçim yapabileceği ihtimalini ortadan kaldırarak, konuyu öğreneceklerinden emin olmaktır. Ana oyun modülleri olan ve 3 ayrı zorluk seviyesinden oluşan puzzle ise çoktan seçmeli sorulardan oluşturuldu ve uygulama sırasında öğrencilerin puanları ve oyunu bitirme süreleri ölçüldü. SpatioAR oyunu hazırlandıktan sonra bilirkişi görüşü olarak iki mimar/akademisyen ve bir inşaat mühendisinden geri dönüş alınarak oyun üzerinde çeşitli düzeltmeler yapıldı.

Oyunun güvenilirlik ve geçerliliğini ölçmek adına Arel Üniversitesi'nde odak grup çalışması kapsamında İç Mimarlık Bölümünden 6 öğrenci seçildi. Bu çalışma öğrencilerin uzamsal yetilerini etkileyebilecek dış etkenlere maruz kalmamaları adına 1 gün içerisinde tamamlandı ve çalışmanın sonucunda deney grubunu oluşturan 3 öğrencinin kontrol grubundaki 3 öğrenciye göre hem Schnitte hem de MRT son testlerinde daha yüksek puan elde ettiği ölçüldü.

Ana çalışma grubu için ise, çalışmaya katılmaya gönüllü olan 20 öğrenci deney ve kontrol grupları olarak ikiye bölündükten sonra ön ölçüm testleri yapıldı ve kontrol grubu öğrencileri müfredatlarındaki eğitimlerine devam ederken, deney grubu öğrencileri ile çalışmanın ilk haftasında eğitim modülü uygulaması ile sürece başlandı. İlk haftayı takip eden diğer 3 hafta, her hafta 1 oyun olmak üzere giderek zorlaşan SpatioAR puzzle oyunları deney grubu öğrencilerine Mimarlığa Giriş derslerinden sonra Arel Üniversitesi Mimarlık Bölümü Atölyesinde uygulandı. 4. haftanın sonunda

öğrencilerin tamamına son ölçüm testleri yapıldı ve ek olarak deney grubu öğrencilerine kullanılabilirlik anketi uygulandı.

Ana çalışma için uygulanan veri analizinde deney ve kontrol gruplarının ön test ve son test sonuçlarını karşılaştırmak için T-Testi ve 2 Related Sample Test kullanıldı. Test sonuçlarına göre deney grubu öğrencilerinin zihinsel rotasyon test puanlarının ortalamasının kontrol grubuna göre daha yüksek olduğu ve deney grubu öğrencilerinin tepki sürelerinin hızlandığı görüldü. Schnitte testi sonuçlarına göre ise SpatioAR oyununun zihinsel kesit alma yetenekleri üzerindeki etkisinin az olduğu görüldü.

Öteki taraftan, “zihinsel kesit alma yetisinin eğitilmesi” ile ilgili literatürde yeterince çalışma olmamasının, uygun bir eğitim metodu geliştirmeye olan etkisi göz önünde bulundurulmalıdır. Bu yetenek genel olarak diğer uzamsal görselleştirme yetenekleri ile bağlantılı olsa da tam anlamı ile öğrenilebilmesi ve geliştirilebilmesi için yalnızca tekrardan ibaret olmayan farklı bir yöntem ile eğitilmesinin gerektiği görülmektedir.

Örneğin, 3B objelerin geometrik yapısını öğretecek ve uzayda birbirlerini kesmeleri ile veya bir düzlem vasıtası ile kesilmeleri sonucu oluşacak ara kesitleri gösterecek üç boyutlu bir animasyon modülü geliştirilebilir.

SpatioAR’ın bir sonraki versiyonunun ara yüzüne bir sonuç ekranı eklenerek oyun sonunda öğrencinin toplam puanını görmesi sağlanmalıdır ve bu ekrandan yanlış yaptığı soruların doğru cevaplarına kendisini yönlendirebilmelidir. Öğrencilerin yanlış verdikleri cevapların doğrularını oyunun sonunda 3B bir animasyon halinde görmelerinin, zihinde döndürme ve kesit alma becerilerinin de gelişimine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kullanılabilirlik testinden elde edilen veriler ise söylem analizi ile yorumlanarak kullanıcı tatminiyeti, içerik, teknolojik yeterlilik ve kullanılabilirlik ve etkileşim olmak üzere 4 faktör altında sınıflandırıldı. İçerik konusunda, geliştirilen oyundan alınan verimin artması için soru sayısı ve çeşitliliğinin artmasının fayda sağlayacağı görülmektedir. Oyuna eklenen ve öğrencinin oyunda harcadığı süreyi gösteren sayacın ise geri sayım sayacı şeklinde yapılmasının öğrencileri daha hızlı tepki vermeye iteceği düşünülmektedir.

MRT sonuçlarında öğrencilerin tepki sürelerini etkileyen bir dış etken bulunduğu belirtilmelidir. Bu etken ise kullanılabilirlik anketinde teknolojik yeterlilik başlığı altında ortaya çıkan teknik aksaklıklar bütünüdür. Öğrencilerin elde ettiği toplam süreye bu aksaklıkların negatif etki ettiği gözlemlendi. Bu aksaklıklar farklı nitelikteki telefonların özelliklerine göre hologramların geç tanınması yada kaybolması, bir sorudan ötekine geçişte kameranın markerı geç tanınması olarak tanımlanmaktadır.

Yeniden ele alınması gereken başka bir husus ise sanal objelerin renk ve materyal seçimidir, soruların daha net ve anlaşılabilir olması için özellikle küplerden meydana gelen 3B objelerde objenin bir bütün olduğunu gösterirken aynı anda küplerin ayrıldığını net bir şekilde belirten bir materyal seçimi yapılmalıdır. Öğrencilerin daha verimli bir etkileşim ve koordinasyon sağlaması için bir sonraki aşamada çizim yapılması gereken soru tipleri uygulanırken telefon veya tableti asmak için bir aparat kullanılması önerilmektedir.

SpatioAR oyunu tasarım öğrencileri için geliştirilen ve uzamsal yeteneklerin sınıf ortamında eğitilmesini sağlayan bir uygulama olarak MAR teknolojisinin uygun ve erişilebilir bir araç olduğunu göstermektedir. Teorik ve ezbere dayalı lise eğitim sisteminden gelerek üç boyutlu tasarım eğitimine yeni başlamış olan öğrencilerin SpatioAR ile 6 saatlik bir eğitim sonucu geldikleri düzey, tezin amacına büyük ölçüde ulaştığını göstermektedir. Bu oyun geliştirilmeye ve düzenlemeye açık bir basamak olarak görülmelidir. Bir sonraki aşamalarda bahsedilen yenilikler yapılarak yeniden bir grup çalışmasının yapılması, bunun yanı sıra bu yeteneklerinin geliştirilmesinin akademik başarı ile ilişkisini görmek için çalışmaya katılan deney grubu öğrencilerinin özellikle teknik resim ve tasarım geometri derslerindeki dönem sonu başarılarının gözlemlenmesi planlanmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alexiou, K. vd.** (2009) ‘Exploring the neurological basis of design cognition using brain imaging: some preliminary results’, *Design Studies*, 30(6), pp. 623–647. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.05.002>.
- Aromaa, S. vd.** (2020) ‘Awareness of the real-world environment when using augmented reality head-mounted display’, *Applied Ergonomics*, 88, p. 103145. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2020.103145>.
- Arth, C. vd.** (2015) ‘The History of Mobile Augmented Reality’, *arXiv:1505.01319 [cs]* [Preprint]. Available at: <http://arxiv.org/abs/1505.01319> (Accessed: 27 February 2022).
- AUFRANC, J.-L.** (2011) ‘Qualcomm Officially Releases its Augmented Reality SDK’, 28 April. Available at: <https://www.cnx-software.com/2011/04/28/qualcomm-officially-release-its-augmented-reality-sdk/>.
- Azuma, R.T.** (1997) ‘A Survey of Augmented Reality’, *In Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), pp. 355–385. Available at: <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>.
- Baş, T. ve Akturan, U.** (2008) *Nitel Araştırma Yöntemleri*. Seçkin yayıncılık.
- Becker, K.** (2010) ‘The Clark-Kozma Debate in the 21st Century’, in *Heritage Matters: Inspiring Tomorrow. CNIE Conference*, Saint John, New Brunswick.
- Berkowitz, M. vd.** (2021) ‘Spatial Abilities for Architecture: Cross Sectional and Longitudinal Assessment With Novel and Existing Spatial Ability Tests’, *Frontiers in Psychology*, 11, p. 609363. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.609363>.
- Billingham, M. ve Kato, H.** (2001) ‘The MagicBook: A transitional AR interface’. Available at: [http://dx.doi.org/10.1016/S0097-8493\(01\)00117-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0097-8493(01)00117-0).
- Bokhove, C. ve Redhead, E.** (2022) ‘Training mental rotation skills to improve spatial ability’. Available at: <https://doi.org/10.35542/osf.io/qm5jr>.
- Brinkmann, E.H.** (1966) ‘Programed instruction as a technique for improving spatial visualization.’, *Journal of Applied Psychology*, 50(2), pp. 179–184. Available at: <https://doi.org/10.1037/h0023068>.
- Burin, D.I.** (2000) ‘Solution strategies and gender differences in spatial visualization tasks’, p. 12.
- Çelik, H.ve Ekşi, H.** (2008) ‘Söylem Analizi’, 27(27). Available at: <https://dergipark.org.tr/en/pub/maruaebd/issue/365/2517>.
- Cho, J.Y.** (2017) ‘An investigation of design studio performance in relation to creativity, spatial ability, and visual cognitive style’, *Thinking Skills and Creativity*, 23, pp. 67–78. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2016.11.006>.

- Clark, R.E.** (1983) 'Reconsidering Research on Learning from Media', p. 18.
- Coates, V.T.** (1992) 'The Future of Information Technology', 522(1), pp. 45–56. Available at: <https://doi.org/10.1177%2F0002716292522001005>.
- Cohen, C.A. ve Hegarty, M.** (2012) 'Inferring cross sections of 3D objects: A new spatial thinking test', *Learning and Individual Differences*, 22(6), pp. 868–874. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2012.05.007>.
- Cortes Sobrino vd.** (2017) 'EDUCATIONAL GAMES FOR DESIGN AND INNOVATION: PROPOSITION OF A NEW TAXONOMY TO IDENTIFY PERSPECTIVES OF DEVELOPMENT', in *Proceedings of the 21st International Conference on Engineering Design (ICED17)*. Design Education, Vancouver, Canada, p. 21. – 25.
- De Nucci, E. ve Kramarzewski, A.** (2018) *Practical Game Design : Learn the Art of Game Design Through Applicable Skills and Cutting-edge Insights*. Packt Publishing. Available at: www.packtpub.com.
- De Simone, G.C.** (2016) 'MOBILE LEARNING: EXTREME OUTCOMES OF EVERYWHERE, ANYTIME', *12th International Conference Mobile Learning* [Preprint].
- Denmark, F., Russo, N.F. ve Frieze, I.H.** (1988) 'Guidelines for avoiding sexism in psychological research', *American Psychologist*, 43(7), pp. 582–85. Available at: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0003-066X.43.7.582>.
- Deterding, S. vd.** (2011) 'Gamification: Toward a Definition', p. 5.
- Ding, M.** (2017) 'Augmented Reality in Museums', *Arts Management & Technology Laboratory*, p. 13.
- Dünser, A. vd.** (2006) 'Virtual and augmented reality as spatial ability training tools', in *Proceedings of the 6th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference on Computer-human interaction design centered HCI - CHINZ '06. the 6th ACM SIGCHI New Zealand chapter's international conference*, Christchurch, New Zealand: ACM Press, pp. 125–132. Available at: <https://doi.org/10.1145/1152760.1152776>.
- Dural, M.** (2022) *Mimarlık eğitiminde uzamsal yetenek sorunsalı*. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Eliot, J.** (2002) 'ABOUT SPATIAL INTELLIGENCE: I', p. 8.
- Escamilla, J. vd.** (2016) 'GAMIFICATION'. Observatory of Educational Innovation of Tecnológico de Monterrey.
- Escamilla, J. vd.** (2018) 'Augmented and Virtual Reality'. Observatory of Educational Innovation of Tecnológico de Monterrey. Available at: <https://Observatory.itesm.mx/edumedia>.

- Gittler, G. ve Gluck, J.** (1998) ‘Differential Transfer of Learning: Effects of Instruction in Descriptive Geometry on Spatial Test Performance’, p. 14.
- Harley, D. ve Verni, A.** (2018) ‘Sensory VR: Smelling, Touching, and Eating Virtual Reality’, in *TEI '18: Proceedings of the Twelfth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, pp. 386–397. Available at: <https://doi.org/10.1145/3173225.3173241>.
- Hegarty, M. vd.** (2006) ‘Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning’, *Intelligence*, 34(2), pp. 151–176. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.09.005>.
- Ho, C.-H.** (2006) *SPATIAL COGNITION IN DESIGN*. Ph.D. Georgia Institute of Technology. Available at: <https://smartech.gatech.edu/handle/1853/14150>.
- Hollerer, T., Feiner, S. ve Pavlik, J.** (1999) ‘Situated documentaries: embedding multimedia presentations in the real world’, in *Digest of Papers. Third International Symposium on Wearable Computers*, pp. 79–86. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISWC.1999.806664>.
- Howitt, D. ve Cramer, D.** (2011) *Introduction to Research Methods in Psychology*.
- Hsieh, M.C. ve Lee, J.J.** (2018) ‘Preliminary Study of VR and AR Applications in Medical and Healthcare Education’, *Journal of Nursing and Health Studies*, 03(01). Available at: <https://doi.org/10.21767/2574-2825.100030>.
- Huotari, K. ve Hamari, J.** (2017) ‘A definition for gamification: anchoring gamification in the service marketing literature’, *Electronic Markets*, 27(1), pp. 21–31. Available at: <https://doi.org/10.1007/s12525-015-0212-z>.
- İbili, E. vd.** (2020) ‘An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students’ 3D geometry thinking skills’, *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(2), pp. 224–246. Available at: <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1583382>.
- İçten, T. ve Bal, G.** (2017) ‘Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi’, *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, pp. 401–415. Available at: <https://doi.org/10.17671/gazibtd.290253>.
- Ingram, J.** (1984) ‘Designing the spatial experience’, *Design Studies*, 5(1), pp. 15–20. Available at: [https://doi.org/10.1016/0142-694X\(84\)90024-3](https://doi.org/10.1016/0142-694X(84)90024-3).
- Jorge, M.** (2021) *KOLOR*. Available at: <https://kolor.moro.es/>.
- Kadish, L.H. ve Goldman, K.H.** (2020) *Chicago00: 1893 World’s Columbian Exposition Memo-Report*. Chicago History Museum. Available at: <https://chicago00.org/>.
- Kastrenakes, J.** (2014) ‘The Verge’, *Google announces Project Tango, a smartphone that can map the world around it*, 20 February.

- Kato, H. ve Billinghurst, M.** (1999) 'Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system', in *Proceedings 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR '99)*, pp. 85–94. Available at: <https://doi.org/10.1109/IWAR.1999.803809>.
- Kaufmann, H., Duenser, A. ve Glück, J.** (2005) 'Kaufman H (2005) General Training of Spatial Abilities by Geometry'.
- Kaufmann, H., Schmalstieg, D. ve Wagner, M.** (2000) 'Construct3D: A Virtual Reality Application for Mathematics and Geometry Education', *Education and Information Technologies*, 5(4), pp. 263–276. Available at: <https://doi.org/10.1023/A:1012049406877>.
- Kerr, J. ve Lawson, G.** (2020) 'Augmented Reality in Design Education: Landscape Architecture Studies as AR Experience', *International Journal of Art & Design Education*, 39(1), pp. 6–21. Available at: <https://doi.org/10.1111/jade.12227>.
- Kosslyn, S.M.** (1995) 'On Computational Evidence for Different Types of Spatial Relations Encoding: Reply to Cook et al.', *Journal of Experimental Psychology Human Perception & Performance*, 21(2), pp. 423–431. Available at: <https://doi.org/10.1037/0096-1523.21.2.423>.
- Kozhevnikov, M.** (2016) *Relating allocentric and egocentric survey-based representations to the self-reported use of a navigation strategy of egocentric spatial updating*. Journal. Available at: https://www.nmr.mgh.harvard.edu/mkozhevnlab/?page_id=308.
- Kozhevnikov, M. ve Hegarty, M.** (2001) 'A dissociation between object manipulation spatial ability and spatial orientation ability', *Memory & Cognition*, 29(5), pp. 745–756. Available at: <https://doi.org/10.3758/BF03200477>.
- Kozhevnikov, M., Kosslyn, S. ve Shephard, J.** (2005) 'Spatial versus object visualizers: A new characterization of visual cognitive style', *Memory & Cognition*, 33(4), pp. 710–726. Available at: <https://doi.org/10.3758/BF03195337>.
- Kozma, R.B.** (1991) 'Learning with Media', *Review of Educational Research*, 61(2), pp. 179–211. Available at: <https://doi.org/10.3102/00346543061002179>.
- LaValle, S.M.** (2019) *VIRTUAL REALITY*. Cambridge University Press. Available at: <http://vr.cs.uiuc.edu/vrbookbig.pdf>.
- Lohman, D.** (1993) 'Spatial Ability and G', p. 19.
- Mann, S. vd.** (2018) 'All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X,Y), and Multimeditated Reality', *arXiv:1804.08386 [cs]* [Preprint]. Available at: <http://arxiv.org/abs/1804.08386> (Accessed: 28 January 2022).
- Martín-Gutiérrez, J., Saorín, J.L., vd.** (2010) 'AR_Dehaes: An Educational Toolkit Based on Augmented Reality Technology for Learning Engineering Graphics', in *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies. 2010 IEEE 10th International Conference on Advanced Learning*

Technologies (ICALT), Sousse, Tunisia: IEEE, pp. 133–137. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICALT.2010.45>.

Martín-Gutiérrez, J., Luís Saorín, J., vd. (2010) ‘Design and validation of an augmented book for spatial abilities development in engineering students’, *Computers & Graphics*, 34(1), pp. 77–91. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cag.2009.11.003>.

Martin-Gutierrez, J. vd. (2013) ‘Using different methodologies and technologies to training spatial skill in Engineering Graphic subjects’, in *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. *2013 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*, Oklahoma City, OK, USA: IEEE, pp. 362–368. Available at: <https://doi.org/10.1109/FIE.2013.6684848>.

McGee, M.G. (1979) ‘Human Spatial Abilities: Psychometric Studies and Environmental, Genetic, Hormonal, and Neurological Influences’, 86(5), pp. 889–918. Available at: <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0033-2909.86.5.889>.

McKillup, S. (2012) *Statistics Explained An Introductory Guide for Life Scientists*. Cambridge University Press.

Milgram, P. vd. (1995) ‘Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum’, in H. Das (ed.). *Photonics for Industrial Applications*, Boston, MA, pp. 282–292. Available at: <https://doi.org/10.1117/12.197321>.

Miyashita, T. vd. (2008) ‘An Augmented Reality Museum Guide’, in *2008 7th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. Cambridge, UK: IEEE, pp. 15–18. Available at: <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2008.4637334>.

Montello, D.R. (1993) ‘Scale and multiple psychologies of space’, in A.U. Frank and I. Campari (eds) *Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Lecture Notes in Computer Science), pp. 312–321. Available at: https://doi.org/10.1007/3-540-57207-4_21.

Nee, A.Y.C. vd. (2012) ‘Augmented reality applications in design and manufacturing’, *CIRP Annals*, 61(2), pp. 657–679. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2012.05.010>.

Németh, B. (2007) ‘Measurement of the development of spatial ability by Mental Cutting Test’, p. 6.

Nincarean, D. vd. (2013) ‘Mobile Augmented Reality: The Potential for Education’, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 103, pp. 657–664. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.385>.

Omar, M. vd. (2019) ‘Effects of Mobile Augmented Reality (MAR) towards Students’ Visualization Skills when Learning Orthographic Projection’, *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 14(20), p. 106. Available at: <https://doi.org/10.3991/ijet.v14i20.11463>.

Osumi, M. ve Ichinose, A. (2017) ‘Restoring movement representation and alleviating phantom limb pain through short-term neurorehabilitation with a virtual

reality system', *European journal of pain*, 21(1), pp. 140–47. Available at: <https://doi.org/10.1002/ejp.910>.

Özgen, D.S., Afacan, Y. ve Sürer, E. (2021) 'Usability of virtual reality for basic design education: a comparative study with paper-based design', *International Journal of Technology and Design Education*, 31(2), pp. 357–377. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10798-019-09554-0>.

Palmas, F. ve Klinker, G. (2020) 'Defining Extended Reality Training: A Long-Term Definition for All Industries', in *2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*. *2020 IEEE 20th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Tartu, Estonia: IEEE, pp. 322–324. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICALT49669.2020.00103>.

Peters, M. ve Battista, C. (2008) 'Applications of mental rotation figures of the Shepard and Metzler type and description of a mental rotation stimulus library', *Brain and Cognition*, 66(3), pp. 260–264. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2007.09.003>.

Pho, A. ve Dinscore, A. (2015) 'Game-Based Learning', *Tips and Trends Instructional Technologies Committee* [Preprint].

Piekarski, W. ve Thomas, B.H. (2002) 'ARQuake: The Outdoor Augmented Reality Gaming System'. Available at: <http://dx.doi.org/10.1145/502269.502291>.

Pilote, B. ve Chiniara, G. (2019) 'The Many Faces of Simulation', in *Clinical Simulation*. Elsevier, pp. 17–32. Available at: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815657-5.00002-4>.

Pohl, M., Rester, M. ve Judmaier, P. (2009) 'Interactive Game Based Learning: Advantages and Disadvantages', in C. Stephanidis (ed.) *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg (Lecture Notes in Computer Science), pp. 92–101. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-642-02713-0_10.

Potter, J. ve Wetherell, M. (1987) *Discourse and social psychology: beyond attitudes and behaviour*. London ; Newbury Park, Calif: Sage Publications.

Quaiser-Pohl, C. (2003) 'The Mental Cutting Test "Schnitte" and the Picture Rotation Test-Two New Measures to Assess Spatial Ability', *International Journal of Testing*, 3(3), pp. 219–231. Available at: https://doi.org/10.1207/S15327574IJT0303_2.

Quintero, E. vd. (2015) 'Augmented Reality app for Calculus: A Proposal for the Development of Spatial Visualization', *Procedia Computer Science*, 75, pp. 301–305. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.251>.

Radu, I. (2014) 'Augmented reality in education: a meta-review and cross-media analysis', *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), pp. 1533–1543. Available at: <https://doi.org/10.1007/s00779-013-0747-y>.

de Ravé, E.G. vd. (2016) ‘DiedricAR: a mobile augmented reality system designed for the ubiquitous descriptive geometry learning’, *Multimedia Tools and Applications*, 75(16), pp. 9641–9663. Available at: <https://doi.org/10.1007/s11042-016-3384-4>.

Reitmayr, G. ve Schmalstieg, D. (2001) ‘Mobile Collaborative Augmented Reality’, *IEEE and ACM International Symposium on Augmented Reality*, pp. 114–123.

Russell-Gebbett, J. (1985) ‘Skills and strategies–pupils’ approaches to three-dimensional problems in biology’, *Journal of Biological Education*, 19(4), pp. 293–298. Available at: <https://doi.org/10.1080/00219266.1985.9654755>.

Shepard, R.N. ve Metzler, J. (1971) ‘Mental Rotation of Three-Dimensional Objects’, *Science*, 171(3972), pp. 701–703. Available at: <https://doi.org/10.1126/science.171.3972.701>.

Sicart, M. (2008) ‘Defining Game Mechanics’, *the international journal of computer game research*, 8(2).

Sudarmilah, E. vd. (2018) ‘A review: Is there any benefit in serious games?’, in *HUMAN-DEDICATED SUSTAINABLE PRODUCT AND PROCESS DESIGN: MATERIALS, RESOURCES, AND ENERGY: Proceedings of the 4th International Conference on Engineering, Technology, and Industrial Application (ICETIA) 2017*, Surakarta, Indonesia, p. 020059. Available at: <https://doi.org/10.1063/1.5042915>.

Sutherland, I.E. (1968) ‘A Head-Mounted Three-Dimensional Display’, in *AFIPS Conference Proceedings*, pp. 757--764.

Sutton, K. ve Williams, A. (2011) ‘Implications of Spatial Abilities on Design Thinking’, p. 10.

Tabachnick, B.G. ve Fidell, L.S. (2013) *Using Multivariate Statistics*.

Thurstone, L.L. (1950) ‘Some Primary Abilities in Visual Thinking’, *Proceedings of the American Philosophical Society*, 94(6), pp. 517–521.

Toda, A.M. vd. (2019) ‘A Taxonomy of Game Elements for Gamification in Educational Contexts: Proposal and Evaluation’, in *2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT). 2019 IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT)*, Maceió, Brazil: IEEE, pp. 84–88. Available at: <https://doi.org/10.1109/ICALT.2019.00028>.

Toptaş, V., Çelik, S. ve Karaca, E.T. (2012) ‘IMPROVING 8TH GRADES SPATIAL THINKING ABILITIES THROUGH A 3D MODELING PROGRAM’, *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11(2), p. 7.

Tüker, Ç. (2016) ‘MİMARLIK ÖĞRENCİLERİNİN UZAMSAL BECERİLERİNİ GELİŞTİRMEYE YÖNELİK OYUN TABANLI ÖĞRETİM YAZILIMI ÖNERİSİ’, in *TBD 33. ULUSAL BİLİŞİM KURULTAYI*. Elektronik Kitap (Çevrim içi / Web tabanlı): TÜRKİYE BİLİŞİM DERNEĞİ.

Tüker, Ç. (2017) ‘Birinci Sınıf İç Mimarlık Öğrencilerinin Zihinsel Döndürme Becerilerinin Eğitsel Video Oyunları İle Geliştirilmesi: Ön Çalışma’, *XI. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu*, p. 11.

Tüker, Ç. (2018) ‘Training Spatial Skills with Virtual Reality and Augmented Reality’, in N. Lee (ed.) *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*. Cham: Springer International Publishing, pp. 1–9. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_173-1.

Ünal, F.C. (2019) ‘THE USE OF LOCAL DATA IN ARCHITECTURAL DESIGN THROUGH AUGMENTED REALITY’, p. 118.

Uttal, D.H. vd. (2013) ‘The malleability of spatial skills: A meta-analysis of training studies.’, *Psychological Bulletin*, 139(2), pp. 352–402. Available at: <https://doi.org/10.1037/a0028446>.

Vakaliuk, T.A. ve Pochtoviuk, S.I. (2021) ‘Analysis of tools for the development of augmented reality technologies’, p. 12.

Vandenberg, S.G. ve Kuse, A.R. (1978) ‘Mental Rotations, a Group Test of Three-Dimensional Spatial Visualization’, *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), pp. 599–604. Available at: <https://doi.org/10.2466/pms.1978.47.2.599>.

Velez, M.C., Silver, D. ve Tremaine, M. (2005) ‘Understanding Visualization through Spatial Ability Differences’, p. 8.

Voss, C. vd. (2016) ‘Superpower Glass: Delivering Unobtrusive Real-Time Social Cues in Wearable Systems’, in *Proceedings of the 2016 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing: Adjunct*. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery (UbiComp ’16), pp. 1218–1226. Available at: <https://doi.org/10.1145/2968219.2968310>.

Wilcox, R. (2013) *Introduction to Robust Estimation and Hypothesis Testing*.

Williams, A.P. ve Sutton, K. (2011) ‘Spatial Ability and its Influence on the Design Process’, *Design Principles and Practices: An International Journal—Annual Review*, 5(6), pp. 141–152. Available at: <https://doi.org/10.18848/1833-1874/CGP/v05i06/38242>.

Yuen, S.C.-Y., Yaoyuneyong, G. ve Johnson, E. (2011) ‘Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education’, *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1). Available at: <https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10>.

Zhu, E. vd. (2014) ‘Augmented reality in healthcare education: an integrative review’, *PeerJ*, 2, p. e469. Available at: <https://doi.org/10.7717/peerj.469>.

Url-1 <<https://therealmccea.com/tag/vpl/>>, erişim tarihi 1.06.2022

Url-2 <<https://www.aretproject.eu/newsevents/body,493507,en.html>> 03.12.2022

Url-3 <<https://developer.vuforia.com/>>, erişim tarihi 27.02.2022

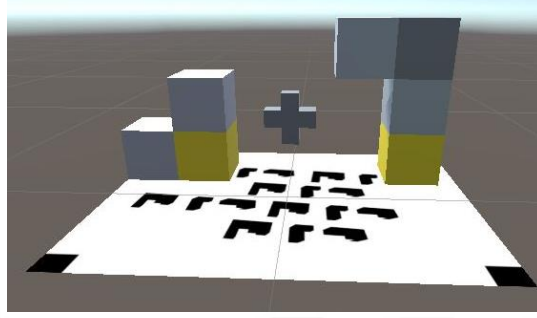
- Url-4** <<http://github.blairmacintyre.me/site-archive/ael-2015/research/games/arhrrrr/>>, erişim tarihi 2.06.2022.
- Url-5** <<http://www.microsoft.com/en-us/hololens> >, erişim tarihi 23.05.2022.
- Url-6** <<https://boolean.method.ac/>>, erişim tarihi 26.05.2022.
- Url-7** <<https://bezier.method.ac/>>, erişim tarihi 26.05.2022.
- Url-8** <<https://www.osym.gov.tr/TR,21286/2021-yks-yerlestirme-sonuclarina-iliskin-sayisal-bilgiler.html>>, erişim tarihi 22.03.2022.



EKLER

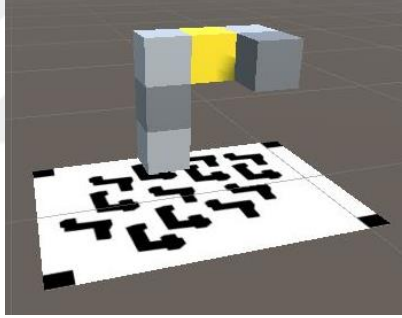
EK A: SpatioAR Eğitim Modülü Soruları

Soru 1: İki şeklin sarı pivot küpleri üst üste gelecek şekilde eklenmesi ile ortaya çıkan yeni şeklin ön görünüşünü çizin.



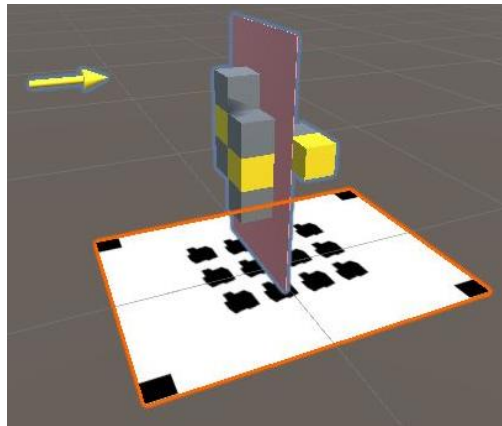
Şekil A.1 : Soru 1

Soru 2: Verilen şeklin bir defa 90 derece sola doğru, 1 defa 90 derece aşağı doğru döndürülmesi ile oluşan şeklin perspektifini çizin.



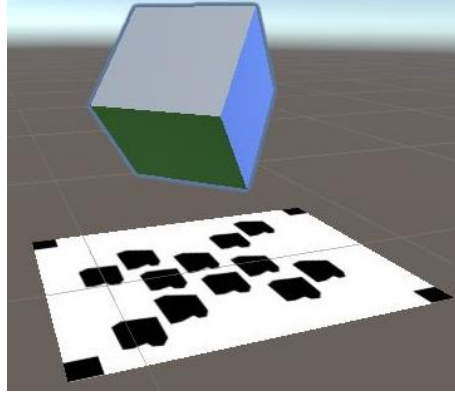
Şekil A.2 : Soru 2

Soru 3: Verilen şeklin ok yönünden bakıldığında görünen kesit ara yüzünü çizin ve geri renkli küpleri tarayarak gösterin.



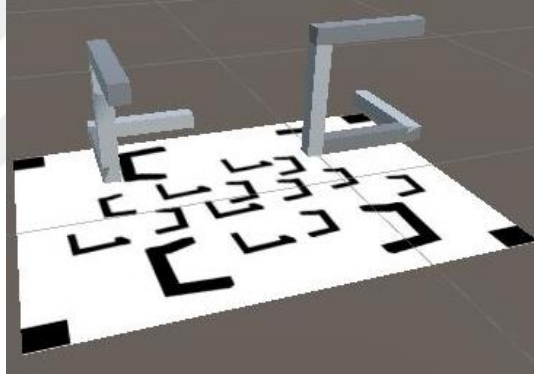
Şekil A.3 : Soru 3

Soru 4: Verilen şeklin açık halini çizin ve renklerin geldiği kısımları yüzeylerin üzerine yazarak belirtin.



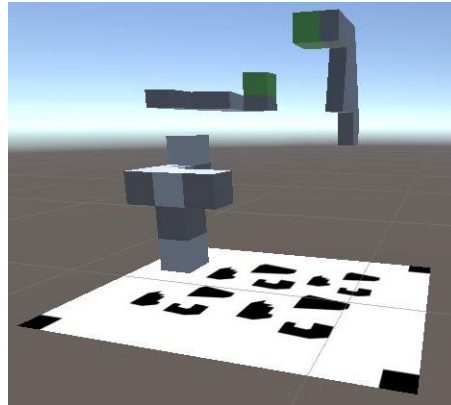
Şekil A.4 : Soru 4

Soru 5: Verilen iki şekil birbirinin aynısı mıdır?



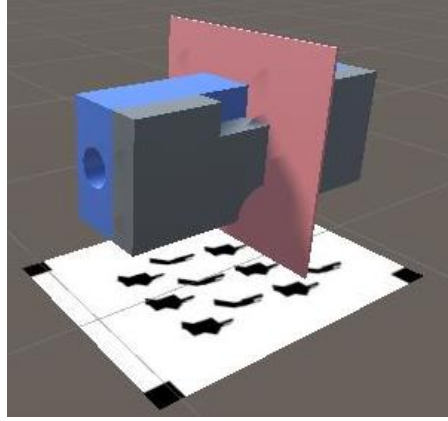
Şekil A.5 : Soru 5

Soru 6: A şekline uygulandığında B'nin elde edildiği rotasyonun C'ye uygulandığında nasıl görüldüğünün ön görünüşünü çizin.



Şekil A.6 : Soru 6

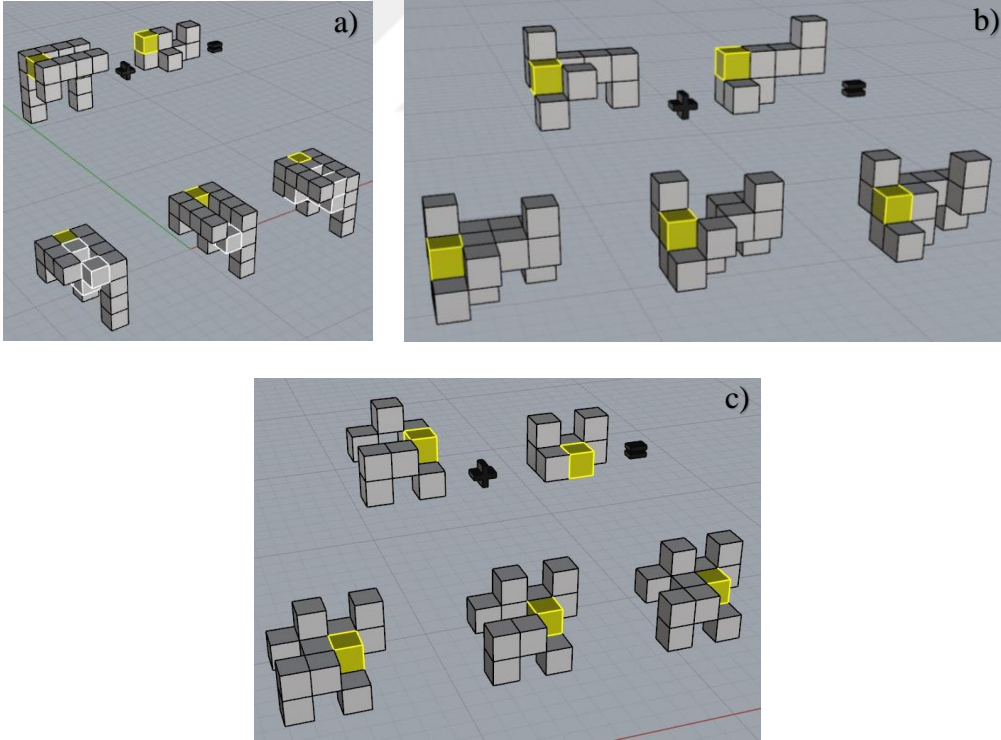
Soru 7: Kırmızı düzlem ile kesilen 3B objenin kesit ara yüzünü çiziniz.



Şekil A.7 : Soru 7

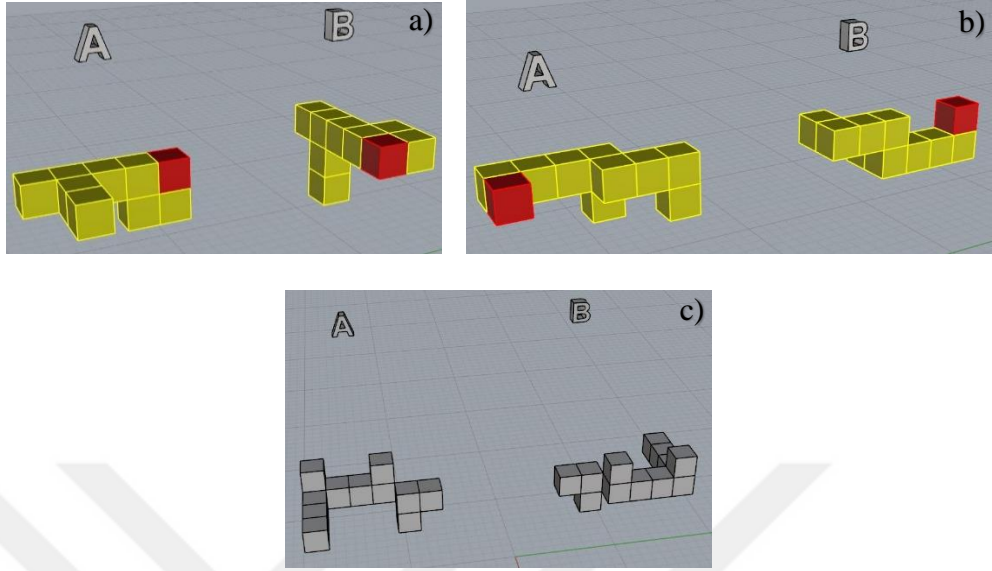
EK B: SpatioAR Oyun Modülü Soruları

Soru 1: Verilen 3 boyutlu objelerin pivot noktalar üst üste gelecek şekilde eklenmesi ile ortaya çıkan şekil hangisidir?



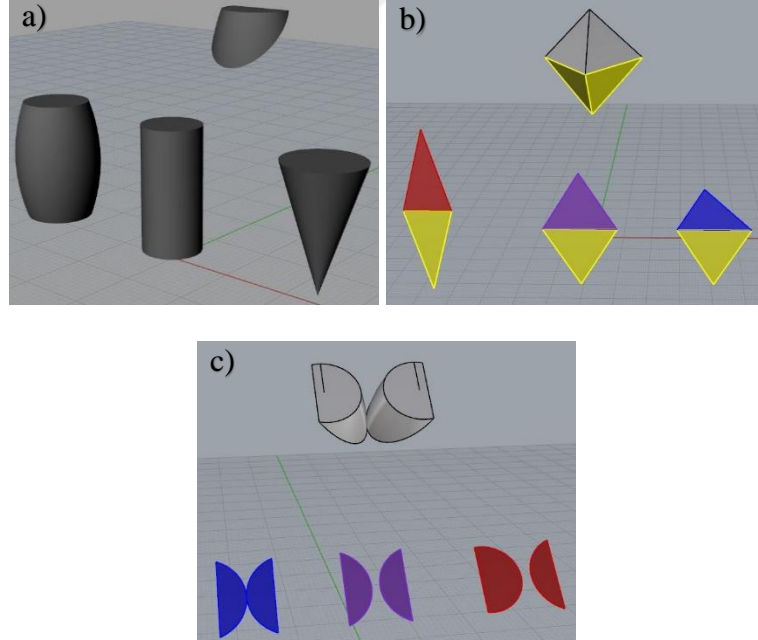
Şekil B.1: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

Soru 2: En az sayıda rotasyonu kullanarak B objesini A'da ki haline getirin.



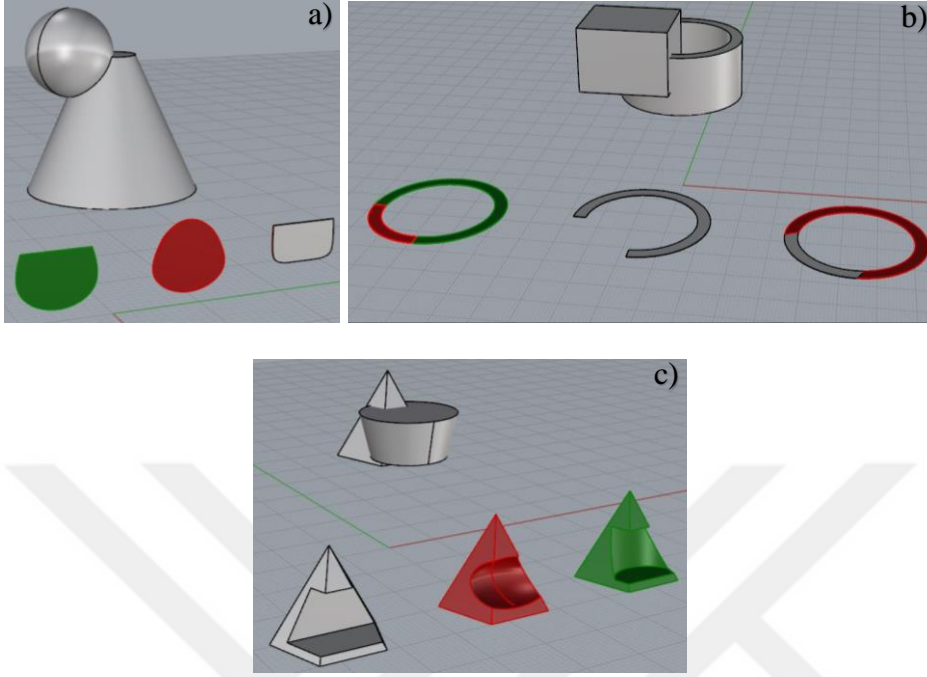
Şekil B.2: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

Soru 3: Verilen şeklin kesilmemiş hali hangisi olabilir?



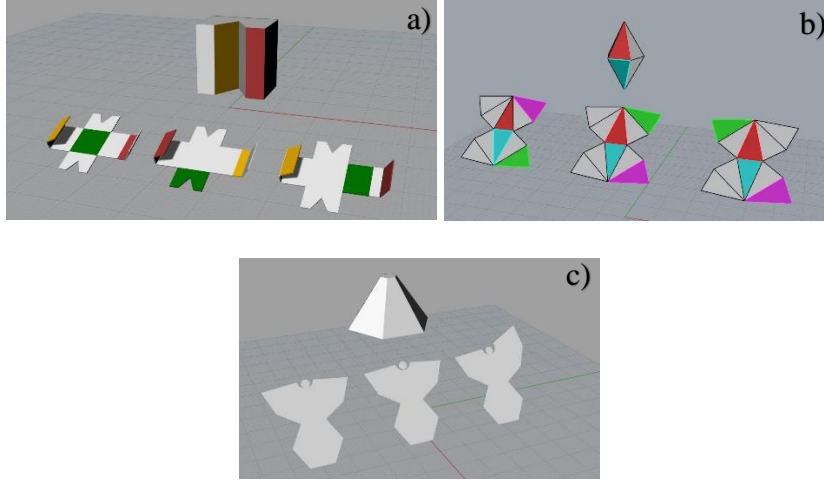
Şekil B.3: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

Soru 4: Şekillerin birbirinden çıkartılması ile elde edilen kesitin ara yüzü hangisi olabilir?



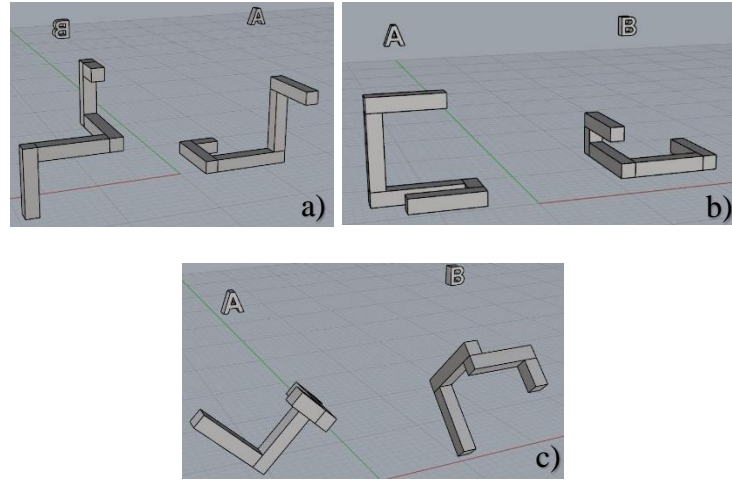
Şekil B.4: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

Soru 5: Verilen 3 boyutlu objenin açık hali hangisi olabilir?



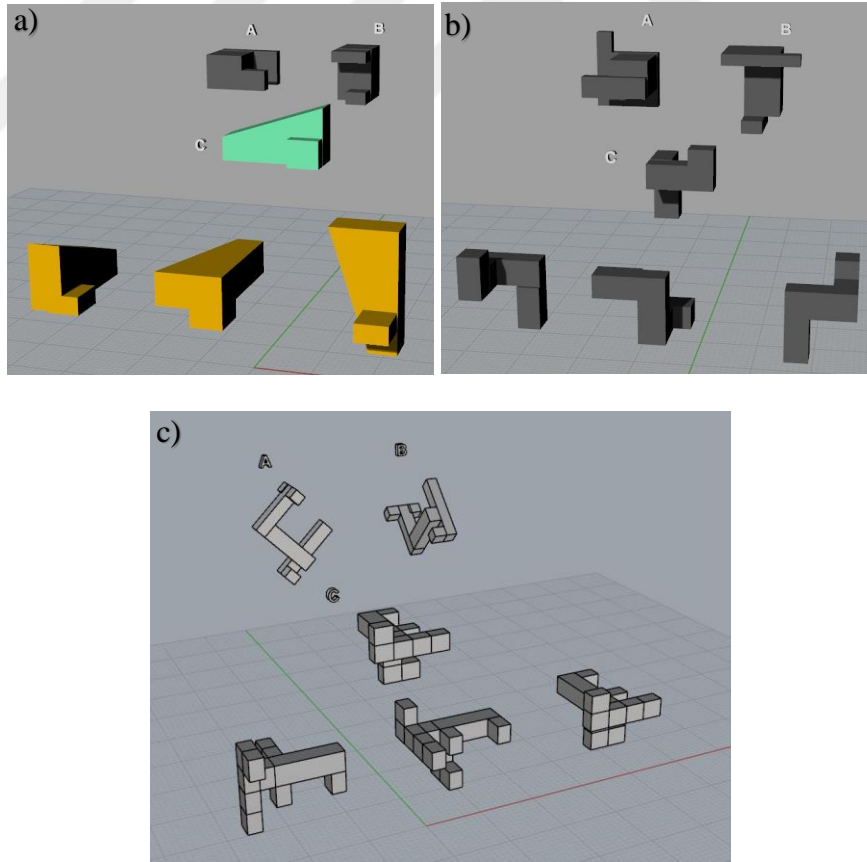
Şekil B.5: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

Soru 6: B objesi A'nın aynısı mıdır?



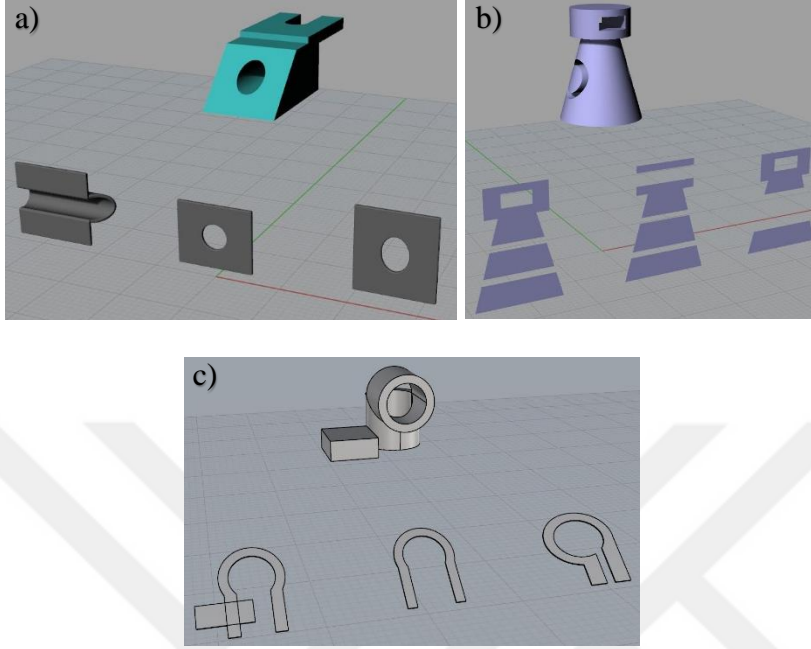
Şekil B.6: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

Soru 7: B objesini elde etmek için A'ya uygulanan rotasyon C objesine uygulanırsa hangi şekil elde edilir?



Şekil B.7: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

Soru 8: Her hangi bir düzlemde 90 derece açı ile kesiti alınan 3B objenin kesiti hangisi olamaz?



Şekil B.8: a) Hafta 1, b) Hafta 2, c) Hafta 3

EK C: Demografik Anket Soruları

1. E-posta *

2. Ad/ SOYAD *

3. Üniversite Adı *

4. Okuduğunuz Bölüm *

5. Yaş *

6. Cinsiyet *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

K

E

Diğer

Belirtmek istemiyorum

7. Lisede Okuduğunuz Bilimsel Alan (Say.Söz vb...) *

8. Daha önce aşağıdaki derslerden herhangi birini aldınız mı? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

Tasarı Geometri

Teknik Resim

Çizim

Temel Tasarım

Tasarıma Giriş

9. Düzenli olarak yaptığınız aktivite ve hobiler neler? *

10. Düzenli olarak video oyunu oynar mısınız? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Her zaman

11. Resim / Çizim yapma sıklığınızı belirtiniz. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Neredeyse Hiç	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Her zaman

12. Yön bulma duygunuzu değerlendiriniz. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

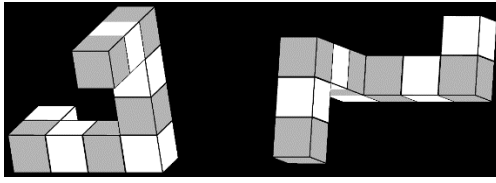
	1	2	3	4	5	
Çok düşük	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Çok yüksek

13. Telefonunuzun işletim sistemi nedir? *

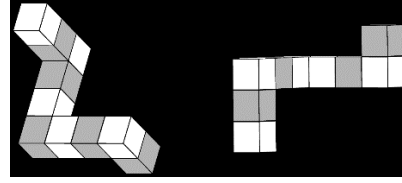
Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Android
 IOS
 Diğer

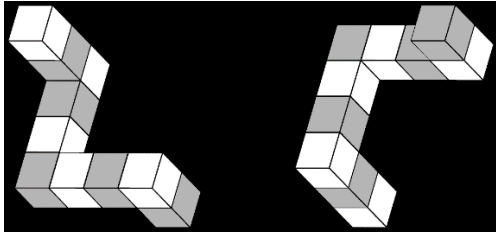
EK D: Zihinsel Döndürme Yeteneği Test Soruları



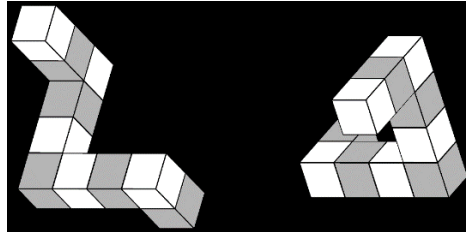
Soru 1



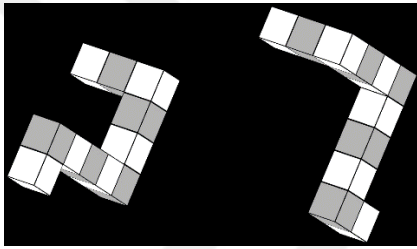
Soru 2



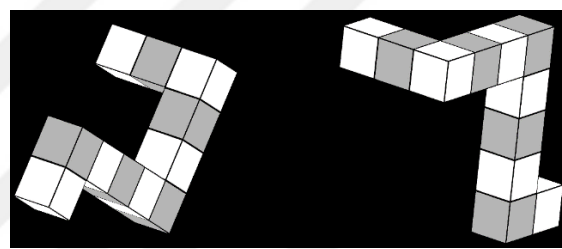
Soru 3



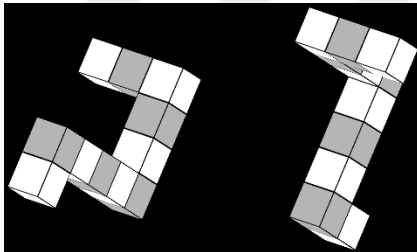
Soru 4



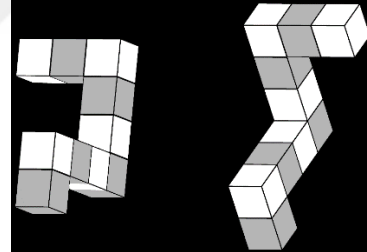
Soru 5



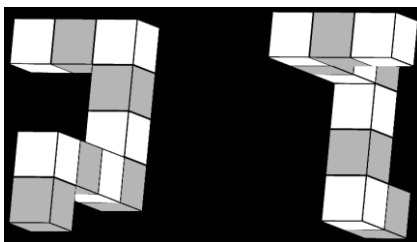
Soru 6



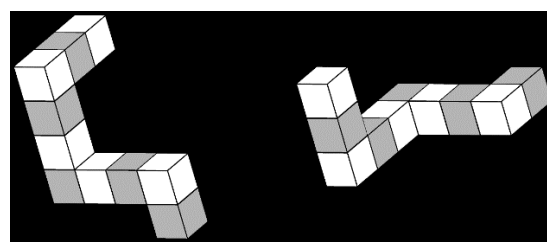
Soru 7



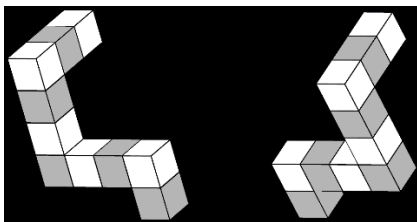
Soru 8



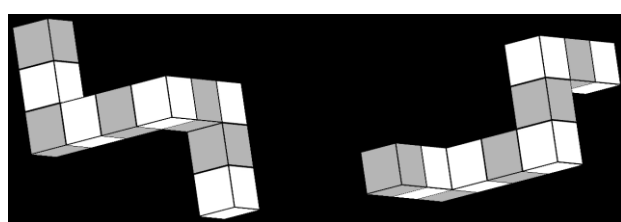
Soru 9



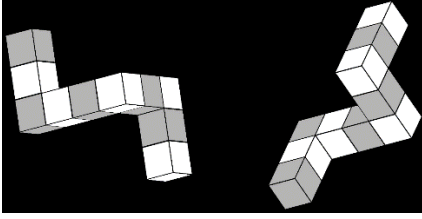
Soru 10



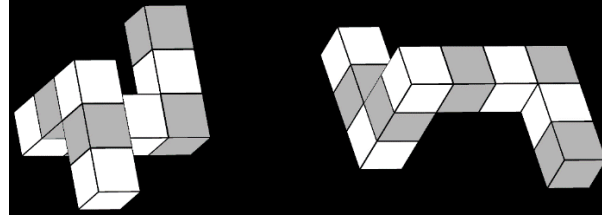
Soru 11



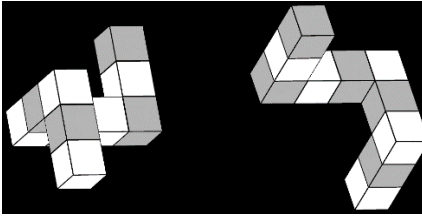
Soru 12



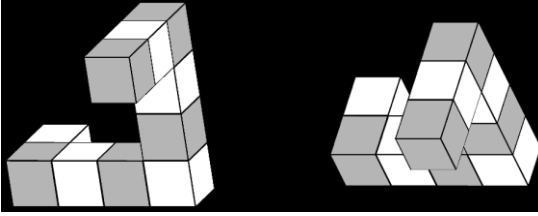
Soru 13



Soru 14



Soru 15



Soru 16

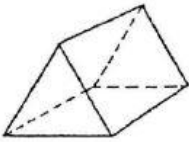
EK E: Schnitte Test Soruları

1. Aşağıda verilen geometrik figür çiftlerinden hangilerinin birbirleri ile kesişimleri sonucu ortaya bir daire çıkabilir?

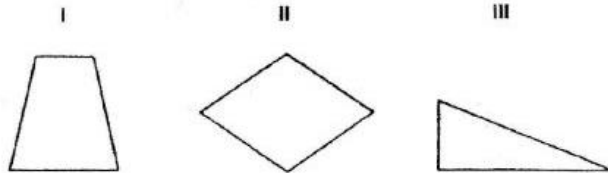
- I. Küre ve Koni
- II. Küre ve Silindir
- III. Küre ve Küre

- A) Sadece I
- B) Sadece II
- C) I ve II
- D) II ve III
- E) I, II ve III

2. 3 dikdörtgen yüzey ve 2 üçgen yüzeyden oluşan şekildeki prizma bir düzlem tarafından kesilecektir.



Aşağıdakilerden hangisi bu işlemin sonucunda ortaya çıkan bir arakesit olabilir?



- A) I ve II
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) I, II ve III
- E) Hiçbiri

3. Bir geometrik figür herhangi bir düzlem tarafından kesilecektir, aşağıdaki figürlerden hangisinin kesilmesi ile oluşan kesit arayüzü bir eşkenar üçgen olabilir?

- I. Küp
- II. Üzeri kesilmiş piramit. (örnek sorudaki gibi)
- III. Koni

- A) I, II, III
- B) II, III
- C) I, III
- D) Sadece III
- E) Hiçbiri

4. Bir küre ve bir elipsoid birbirini ile kesişmektedir.

Aşağıdaki ifadelerden hangisi bu işlemin sonucunda oluşabilecek arakesitler için doğrudur?

- I. İki eşit daire oluşabilir
- II. Eşit olmayan iki daire oluşabilir
- III. Eşit olan iki elips oluşabilir

- A) I
- B) II
- C) III
- D) I ve II
- E) II ve III

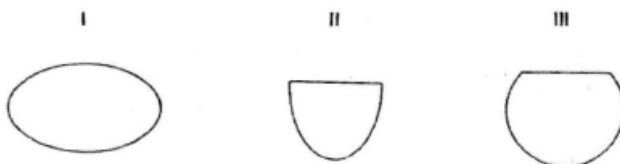
5. Çapı, yüksekliğine eşit olan bir silindir bir düzlem tarafından kesilecektir.

Aşağıdaki arakesitlerden hangisi oluşabilir?

- I. Kare
- II. Dikdörtgen
- III. Yamuk

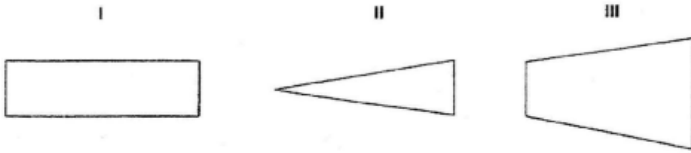
- A) I
- B) II
- C) I ve II
- D) II ve III
- E) Hiçbiri

6. Üzeri kesik bir koni herhangi bir düzlem tarafından kesilecek. Aşağıdakilerden kangisi bu işlem sonucunda ortaya çıkan bir arakesit olabilir?



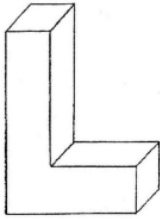
- A) I, II ve III
- B) I ve II
- C) II ve III
- D) Sadece III
- E) Sadece I

7. Aşağıdaki arakesitlerden hangisi bir Tetrahedronun (4 eş üçgen yüzeyden oluşan piramit) bir düzlem ile kesilmesi sonucu ortaya çıkabilir?



- A) I, II ve III
- B) I ve III
- C) I ve II
- D) Sadece II
- E) Sadece I

8. Verilen "L" şeklinde ki figür farklı uzunluklardaki iki kare prizmanın birleşmesi ile oluşmuştur. Bu figürün bir düzlem ile kesilmesi sonucu ortaya çıkabilecek arakesitler hangileridir?



- I. 2 adet eşit dikdörtgen yüzey
- II. 1 adet kare ve 1 adet dikdörtgen yüzey
- III. 2 adet birbirinden farklı dikdörtgen yüzey

- A) Sadece I
- B) Sadece II
- C) Sadece III
- D) I ve II
- E) I, II ve III

9. Birbirine eş iki koninin kesişmesi sonucu aşağıdaki arakesitlerden hangisi/hangileri ortaya çıkabilir?

- I. Daire
- II. Elips
- III. 3 adet daire

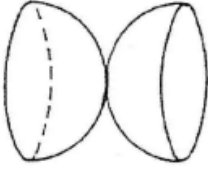
- A) Hepsi
- B) I ve III
- C) Sadece III
- D) Sadece II
- E) Sadece I

10. 2 elipsoid kesişmesi ile ortaya çıkabilecek kesit arayüzleri hangisi/hangileri olabilir?

- I. Diare
- II. Elips
- III. 2 Daire

- A) Sadece I
- B) Sadece II
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) I, II ve III

11. Verilen görselde iki yarım küre sadece 1 noktada kesişmektedir. Bu figürün bir düzlem ile kesilmesi sonucu ortaya çıkabilecek kesit arayüzleri hangisi/hangileri olabilir?



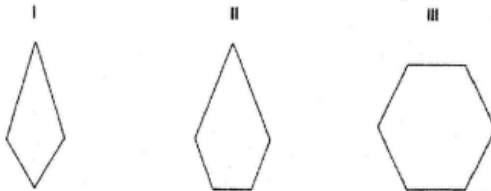
- I. Birbirine değen iki daire
- II. Birbirine değmeyen iki daire
- III. Birbirine değmeyen iki yarım daire

- A) I, II ve III
- B) II ve III
- C) I ve II
- D) Sadece II
- E) Sadece I

12. İki adet kare tabanlı eş piramit birbirlerine tabanları üstüste gelecek şekilde birleştirilmiştir.



Bu figürün bir düzlem ile kesilmesi sonucu ortaya çıkabilecek kesit arayüzleri hangisi/hangileri olabilir?



- A) Sadece I
- B) Sadece II
- C) Sadece III
- D) I ve II
- E) I, II ve III

13. Bir küp bir düzlem ile kesilirse aşağıdaki üçgen arakesitlerden hangisi/hangileri ortaya çıkabilir?

- I. Dik açılı üçgen
- II. Çeşitkenar üçgen
- III. İkizkenar üçgen

- A) I, II ve III
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) Sadece III
- E) Sadece I

14. Bir silindirin bir düzlem ile kesilmesi sonucu aşağıdaki arakesitlerden hangisi/hangileri ortaya çıkabilir?



- A) I, II ve III
- B) II ve III
- C) I ve III
- D) Sadece II
- E) Hiçbiri

15. Tabanı eşkenar üçgen olan bir piramidin bir düzlem ile kesilmesi sonucu aşağıdaki arakesitlerden hangisi/hangileri ortaya çıkabilir?

- I. İkizkenar üçgen
- II. Kare
- III. Yamuk

- A) Sadece I
- B) Sadece II
- C) Sadece III
- D) I ve II
- E) I, II ve III

16. Aşağıdaki figürlerin hangisinin bir düzlem ile kesilmesi sonucunda elde edilen arakesit bir yamuk olabilir?

- I. Üzeri kesik kare tabanlı bir piramit
- II. Küp
- III. Dikdörtgen prizma

- A) I, II ve III
- B) II ve III
- C) I ve II
- D) I ve III
- E) Sadece I

EK F: Kullanılabilirlik Anketi Soruları

1. SpatioAR oyununu ders haricinde de oynar mıydınız? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Evet
 Hayır

2. Hologramları ile gördüğünüzde neler hissettiniz? oyun ile ilgili ilk intibanız ne oldu? *

3. Oyunun arayüzü ile ilgili eklemek istediğiniz fikirleriniz neler? (Arayüz, telefon ekranından gördüğünüz her şeydir. örneğin cevapların dokunmatik olmaması ve sizin dokunmatik olmasını istemiş olabileceğiniz gibi.) *

4. Sizce oyunların kullanılabilirlik açısından olumlu ve olumsuz yanları nelerdi? *

5. Oyunda bir soruyu çözdükten hemen sonra cevabını görmek daha eğitici ve akılda kalıcı olur muydu? *

6. 3D Objeleri hayal ederken sizin bakış açınız sabit ve obje dönüyor mu, yoksa siz farklı bir açıdan mı baktığınızı hayal ediyorsunuz? *

7. Çizerek mi daha iyi öğrendiğinizi düşünüyorsunuz yoksa çoktan seçmeli sorularla mı? Sebebi ile yazınız. *

8. Cevaplarını çizim yaparak cevapladığınız eğitim modülü ile SpatioAR oyunlarını zorluk açısından kıyaslayıp düşüncenizi sebebi ile yazınız. *

9. Oyundaki sanal objelerin görsel kaliteleri ve okunabilirliği nasıldı? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

1 2 3 4 5
Düşük Yüksek

10. Eğitim Modülündeki sanal objelerin görsel kaliteleri ve okunabilirliği nasıldı? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

1 2 3 4 5
Düşük Yüksek

11. Sunum ve açıklama kısımları yeterince anlaşılır ve net miydi? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

Evet
 Hayır

12. En zor bulduğunuz oyun hangisiydi? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

Spatio AR hafta 1
 Spatio AR hafta 2
 Spatio AR hafta 3
 Çizim yapılması gereken Eğitim Modülü

13. İlk hafta yaptığımız çizimli Eğitim Modülü, Spatio AR oyunlarını anlayıp daha rahat oynayabilmenizi sağladı mı? *
Sebebi ile açıklayınız.

14. Spatio AR oyununda seviyelerin zorluk dağılımı nasıldı? *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Giderek zorlaşıyordu
 Kurlsız bir dağılımı vardı.

15. Çoktan seçmeli AR Oyunları oynarken koordinasyon açısından zorluk yaşadınız mı? Evet ise ne gibi zorluklar yaşadınız? *

16. Çizim yapılması gereken Eğitim Modülünü oynarken (Çizim sırasında) koordinasyon açısından zorluk yaşadınız mı?Evet ise ne gibi zorluklar yaşadınız? *

17. Soruları görebilmek için QR kodlu kağıtları çevirebilmek nasıl bir etki yarattı? *

18. Eğitim Modülü için aşağıdaki durumlardan hangileri sizin için doğrudur? *

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- Telefonu tutarken çizim yapmakta zorlandım
 Modelin etrafını görmek için kağıt yerine telefonu çevirdim
 Çizim yapmam gereken aşamada telefonu masaya bıraktım
 Telefonu asabileceğim bir alet olsaydı oyunu daha rahat oynardım
 Oyun süresi kısa olduğu için çizim yaparken koordinasyon problemi yaşamadım

19. Spatio AR oyununu telefonunuzda çalıştırırken aşağıdaki problemler ile karşılaştıysanız işaretleyiniz.

Uygun olanların tümünü işaretleyin.

- Süreci bozan bir problem yaşamadım
 Telefon dondu veya kapandı
 Hologramlar sürekli kayboldu
 Kamera hologramları tanımakta zorlandı
 Arayüz anlaşılır değildi
 Uygulama açılmadı

20. Bu oyunların uzamsal düşünme kabiliyetinizi ne kadar geliştirdiğini düşünüyorsunuz? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
Hiç Geliştirmedim	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Çok Geliştirdi

21. Oyunda objelerin renk detayları ne kadar anlaşılır? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
çok düşük	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	çok yüksek

22. Oyunda objelerin açısıl detayları ne kadar anlaşılır? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

	1	2	3	4	5	
çok düşük	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	çok yüksek

23. Bu şekilde hazırlanmış oyunları tasarım eğitiminizin bir parçası olarak uygulamak ister miydiniz? *

Yalnızca bir şıkki işaretleyin.

- Evet
 Hayır

24. Oyunların daha kullanışlı, ilgi çekici olması için ne gibi değişiklikler yapılabilir? *

25. Oyunun daha eğitici olması için siz nasıl kullanırdınız? *

26. Oyunları oynarken kullandığınız zihinsel yetenekleri günlük hayatınızda veya eğitim hayatınızda nerelerde kullanıyorsunuz? *

27. 4 Haftanın sonunda uygulanan ölçüm testleri, ilk hafta yapılan ölçüm testlerine göre daha kolay ve hızlı geldi. *

Yalnızca bir şıkkı işaretleyin.

- Evet
 Hayır

