

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ TASARIM EĞİTİMİNDE STRÜKTÜR BİLGİSİNİ SANAL ORTAM
DESTEĞİ İLE GELİŞTİRME AMAÇLI BİR MODEL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nisanur ÖZÇELİK

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

ARALIK 2022

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ TASARIM EĞİTİMİNDE STRÜKTÜR BİLGİSİNİ SANAL ORTAM
DESTEĞİ İLE GELİŞTİRME AMAÇLI BİR MODEL**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nisanur ÖZÇELİK
(523191010)**

Bilişim Anabilim Dalı

Mimari Tasarımda Bilişim Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sinan Mert ŞENER

ARALIK 2022

ISTANBUL TECHNICAL UNIVERSITY ★ GRADUATE SCHOOL

**A MODEL FOR DEVELOPING STRUCTURAL KNOWLEDGE IN
ARCHITECTURAL DESIGN EDUCATION WITH THE SUPPORT OF
VIRTUAL ENVIRONMENT**

M.Sc. THESIS

**Nisanur ÖZÇELİK
(523191010)**

Department of Informatics

Architectural Design Computing Program

Thesis Advisor: Prof. Dr. Sinan Mert ŞENER

DECEMBER 2022

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 523191010 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Nisanur ÖZÇELİK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “MİMARİ TASARIM EĞİTİMİNDE STRÜKTÜR BİLGİSİNİ SANAL ORTAM DESTEĞİ İLE GELİŞTİRME AMAÇLI BİR MODEL “ başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Sinan Mert ŞENER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Derya GÜLEÇ ÖZER**
İstanbul Teknik Üniversitesi

.....
Dr. Öğr. Üyesi Belinda TORUS
Bahçeşehir Üniversitesi

Teslim Tarihi : 02 Aralık 2022
Savunma Tarihi : 22 Aralık 2022





Aileme,



ÖNSÖZ

Lisans, yüksek lisans ve tez yazım sürecim boyunca değerli katkılarıyla yol gösteren, desteğini esirgemeyen, değerli hocam ve tez danışmanım Sayın, Prof. Dr. Sinan Mert ŞENER'e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatımın her anında beni sonuna kadar destekleyen, gücümün kaynakları canım anne ve babama, biricik kardeşim Kadir'e çok teşekkür ederim.

Yol boyunca beni hiç yalnız bırakmayan ve her zaman motivasyon kaynağım olan sevgili eşim Kadir Özçelik'e sonsuz teşekkür ederim.

Aralık 2022

Nisanur Özçelik
(Mimar)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	xi
KISALTMALAR	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı	3
1.2 Tezin Kapsamı.....	3
1.3 Tezin Yöntemi.....	4
2. MİMARLIK EĞİTİMİ VE SANAL GERÇEKLİK.....	7
2.1 Eğitim Yaklaşımlarında Sanal Gerçeklik	8
2.1.1 Yapılandırmacı eğitim, bilişsel gelişim teorileri ve sanal gerçeklik	13
2.2 Mimarlık Eğitiminde Sanal Gerçeklik	15
2.3 Mimarlıkta Strüktür Eğitimi	19
2.4 Mimarlıkta Strüktür Eğitiminin Müfredatlar Üzerinden İncelenmesi.....	21
2.4.1 Mimarlık eğitiminde mimari strüktür eğitiminin işleniş şekilleri açısından irdelenmesi	28
2.4.2 Mimarlıkta strüktür eğitiminin öğrencinin öğrenimi ile ilişkisi.....	31
2.5 Mimarlıkta Strüktür Eğitimi ve Sanal Gerçeklik	36
2.5.1 Mimarlıkta strüktür eğitiminde sanal gerçeklik uygulamaları	38
2.5.2 Mimarlıkta strüktür eğitiminde sanal gerçeklik uygulamalarının değerlendirilmesi.....	47
3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ.....	49
3.1 Sanal Gerçeklik Teknolojisi	49
3.1.1 Sanal gerçeklik teknolojisinin sistem bileşenleri	50
3.1.1.1 Donanım (Hardware)	50
3.1.1.2 Yazılım (Software).....	53
3.1.2 Sanal gerçeklik teknolojisinin türleri	53
3.2 Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Ulaşılabilirliği.....	55
3.3 Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Yan Etkileri	57
3.4 Sanal Gerçeklik, Arayüz ve Arayüz Tasarımının Önemi.....	58
4. MİMARİ TASARIM EĞİTİMİNDE STRÜKTÜR BİLGİSİNİ SANAL ORTAM DESTEĞİ İLE GELİŞTİRME AMAÇLI BİR MODEL	63
4.1 Önerinin Çerçevesinin Belirlenmesi	64
4.2 Arayüzün Tasarlanması.....	67
4.2.1 Fiziksel arayüz	67
4.2.2 Sayısal arayüz	69
4.3 Uygulamanın Çalışma Prensipleri ve Etkileşimler	71

4.3.1 Uygulamanın çalışma prensipleri.....	71
4.3.2 Fiziksel hareket	76
4.3.3 Dijital hareket ve etkileşimler	76
4.3.3.1 Kullanıcı hareketi	77
4.3.3.2 Kullanıcının nesnelerle etkileşimi ve hareketler	78
4.4 Önerilen sanal gerçeklik ortamının değerlendirilmesi	86
5. SONUÇ VE TARTIŞMA.....	87
KAYNAKLAR.....	91
ÖZGEÇMİŞ	103



KISALTMALAR

BIM	: Building Information Modeling
MIT	: Massachusetts Institute of Technology - Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
İTÜ	: İstanbul Teknik Üniversitesi
YTÜ	: Yıldız Teknik Üniversitesi
ODTÜ	: Orta Doğu Teknik Üniversitesi
TU Berlin	: Technical University Of Berlin – Berlin Teknik Üniversitesi
HMD	: Head Mounted Display – Başa Takılan Ekran
CEO	: Chief Executive Officer
CAD	: Computer Aided Design - Bilgisayar Destekli Tasarım
LADUVR	: Building Information Modeling
VR	: Virtual Reality – Sanal Gerçeklik
SDK	: Software Development Kits
YGK	: Yazılım Geliştirme Kitleri
API	: Application Program Interfaces
UPA	: Uygulama Program Arayüzleri
3D	: Three Dimensional (Üç boyutlu)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 : İncelenen üniversitelerde Türkiye için derslerin konu ve işleniş şekillerinin işlendiği tablo.	25
Çizelge 2. 2 : İncelenen üniversitelerde yurtdışı için derslerin konu ve işleyiş şekillerinin işlendiği tablo.	26
Çizelge 2. 3 : İncelenen üniversitelerde Türkiye için derslerin verildiği dönemlerin ve adlarının işlendiği tablo.	27
Çizelge 2. 4 : İncelenen yurtdışı üniversitelerde derslerin verildiği dönemlerin ve adlarının işlendiği tablo.	28
Çizelge 2. 5 : Mimarlıkta strüktür eğitimi ve sanal gerçeklik örneklerinin inceleme sonucuna ilişkin tablo.	39



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1. 1 : Araştırmanın ilerleyiş yolu.	2
Şekil 2. 1 : Araştırmanın genel çerçevesi ve ilişkiler.	7
Şekil 2. 2 : Dale'in deneyim konisi.	9
Şekil 2. 3 : Tasarım süreci bağlamında yapılandırmacı öğretim.	16
Şekil 2. 4 : Araştırma konusunun öneri kapsamında daraltılması.	19
Şekil 2. 5 : Derslerin içeriklerine göre mimarlıkta strüktür eğitimi içeren konuların seçilmesi.	22
Şekil 2. 6 : İncelenen üniversitelerde konusuna göre ders dağılımları.	29
Şekil 2. 7 : Taşıyıcı sistemler derslerinin incelenen üniversitelerde işleniş şekillerine göre dağılımı. (Lisans boyunca öğrencilerin zorunlu olarak aldıkları toplam ders sayılarına göre hesaplanmıştır.)	29
Şekil 2. 8 : Yapı sistemleri derslerinin incelenen üniversitelerde işleniş şekillerine göre dağılımı	30
Şekil 2. 9 : Kazanılan yeterliklere göre mimarlık eğitimi derslerinin sınıflandırılması	31
Şekil 2. 10 : Öğrencilerin küçük bir ahşap köşkün yapısını analiz etmelerini gerektiren çizime dayalı birinci alıştırmanın sonuçlarından örnekler.	33
Şekil 2. 11 : Öğrencilerin bir çelik çerçeve yapısını tahmin etmelerini ve görselleştirmelerini gerektiren çizime dayalı bir ikinci alıştırmanın sonuçlarından örnekler.	33
Şekil 2. 12 : Mimarlıkta strüktür eğitiminde didaktik eğitim modeli - Didactic model of education in architectural structures.	35
Şekil 2. 13 : İnşaat mühendisliği eğitimi geliştirmek için sanal gerçekliği kullanma.	40
Şekil 2. 14 : Sanal ortamlarda görselleştirilen bina faaliyetleri.	41
Şekil 2. 15 : İnşaat mühendisliği eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik teknolojisi...	42
Şekil 2. 16 : İnşaat mühendisliği eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik teknolojisi..	42
Şekil 2. 17 : Mimari tasarım stüdyolarında sanal gerçeklik kullanımı: Yapı ve inşaat üzerine bir çalışma örneği.	43
Şekil 2. 18 : Sanal Gerçeklikte sunulan inşaat işleri sürecinin bazı adımları	44
Şekil 2. 19 : "Ev İnşa Süreci için Adım Adım Simülatör" bölümünden bir ekran görüntüsü, "Mimari Detayların Derinlemesine Gözden Geçirilmesi" bölümünden bir ekran görüntüsü ve "Pratik Yap ve Öğren" bölümünden bir ekran görüntüsü.....	45
Şekil 3. 1 : Sanal gerçeklik sistem bileşenleri.	50
Şekil 3. 2 : Vive kontrolörü – Leap motion – Duyusal eldivenler.....	51
Şekil 3. 3 : Giyilebilen teknoloji.....	52
Şekil 3. 4 : Sanal gerçeklik teknolojisinin tarihi.....	56
Şekil 4. 1 : Mimarlık eğitiminin dallara ayrılması.....	63

Şekil 4. 2 : Tez kapsamında önerilecek ortam için konunun seçilmesi.	64
Şekil 4. 3 : Çalışma kapsamında öngörülen eğitim ortamı değişimi.	64
Şekil 4. 4 : Sanal ortamın eğitim ortamındaki öngörülen yeri.	65
Şekil 4. 5 : Çerçevenin belirlenme şeması.	66
Şekil 4. 6 : Leap motion kontrolörü.	68
Şekil 4. 7 : "Leap motion"un menzıl alanı.	68
Şekil 4. 8 : Unity oyun motorunda ortamın uzaktan görünüşü.	69
Şekil 4. 9 : İlk sahne görünümü.	70
Şekil 4. 10 : Betonarme taşıyıcı sistem için kütüphane girdi sistemi.	70
Şekil 4. 11 : Sistem akışı.	72
Şekil 4. 12 : Arazi ölçülerini belirleme ekranı.	72
Şekil 4. 13 : Arazi ölçüsü belirleme ekranının ortam içinde görünümü.	72
Şekil 4. 14 : Arazi ölçülerini girme 1.	73
Şekil 4. 15 : Arazi ölçülerini girme 2.	73
Şekil 4. 16 : Taşıyıcı sistem seçme ekranı.	73
Şekil 4. 17 : Betonarme taşıyıcı sisteminin seçilmesi.	74
Şekil 4. 18 : Taşıyıcı sistemi seçimini onaylama.	74
Şekil 4. 19 : Oluşturulacak nesnenin seçilme ekranı 1.	74
Şekil 4. 20 : Oluşturulacak nesnenin seçilme ekranı 2.	75
Şekil 4. 21 : Oluşturulacak nesnenin ölçülerinin girilme ekranı.	75
Şekil 4. 22 : Menüde geri dönmeye yarayan panelin gösterimi ve yapılışı.	75
Şekil 4. 23 : Leap motion ve başa takılan cihazın (HMD) birlikte çalışması.	76
Şekil 4. 24 : Sanal konum değişimi – Işınlanma.	77
Şekil 4. 25 : Işınlanma hareketinin unity ekranındaki ayarları.	77
Şekil 4. 26 : Bir daireyi izleyen tek bir parmak.	78
Şekil 4. 27 : Bir parmağın uzun, doğrusal hareketi.	78
Şekil 4. 28 : Bir klavye tuşuna dokunuyormuş gibi parmakla yapılan bir dokunma hareketi.	78
Şekil 4. 29 : Dikey bir bilgisayar ekranına dokunuyormuş gibi parmakla yapılan bir dokunma hareketi.	78
Şekil 4. 30 : Sanal ortamın uzaktan görünüşü.	79
Şekil 4. 31 : Sanal ortamın yakından görünüşü.	79
Şekil 4. 32 : Sol el menüsünü açma hareketi.	80
Şekil 4. 33 : Menü görünümü.	80
Şekil 4. 34 : Nesne oluşturma.	80
Şekil 4. 35 : Elde nesnenin oluşması.	81
Şekil 4. 36 : Nesnenin kullanıcının elinde görünümü ve arazide görünümü.	81
Şekil 4. 37 : Nesnenin tutulduğunda transparanlığı ve dokunulduğunda transparanlığı.	82
Şekil 4. 38 : Nesnenin farklı etkileşimlerde renginin değişmesiyle ilgili Unity ekran görünümü.	82
Şekil 4. 39 : Ölçekleme hareketi.	82
Şekil 4. 40 : Sağ el menüsünü açma hareketi.	83
Şekil 4. 41 : Sağ el menüsü.	83
Şekil 4. 42 : Çoğaltma işleminin aşamaları.	83
Şekil 4. 43 : Silme işleminin aşamaları.	84
Şekil 4. 44 : Sol el menüsünü kapatma hareketi.	84
Şekil 4. 45 : Yapısal tasarımın bitmiş halinin değerlendirmeye sokulması.	85
Şekil 4. 46 : Değerlendirme sonucu örneği.	85
Şekil 4. 47 : Değerlendirme sonrası yapısal tasarımın keşfedilmesinden görüntüler.	85

MİMARİ TASARIM EĞİTİMİNDE STRÜKTÜR BİLGİSİNİ SANAL ORTAM DESTEĞİ İLE GELİŞTİRME AMAÇLI BİR MODEL

ÖZET

Günümüzde bilim ve teknolojinin gelişimi ile etkin bir hale gelen sanal gerçeklik teknolojisinin potansiyelleri, birçok alanda eğitim açısından değerlendirilmektedir. Eğitim, sanal ve sayısal teknolojiler ile birlikte giderek hızlanan bir dönüşüm ve gelişim içine girmiştir. Mimarlık eğitiminde de tasarım, tarih ve teknik dersler için bu dönüşüm üzerine çalışılmaktadır. Bu çalışmada, bu dönüşümün mimarlık alanında strüktürel eğitime katkı sağlayabilecek bir yazılım desteği önerisinin geliştirilebilmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın gerekçesi, öğrencinin pasif ve kuramsal olarak öğrendiği mimarlıkta strüktür bilgisini, tasarım bilgisiyle yeterince bağdaştıramamasından doğan eğitim eksikliklerinin giderilmesidir. Çalışmanın amacı ise, öğrencinin strüktürel eğitim derslerinde öğrendiği strüktürel bilgiyi tasarımsal bilgisiyle entegre edebileceği bütünsel ve kapsayıcı bir sanal ortam önerisi geliştirmektir. Yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorilerinden yola çıkarak, mimarlık öğrencilerin sanal bir oyun ortamında, deneyip yanılma yoluyla eğitim ortamına aktif bir şekilde katılım gösterip kuramsal bilgiyi daha iyi kavramaları ve tasarım bilgisiyle bağdaştırabilmesi beklenmektedir. Bu doğrultuda mimarlıkta strüktür eğitiminin, öğrenim açısından var olan sorunları tespit edilerek, geliştirilmesi düşünülen ortam için sanal gerçeklik ortamının potansiyellerinden yararlanma olasılıkları araştırılacaktır.

Giriş bölümünde çalışmanın amacı, kapsamı ve yöntemi kısaca anlatılmıştır. İkinci bölümde, öncelikle, sanal gerçeklik teknolojisinin eğitimde kullanımının önemi belirtilmiştir. İnsanların ürettikleri bilginin deneyimlerine dayandığını savunan yapılandırmacı eğitim ve öğrenmenin en iyi yolunun öğrencinin çok duyuşsal bir ortamda birbirleriyle ve eğitimcileriyle iletişim kurarak olduğunu söyleyen bilişsel gelişim teorileri araştırılarak sanal gerçeklik ve faydaları ile bağdaştırılmıştır. Seçilen ulusal ve uluslararası üniversitelerdeki mimarlıkta strüktür eğitimi müfredatları, verilen dersler özelinde araştırılmıştır. Bu üniversitelerdeki mimarlıkta strüktür eğitimini içeren dersler, işleniş şekilleri açısından incelenmiş ve karşılaştırılmıştır. Öğrencinin mimarlıkta strüktür eğitimi ile öğrenim ilişkisi irdelenmiştir. Daha sonra sanal gerçeklik teknolojisinin eğitime katkıları araştırılmış, bütüncül olarak eğitimde ve özel olarak mimarlık eğitiminde kullanımına dair örnekler ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu veriler sonucunda mimarlıkta strüktür eğitiminin eksik yönleri keşfedilerek sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımı ile fayda sağlanabileceği keşfedilmiştir. Ayrıca sanal gerçeklik teknolojisinin mimarlıkta strüktür eğitimi derslerinde etkili bir ders destek materyali olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda mimarlıkta strüktür eğitimi özelinde tespit edilen sorunların derlenmesiyle, geliştirilecek sanal ortam önerisi için bir altyapı oluşturulmuştur. Bu altyapının yapılandırmacı eğitim teorisi ve bilişsel gelişim teorileri ile bağdaşması

öngörülmektedir. Üçüncü bölümde çalışmanın yöntemi tanımlanmıştır ve sanal gerçeklik teknolojisi incelenmeye başlanmıştır. Tarihi, sistem bileşenleri, arayüz tasarımı, yan etkileri, ve türleri şeklinde başlıklar altında sanal gerçeklik teknolojisi araştırılmıştır. Sanal gerçeklik teknolojisini ulaşılabilirliği tartışılmış ve sanal gerçeklik ortamlarında kullanılan arayüzler incelenerek önemi irdelenmiştir. Elde edilen bu bilgilerin önerilecek sanal ortamın yapılandırılma ve tasarlanması aşamasında faydalı olması beklenerek dördüncü bölüme geçilmiştir.

Dördüncü bölümde çalışmanın amacı olan sanal gerçeklik ortamı önerisi geliştirilmiştir. Çalışmanın önceki bölümlerinde araştırılan ve irdelenen yapılandırmacı eğitim teorisi ve bilişsel gelişim teorileri, ulusal ve uluslararası mimarlıkta strüktür eğitimi müfredatları ve eğitimde sanal gerçeklik uygulamaları göz önünde bulundurularak mimarlıkta strüktür eğitimi müfredatı için ders destek materyali olabilecek bir sanal ortam önerisi ve çerçevesi sunulmuştur. Burada öncelikle önerilecek olan sanal ortamın dersle ilişkisini belirlenmesi adına bir çerçeve belirlenmiştir. İkincil olarak arayüz tasarlanması başlığı altında kullanıcının sanal ortamda görecekerinin açıklandığı fiziksel arayüz ve tasarlanan arayüzün kullanımını anlatan sayısal arayüzler açıklanmıştır. Sonrasında uygulamanın kullanılması planlanan gerçek dünyada ve dijital dünyadaki hareketleri tanımlanmıştır. Uygulamanın çalışma prensipleri açıklanmış ve etkileşimleri anlatılmıştır. Böylece önerilen sanal ortam çalışma kapsamında bitirilmiştir.

Son olarak ise çalışmanın önceki bölümlerinde elde edilen veriler toplanarak bir sonuca bağlanmıştır ve çalışmanın kapsamına dahil olmayan ve ileride çalışmanın ilerletilebilmesi adına yapılabilecek gelecek uygulamaları ve çalışmaları üzerine tartışılmıştır.

A MODEL FOR DEVELOPING STRUCTURAL KNOWLEDGE IN ARCHITECTURAL DESIGN EDUCATION WITH THE SUPPORT OF VIRTUAL ENVIRONMENT

SUMMARY

Today, the potentials of virtual reality technology, which has become effective with the development of science and technology, are evaluated in terms of education in many areas. Education has entered into a transformation and development that is accelerating day by day with virtual and digital technologies. This transformation in architectural education is studied for design, history and technical courses. In this study, it is aimed to develop a software support proposal that can contribute to the structural education of this transformation in the field of architecture. The aim of the study is to eliminate the educational deficiencies caused by the student's inability to adequately reconcile the knowledge of structure, which he has learned passively and theoretically in architecture, with the knowledge of design. The aim of the study is to develop a holistic and inclusive virtual environment proposal where the student can integrate the structural knowledge learned in the structural education courses with the design knowledge. Based on constructivist education and cognitive development theories, architecture students are expected to actively participate in the educational environment through trial and error in the virtual game environment, to better comprehend theoretical knowledge and to associate it with design knowledge. In this direction, the existing problems of structural education in architecture in terms of learning will be determined and the possibilities of benefiting from the potentials of the virtual reality environment for the environment planned to be developed will be investigated.

In the introduction, the aim, scope and method of the study are briefly explained. In the second part, first of all, the general framework and relations of the research were determined and briefly explained. The importance of using virtual reality technology in education was emphasized. Examples of the use of virtual reality in education were examined. The benefits of using them are discussed. Then, the benefits of constructivist education and cognitive development theories and virtual reality technology in education were determined. Constructivist educational theory involves making connections between existing knowledge and new knowledge and argues that knowledge is retained more permanently in a multi-sensory environment. In cognitive development theory, knowledge is not accepted as it is, it is discovered. With this information, the virtual reality part in architectural education has been passed. It is discussed in the light of information about the use of virtual reality in the design process or in different branches. In the next part of the study, structural education in architecture started to be examined. Structural education curricula in architecture at selected national and international universities were researched specifically for the courses given. Five schools that provide leading architectural education from Turkey

were selected. According to the QS university ranking from the world, the best 6 schools have been selected by paying attention to their being from different countries. Architectural education is divided into three courses: design knowledge, building knowledge and history knowledge. Then, the building information section is divided into four: building systems, structural systems, building physics and building management. From this point of view, within the scope of the thesis, it was decided to conduct a special research on the courses related to building systems and structural systems. The courses in which building education in architecture took place in these universities were examined and compared in terms of the way they were taught. Processing methods were divided into six groups as lecture, case study, project/application, laboratory, excursion and seminar. In line with these processing methods, the relationship between the education received by the student and architectural education has been examined. According to the analysis made, it has been seen that the way of teaching the subject in structure education in architecture and case study covers a large part of the course when all the ways of processing are examined. From this point of view, it has been determined that structural education in architecture is handled with a passive, single-centered education approach away from design studios. After the analysis of building education in architecture, virtual reality applications that were made and applied before were examined. Thus, it is aimed to determine how solutions are produced against the existing training methodology. Here, attention has been paid to the fact that it is an applied case study and an immersive virtual reality type. These studies were categorized and examined and inferences were made about their benefits. When the studies were examined, it was seen that all but one proceeded on the existing model and the importance of visual quality - interface design. As a result of these data, it has been discovered that the deficiencies of structural education in architecture can be discovered and the use of virtual reality technology can be beneficial. In addition, it has been concluded that virtual reality technology can be an effective course support material in structural education courses in architecture. The most important point is that instead of covering the whole course, it is used as an aid in a part of the course. In this context, an infrastructure was created for the virtual environment proposal to be developed by compiling the problems identified in building education in architecture. It is predicted that this infrastructure will be compatible with constructivist education theory and cognitive development theories.

In the third chapter, the method of the study is defined and virtual reality technology is started to be examined. Virtual reality technology has been researched under the titles of history, system components, interface design, side effects, and types. The accessibility of virtual reality technology has been discussed and the importance of the interfaces used in virtual reality environments has been examined. It is anticipated that this information will be useful in the construction and design of the virtual environment to be proposed, and the fourth section has been passed.

In the fourth chapter, the virtual reality environment proposal, which is the aim of the study, has been developed. Considering the constructivist education theory and cognitive development theories, national and international architectural education curricula and virtual reality applications, which were researched and examined in the previous parts of the study, a virtual environment proposal and framework that can be a course support material for construction is presented. Here, firstly, a framework has been determined to determine the relationship of the virtual environment to be proposed with the course. Accordingly, parts of active lecture - exercises and

assessments - will be used as a support for the lesson. It is foreseen that the interaction between the instructor and the student will increase. Secondly, under the title of interface design, the physical interface that the user will see in the virtual environment and the digital interfaces describing the use of the designed interface are explained. In the physical interface, the tasks determined for the virtual environment, which controller to use and why are explained. In the digital interface, the library's input system is specified and it is explained what kind of system the user will encounter. The working principles of the application, physical movement and digital movement and interaction titles have been fictionalized under the title of working principles and interactions of the application. Accordingly, there are verbal and visual explanations about what the user should do and how he should see in his experience. Thus, the proposed virtual environment within the scope of the study has been completed.

Finally, the data obtained in the previous parts of the study were collected and a conclusion was reached. Accordingly, it has been concluded that virtual reality technology can be used effectively as a course support material in building education in architecture and this support can positively affect the course. Future applications, studies that are beyond the scope of this study and that can be done to move the study forward are discussed. Accordingly, the potentials of the study through different versions are explained. In addition, it has been determined that the proposed versions of the study can be put into practice and applied together with the student in the building systems and structural systems courses throughout the semester. It is foreseen that different developments will occur with the trial of the application. Thus, the effect on the student and the lesson can be seen. In addition, this study is expected to be a source for similar studies to be done in the future.

1. GİRİŞ

Bilgi teknolojisindeki son ilerlemeler, eğitim metodolojilerini, yaklaşım ve araçları açısından geliştirmek için çeşitli fırsatlar ortaya çıkarmıştır. Bu fırsatlardan biri de eğitimde sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımınıdır. Eğitim, hızlı değişen sektörlerden biridir. Günümüzde eğitimin birçok alanında değerlendirilen sanal gerçeklik teknolojisi, bilgisayarın, kullanıcının davranışına etkileşimli olarak yanıt veren ve onun tarafından kontrol edilen ve duyuşsal bir daldırma ortamı yaratan bir insan-bilgisayar arayüzü olarak tanımlanabilir (Abdelhameed, 2013). Buradan hareketle sanal gerçekliğin deneyimsel doğası, öğrenmeye yönelik yapılandırmacı bir yaklaşımı desteklemektedir (Winn, 1993). Yapılandırmacı yaklaşım, eğitim teorisi olarak yorumlandığında var olan bilgi ile yeni bilgi arasında bağ kurma ve bütünleştirme sürecini kapsar. Çalışmanın konusu gereği sanal gerçekliğin yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileri ile bağlantısı mimarlık eğitimi ve mimarlıkta strüktür eğitimi üzerinden incelenerek sanal gerçekliğin mimarlık eğitimine hangi konularda katkılar sağlayabileceği özetlenmiştir. Buna göre sanal gerçeklik teknolojisi mimarlık eğitiminin çeşitli alanlarında, temel derslerden ileri konulara kadar kullanılabilir:

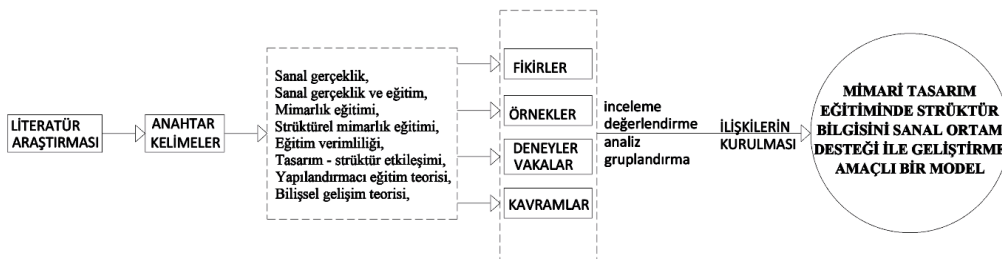
- Tarih ve teori; tarihsel durumların ve şematik kavramların modellenmesi ve gözden geçirilmesinde,
- Teknik kurslar; yapıların modellenmesi ve davranışlarının, yapıcı detayların gözden geçirilmesi, bina hizmetlerinin ve performanslarının temsili,
- Tasarım stüdyoları; öğrencilerin önerilerinin modellenmesinde, çağdaş mimari örneklerinin gözden geçirilmesinde (Achten ve Turskma, 1999; Donath ve Regenbrecht, 1997; Emdanat, 1999; Alvarado vd., 1999).

Tasarım, strüktür bilgisi ile şekil kazanır ve ayakta durabilir. Bu yüzden betonarme ve çelik gibi strüktür bilgisi sağlayan dersler mimarlık eğitiminde önemli bir yer tutmaktadır. Strüktür eğitimi ile ilgili dersler, var olan müfredatta hesaplamaya dönük teknik dersler olarak görülmektedir. Bu durum, bu derslerin var olan eğitimdeki parça

- bütün ilişkisinden kopuk olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Öğrenci, bu kurgu kopukluğu nedeniyle birbirinden bağımsız iki tür ders görüyormuş gibi bir yaklaşımla eğitime katılmaktadır. Böylece öncelikle mimarlıkta strüktür eğitimi başlığı altında literatür taramalarının yapılmasına karar verilmiştir. Bu doğrultuda yapılan literatür taramaları sonucunda aşağıdaki önermeler çıkarılmıştır:

- sanal gerçeklik mimarlık eğitiminin çeşitli alanlarında: temel derslerden ileri konulara kadar kullanılabilir,
- derslerin sanal gerçeklik ile anlatılması katkı sağlayabilir,
- sanal gerçeklik teknolojisi, kullanıcılara mimarlıkta strüktür eğitimi ortamında gerçek deneyim sağladığı için, öğrenmede yapılandırmacı yaklaşıma başvurmak için iyi bir araç olarak düşünülebilir,
- sanal gerçeklik ile öğrenmenin konuların entegrasyonuna ve yaratıcı becerilere katkısı olabilir,
- geleneksel öğretme şekli genellikle eğlence odağından, kapsayıcılıktan ve üçüncü boyut algısından büyük ölçüde yoksundur ve sanal gerçeklik teknolojisi, öğrenmeden alınan zevki artırmak için iyi bir çözüm olabilir,
- sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımı, eğitimci merkezli metodolojiden öğrenci merkezli öğrenme metodolojisine geçiş için verimli bir araç olabilir,
- sanal gerçeklik teknolojisi ve 3 boyutlu geometrik modelle etkileşim, geleneksel eğitim metodolojisinde izlenen pasif öğrenmeye son verebilir (Achten ve Turskma, 1999; Donath ve Regenbrecht, 1997; Emdanat, 1999; Alvarado vd., 1999; Sutherland, 1965; Furness, 1989; Winn, 1993; Fonseca vd., 2021;).

Bu önermeler göz önünde bulundurularak mimarlıkta strüktür eğitiminde daha önce yapılan örnekler incelenmiştir.



Şekil 1. 1 : Araştırmanın ilerleyiş yolu.

Bu bağlamda çalışma, mimarlıkta strüktür eğitimine, sanal gerçekliğin getirdiği yeni potansiyelleri değerlendirerek öğrencinin strüktürel bilgi ile tasarım bilgisini birleştirmesini sağlayan bir sanal ortam çerçeve önerisi getirecektir. Şekil 1.1’de araştırmanın ilerleyiş yolu verilmiştir.

1.1 Tezin Amacı

Çalışmanın amacı, özellikle mimarlık öğrencisinin strüktür eğitimi derslerinde öğrendiği strüktür bilgisini tasarım bilgisiyle entegre edebileceği bütünsel ve kapsayıcı bir sanal ortam önerisi geliştirmektir. Günümüzde bilim ve teknolojinin gelişimi ile etkin bir hale gelen sanal gerçeklik teknolojisinin potansiyellerinin birçok alanda eğitim açısından önemli faydalar sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Eğitim, bu görece yeni teknolojiler ile birlikte bir dönüşüm ve gelişim içindedir. Mimarlık eğitiminde de tasarım, tarih ve teknik dersler için bu dönüşüm üzerine çalışılmaktadır. Bu çalışmada ise bu dönüşümün mimarlık eğitiminde strüktür eğitimi üzerine sağlayabileceği katkılar kapsamında yeni bir çerçeve sunulması amaçlanmıştır.

Çalışmanın gerekçesi, öğrencinin pasif ve teorik olarak öğrendiği strüktürel bilgiyi tasarım bilgisiyle bağdaştıramamasından doğabilecek mimarlık eğitimi eksikliklerinin giderilmesidir. Ulusal ve uluslararası mimarlık müfredatları strüktür eğitimi çerçevesinde incelenmiştir. Buna ek olarak çalışmayla ilişki kurulması düşünülen, yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileri ve konu özelinde daha önce yapılmış sanal gerçeklik uygulamaları incelenmiştir. Bu araştırmalardan çalışmaya yardımcı olabilecek bulgular çıkarılmıştır. Bu bulgular sonucunda, öğrencilerin sanal bir oyun ortamında, deneyip yanılma yoluyla eğitim ortamına aktif bir şekilde katılım göstermeleri, bilgiyi daha iyi kavramaları ve tasarım bilgisiyle bağdaştırabilmeleri beklenmektedir. Bu doğrultuda mimarlıkta strüktür eğitiminin, öğrenim açısından sorunlarının tespit edilmesine ve geliştirilmesi düşünülen ortam için sanal gerçeklik ortamının potansiyellerinden yararlanılmasına karar verilmiştir.

1.2 Tezin Kapsamı

Çalışmanın kapsamı doğrultusunda mimarlıkta strüktür eğitimi, kendi içinde incelenmiş ve daha sonra eğitim ve sanal gerçeklik üzerinden irdelenmiştir. Sanal gerçeklik teknolojisinin eğitimde kullanımının önemi belirtilmiştir. Sanal gerçeklik

teknolojisinin eğitime katkıları araştırılmış, eğitimde ve mimarlık eğitiminde kullanımına dair örnekler incelenmiştir. Böylece sanal gerçeklik teknolojisinin mimarlıkta strüktür eğitimi derslerinde de etkili bir ders destek materyali olabileceği sonucuna varılmıştır. Bu bağlamda mimarlıkta strüktür eğitimi özelinde tespit edilen sorunların derlenmesiyle, geliştirilecek sanal ortam önerisi için bir altyapı oluşturulmuştur. Bu altyapının yapılandırmacı eğitim teorisi ve bilişsel gelişim teorileriyle bağdaşması öngörülmektedir. Tezde daha sonra sanal gerçeklik teknolojisi tanımlanmıştır. Bütün bu veriler doğrultusunda, yapılandırmacı eğitim teorisi ve bilişsel gelişim teorileri göz önünde bulundurularak mimarlıkta strüktür eğitimi müfredatı için ders destek materyali olabilecek bir sanal ortam önerisi ve çerçevesi getirilmiştir. Sonuç bölümünde ise yazı boyunca bahsedilen kavramlar ve çıkarılan sonuçlar toplanmış ve özetlenmiştir.

1.3 Tezin Yöntemi

Çalışmada, öncelikle araştırmanın genel çerçevesi ve ilgilendiği konularla ilişkileri açıklanmıştır. Bundan sonra eğitim yaklaşımlarında sanal gerçeklik uygulamaları üzerinden araştırmalar yapılmış ve bu araştırmaların çıktıları üzerinden tartışılmıştır. Daha sonra ikincil bir bakış açısı için yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileri incelenmiştir ve sanal gerçeklikle bağdaştığı noktalar ortaya çıkarılmıştır. Çalışmaya devam edilerek mimarlık eğitiminde sanal gerçeklik başlığı altında irdelenmiştir. İkinci kısmında, mimarlıkta strüktür eğitimi anlayabilmek ve sorunlarının belirlenmesi için Türkiye'nin ve dünyanın önde gelen mimarlık fakültelerinin müfredatları incelenmiş, karşılaştırılmış ve değerlendirilmiştir. Buna göre Türkiye'den İTÜ, YTÜ, ODTÜ ve Bilkent Üniversitesi; dünyadan ise MIT, TU Delft, ETH Zurich, Berkeley, Bartlett ve TU Berlin'in ders kapsamaları incelenmek üzere seçilmiştir. Mimarlıkta strüktür eğitimi kapsamında yapı sistemleri ve taşıyıcı sistemler konularını içeren dersler seçilmiştir. Konularına göre ve işleniş şekillerine göre tablollaştırılmıştır. Tablolar üzerinden çıkarılan grafikler ile sonuçlar yorumlanmış ve daha önce araştırılan yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileri ile bağlantıları kurulmuştur. Mimarlıkta strüktür eğitiminin, öğrencinin öğrenimi ile ilişkisi üzerinde durulduktan sonra, mimarlıkta strüktür eğitimi doğrultusunda daha önce sanal gerçeklik teknolojisi kullanılarak yapılmış araştırmalar, örnekler bulunarak incelenmiştir. Mimarlıkta strüktür eğitiminde sanal gerçeklik kullanımının avantajları,

dezavantajları, artıları ve eksileri çeşitli başlıklar altında tablolaştırılmıştır. Bütün bunlar üzerinden sanal gerçekliğin sağlayabileceği faydalar tartışılmıştır.

Üçüncü bölümde, çalışmanın yöntemi tanımlanarak sanal gerçeklik teknolojisinin tanımına girilmiştir. Burada daha sonra tasarlanacak olan ortamın tasarlanma aşamalarında dikkat edilmesi gereken noktaları için birtakım tanımlamalar ve araştırmalar yapılmıştır. Sanal gerçeklik sisteminin bileşenleri, türleri, sanal gerçeklik teknolojisinin ulaşılabilirliği, yan etkileri ve sanal gerçeklikte arayüz tasarımının önemi gibi konulara değinilmiştir. Bütün bu araştırmaların ve çıktıların dördüncü bölüm olan öneri bölümünde birer girdi olarak kullanılması beklenmektedir.

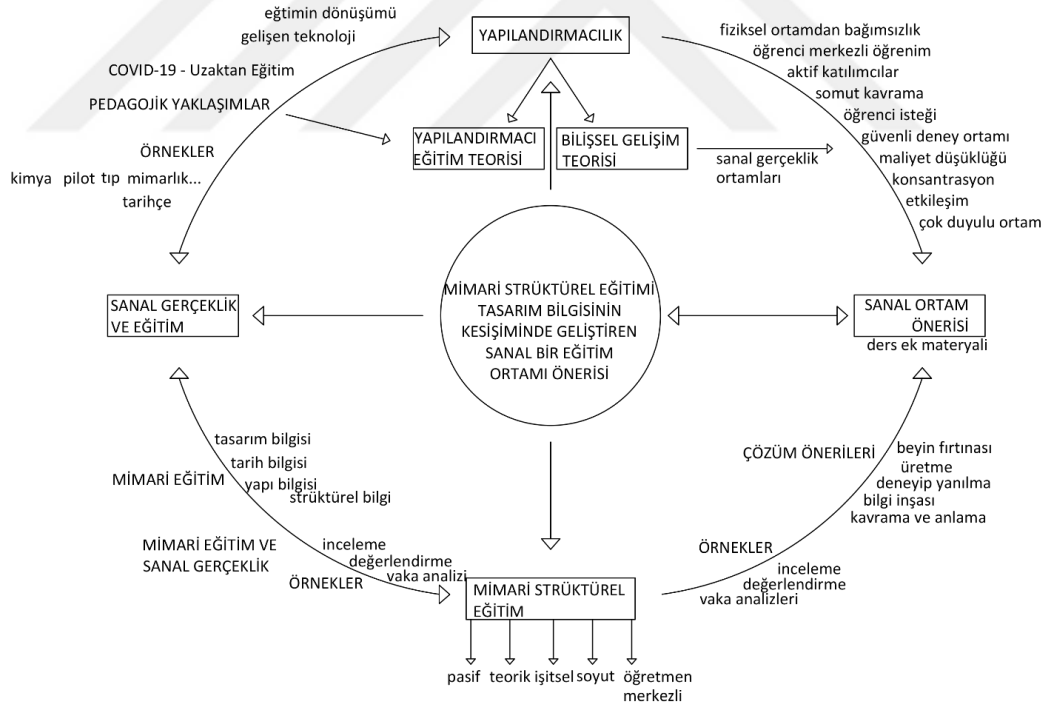
Araştırmanın dördüncü bölümünde üretim kısmı ele alınmıştır. Önerilen ortamın içeriğini ile aşamalarını bu bölüm kapsamaktadır. Buna göre öncelikle bir çerçeve belirlenmiştir ve çalışmanın kapsamı tanımlanmıştır. Önerilen ortamın mimarlıkta strüktür strüktür derslerinin neresinde ve ne kadarında yer alacağı gibi konular burada kararlaştırılmıştır. Araştırma kapsamında sadece bir sanal gerçeklik tasarım önerisi getirilmesine karar verilmiştir. Daha sonra da sanal gerçeklik arayüz tasarımı kısmına geçilmiştir. Burada kullanıcının, sanal dünya ile gerçek dünyada ne ile iletişim kuracağına dair bilgiler yer aldığı fiziksel arayüz ve kullanıcının sanal ortamda karşılaçağı öğeleri anlatan dijital arayüz adlı başlıklar işlenmiştir. Ayrıca sistemin içerdiği kütüphanelerden girdi örnekleri paylaşılmıştır. Sanal ortamın çalışma prensipleri ve içerdiği etkileşimler açıklanmıştır. Kullanıcının gerçek dünyadaki fiziksel hareketi ve sanal dünyadaki dijital hareketleri tanımlanarak işlevleri belirtilmiştir. Kullanıcıya ait bir akış şeması üzerinden sanal ortam deneyimi tanımlanarak dördüncü bölüm bitirilmiştir.

Son bölüm olan sonuç ve tartışma kısmında araştırma boyunca toplanan veriler özetlenerek bir sonuca bağlanmıştır. Ayrıca sanal ortam önerisi üzerinden gelecek çalışmaları ve eklenebilecek özellikler tartışılmıştır.



2. MİMARLIK EĞİTİMİ VE SANAL GERÇEKLİK

Araştırma kapsamında önerilecek olan sanal eğitim ortamının konu, kapsam ve ilişkilerini belirlemek için eğitim yaklaşımları ve sanal gerçeklik bağlantısı; mimarlık eğitiminde sanal gerçeklik ortamları ve ilişkileri araştırılmıştır. Mimarlık eğitimi başlığı altında daha önce yapılan çalışmalar incelenerek analiz edilmiştir. Daha sonra araştırma perspektifi, çalışmanın ana konusuyla daraltılarak mimarlıkta strüktür eğitimi alt başlığında çalışmaya devam edilmiştir. Mimarlıkta strüktür eğitimi tanımlanmış ve mimarlıkta strüktür eğitiminde sanal gerçeklik ortamları ve daha önce yapılmış çalışmalar incelenerek tablolaştırılmıştır. Böylelikle önerilecek bir sanal ortam için bir altyapı oluşturulmuştur. Şekil 2.2’de araştırmanın genel çerçevesi ve ilişkilerin nasıl bağdaştırıldığıyla ilgili bir diyagram yapılmıştır.



Şekil 2. 1 : Araştırmanın genel çerçevesi ve ilişkiler.

Bütün bunların yanında son yıllarda gündemde olan ve uzaktan eğitimi hayatımıza sokan pandemi sürecini de unutmamak gerekir. Bu süreçte eğitim bilinenin dışına çıkmıştır. Eğitim sistemlerinde kullanılan yeni teknoloji yöntemleri sayesinde eğitim ve öğretim, öğrenciler tarafından fiziksel ortamlardan bağımsız bir şekilde

yürütülebilme olanağı kazanmıştır (Kandemir ve Demir, 2020). Uzaktan eğitim adı altında çeşitli görüntülü görüşme programları ile eğitime devam edilmeye çalışılmıştır. Fakat öğrencinin küçük bir ekrandan eğitimcisini takip etmede zorlandığı ve yapılan çalışmaların değerlendirmelerinde birtakım sıkıntılar ortaya çıktığı tespit edilmiştir (Kandemir ve Demir, 2020). Bu noktada sanal gerçekliğin eğitime olan katkısı bir kez daha öne çıkmaktadır. Eğitim amacıyla kullanılan sanal gerçeklik uygulamaları sayesinde eğitimci-öğrenci veya öğrenci-öğrenci etkileşiminin mekândan bağımsız bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir (Süral, 2008). Bu sayede eğitimde sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımı, öğrencilerin sistemlerle etkileşim yoluyla onları öğrenmeye motive edebilecek gerçekçi durumları deneyimlemelerine yardımcı olabilir (Sirror vd., 2021). Sanal gerçeklik teknolojisinin görsel ve işitsel verilerinin kalitesiyle birlikte, öğrencinin o ortamdaki “buradalık hissi” de daha gerçekçi olacaktır (Can ve Şimşek, 2016). Bu teknoloji, farklı ve birbirinden uzak mekanlardaki öğrencileri sanal olarak oluşturulan ortamda bir araya getirme imkânı verir ve ses, görüntü, dokunma gibi duylara hitap etmektedir. Böylece sanal ortamdaki nesnelerin, öğrencilerin ve eğitimcilerin birbirleri ile etkileşime girebilmesine olanak tanımaktadır (Çoruh, 2011). Sanal gerçeklik sistemleri, özellikle pandemi ile birlikte yüz yüze etkileşimin düşük olduğu dönemlerde, yüksek düzeyde sanallaştırılmış ortamlar sayesinde eğitim akışlarının verimliliğini, projelerin sürdürülebilirliğini ve üretim sürecini iyileştirmektedir (Fonseca vd., 2021).

2.1 Eğitim Yaklaşımlarında Sanal Gerçeklik

İnsanların hayatı kolaylaştırıcı arayışları ve teknolojinin gelişimi sayesinde eğitim de bir değişimin içine girmiştir. Bu teknolojik gelişmeler ile bilgi edinme süreci pasif katılımcıdan aktif katılımcıya doğru evrilmiştir (Kandemir ve Demir, 2020). Bir bilgisayar teknolojisi olan sanal gerçeklik de, bu değişimlerden birine kapı açmaktadır. Teknoloji olarak sanal gerçekliğin ilk çıkışı ve gelişimi 1960’lı yıllarda Morton Heiling tarafından izleyicinin dikkatini çekmek için tasarlanan Sensorama cihazına dayanmaktadır. Sonrasında 1980’li yıllarda, sanal gerçeklik teknolojisi geliştirilmiş ve eğlence sektörünün dışında mesleki eğitim ve öğretim alanlarında da kullanılmaya başlanmıştır (Erbaş ve Demirel, 2015). Tıp, kimya, pilotluk, mimarlık gibi eğitimin birçok alanında kullanılmaktadır. Sanal gerçekliğin eğitimde kullanımı ile ilgili kökleri, savaş pilotları tarafından kullanılmak üzere ve bilgisayar destekli tasarım için

başa takılan cihazların (HMD'ler) geliştirilmesine kadar izlenebilir (Furness, 1989; Sutherland, 1965; Winn, 1993). Sanal gerçeklik teknolojisi eğitimin birçok alanında, profesyonel açıdan kullanılmaktadır. Doktorlar ve diş hekimleri için canlı bir cerrahi prosedürü öğrenme sürecinde, sürücüler ve pilotları eğitmek için, çeşitli afetleri gösterecek simülasyonlarla afet yönetimi eğitimleri için oldukça faydalı olduğu söylenebilir. Burada gerçek bir tehlike olmaksızın güvenli ve birden fazla tekrarlanabilir şekilde eğitimler verilmektedir. Deneylerin tekrarlanabildiği bu ortam sayesinde öğrenci başarısızlığının sistemde kayıtlı kaldığı test odaklı geleneksel eğitim sisteminden çok daha farklı bir ortamda deney yapma özgürlüğünü tatmış olur (Velez ve Zlateva, 2017). Bu da eğitimin kalitesini ve verimini artırabilir.

Eğitim, öğrencilerin karmaşık verileri anlamalarını gerektiren bir alandır ve sanal gerçeklik bunu kolaylaştırabilmektedir. Sanal gerçeklik teknolojileri öğrenmeyi, öğrenme sürecini -eğitimi- optimize etmeyi sağlamaktadır (Aiello vd., 2012). Çünkü sanal gerçeklik teknolojisi, bilgi veya dünya ile etkileşime girme yeteneği sayesinde bilgiyi ve dünyayı daldırılmış bir bakış açısıyla ve üç boyutlu bir biçimde sunma potansiyeline sahiptir. Bu daldırma sayesinde dışarıdan gelen dikkat dağıtıcılar en aza indirgenir ve öğrencinin bilgiyi alma kapasitesi artar. Öğrenciler, oluşturulmuş bir sanal gerçeklik dünyasına girebilir veya kendi sanal gerçekliklerini inşa edebilir (Byrne, 2007). Sanal gerçeklik, eğitim süresini kısaltabilir (Boud vd., 1999). Ayrıca Şekil 2.2'deki Dale'in deneyim konisinden de referans alarak bilginin hatırlanma düzeyinin de arttığı söylenebilir.



Şekil 2. 2 : Dale'in deneyim konisi (Jones, 2017).

Fakat bu deneyimin tam olarak gerçekleşmesi için ise sarmalayıcı bir sanal gerçeklik ortamı sağlanmalıdır. Winn'e göre bu ortamın gereklilikleri şu şekildedir:

- Dünyadaki nesnelerin periferik ve foveal görüş tarafından tespit edilebilmesi için geniş bir görüş alanına sahip HMD'ler olması ve idealinde yatay olarak 200 derecelik ve dikey olarakta 120 derecelik bir görsel açısının olması (Furness, 1989);
- katılımcının vücudunun konumunu ve tutumunu izlenmesi;
- katılımcıların bakma ve işaret etme gibi doğal davranışlarını bilgisayara komutlar olarak yorumlayan dönüştürücülerin olması;
- sanal ortamın güncellenerek katılımcıların hareketlerine ve eylemlerine yanıt verebilmesi (Winn, 1993).

Bu sayede burada öğrenci olarak tanımladığımız kullanıcı ile bilgisayar arasındaki nesne ayrımı ortadan kalkar ve görsel ve işitsel verilerle birlikte öğrenci birden fazla duyu organıyla kendisini deneyimin içinde bulur. Bu görsel ve işitsel verilerin kalitesi de önemli bir noktadır. Bunlara bağlı olarak, öğrencinin buradalık hissi gerçeğe daha yakın olacaktır (Can ve Şimşek, 2016). Bu da öğrencinin öğrenme kapasitesini artırır. Bu noktada eğitimin farklı alanlarından çeşitli örnekler incelenmiştir. Ana konudan kopmamak adına incelenen örnekler arasından tıp, tarih, astronomi olmak üzere farklı alanlardan üç örnek sunulacaktır. Örnekler seçilirken konuların farklı alanlardan olmasına, son 10 yıl içinde yapılmış olmasına ve bir deney grubu üzerinde ölçüm yapıp sonuçlar elde edilmiş olmasına dikkat edilmiştir.

İncelenen ilk örnekte, Miami'nin Çocuk Sağlığı Sistemi, doktorları, hemşireleri ve sağlık personeli için entübasyon, yara bakımı ve Heimlich manevrası gibi tıbbi prosedürler konusunda eğitmek için sanal gerçeklik kullanılmıştır. Sonuçlar, bu eğitim programlarının geleneksel eğitime kıyasla daha iyi eğitim sağladığını göstermiştir. CEO Dr. Narendra Kini'nin elde ettiği sonuçlara göre bireyde kalıcılık oranı, geleneksel eğitim verildikten bir hafta sonra % 20 olarak görülürken sanal gerçeklik ile verilen eğitimden bir yıl sonra bile kalıcılık oranı %80 olarak görülmüştür (Walley, 2018). Bunun sebebi sanal gerçekliğin sağladığı çok duyulu ortamla bilgiyi kalıcı hale getirebilme özelliğidir. Bu da Winn'in söylediği sarmalayıcı sanal gerçeklik ortamının koşullarına referans verir. İncelenen ikinci örnekte ise Süleymaniye Külliyesinin; fotoğrafları, üç boyutlu bilgisayar modeli, panoramik ve etkileşimli görüntü dosyaları oluşturulmuştur. Denek grubu sanal gerçeklik ortamında yapının içinde gezmiştir. Deney sonunda deney ve kontrol gruplarına bilgi testi uygulanmıştır. Testin

sonuçlarına göre sanal gerçeklik yönteminin başarı puanları ve kalıcılık puanları yönünden, geleneksel yöntemle karşı üstün olduğu sonucu çıkarılmıştır (Çoruh, 2011). Üçüncü örnekte ise amaç güneş sistemini öğretmektir. Bir deney grubuna sanal gerçeklik aracılığıyla deneyim yaşatılmıştır, diğer deney grubuna ise masaüstü üzerinden deneyim yaşatılmıştır. Deney gruplarıyla yapılan röportajlar sonrası deneklerin şu görüşte toplandığı görülmüştür: “Basit bir metin veya görselden okumak yerine güneş sisteminin içindeymiş hissediyorsunuz.” Bu da öğrencilerin konuya olan ilgilerini arttırmıştır (Hussein ve Natterdal, 2015).

Bütün bu örneklere göre çıkarabilecek ortak sonuç şöyledir: Daha ucuz maliyeti ve erişilebilirliği ile sanal gerçeklik, yakın gelecekte eğitimde gerekli bir araç haline gelebilir. Sanal gerçeklik teknolojisinin sunduğu deneyim, bugün eğitimde kullanılan diğer araç türleriyle yeniden üretilemeyen bir şeydir. Sanal gerçeklik, doğru kullanıldığında hem eğitimcilere hem de öğrencilere için büyük bir potansiyel sunabilir (Hussein ve Natterdal, 2015). Ayrıca, sanal gerçeklik ortamları, öğrencilerin geleneksel öğrenme sürecinden daha az bilişsel çabayla bilgi edinmelerini sağlar ve görselleştirme unsuru sayesinde öğrencinin algılama ve takip etme becerilerini geliştirerek öğrencinin öğrenme kapasitesini artırır (Chittaro ve Ranon, 2007). Öğrencilere zengin algısal ipuçları ve çok yönlü geri bildirimler veren sanal eğitim ortamlarının;

- gerçek ortamlarla kolaylıkla entegre olabildiği,
- öğrencinin içerikle etkileşimde bulunmasına imkân verdiği ve
- öğrenirken eğlendirmesi sonucu kavramların öğrenilmesini kolaylaştırdığı görülmektedir (Can ve Şimşek, 2016).

Bunun yanında; ortamda bulunma hissi ve hayal gücünün öğrencilerin problem çözme becerilerini geliştirdiği görülmektedir. Bu da öğrencide yüksek düzeyde hayal gücünü teşvik eder ve etkileşimli öğrenme deneyimleri sağlayarak bilginin yapılandırılmasına yardımcı olur (Can ve Şimşek, 2016). Kısacası, sanal gerçeklik teknolojisi, görsel algılamayı yükseltmesi sayesinde zor soyut kavramları öğretmek için çok uygundur (Burdea ve Coiffet, 2003). Örneklerle desteklenen bu faydaların yapılandırmacılık, yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileriyle bağdaşabileceği öngörülmektedir.

Ayrıca Nesenbergs vd. (2020) yaptığı araştırma makalesindeki sonuçlara bakmak sanal gerçekliğin eğitimde kullanımının gelişim sürecinde ve günümüzdeki durumunu belirlemek adına faydalı olacaktır. “Uzaktan Yüksek Öğretimde Arttırılmış ve Sanal Gerçekliğin Kullanımı: Sistematik Bir Şemsiye İncelemesi” adlı makalelerinde, öncelikle altmış sekiz makale tespit edilmiştir ve daha sonra makalede belirledikleri uygunluk ölçütlerine göre bu altmış sekiz makaleden dokuzu incelenmiş ve kullanılmıştır (Nesenbergs vd., 2020). Makaleler, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin

- öğrencilerin performansları,
- ödevleri tamamlama verimliliği,
- öğrencinin verilen bilgiyi kullanarak görevi tamamlaması,
- öğrencinin çalışma sürecine katılması,
- öğrencinin keyif alması,
- süreçteki memnuniyeti,
- derse katılım istekliliği

üzerindeki etkilerine göre değerlendirilmiştir. Makalelerde incelenen yirmidört adet çalışmanın sonuçlarına göre, onbirinde olumlu etki, yedisinde olumsuz etki ve altısında hiçbir etki olmadığı tespit edilmiştir. Bu noktada, öğrencilerin başarıları üzerinde olumsuz etkisi olan çalışmalar incelendiğinde bahsedilen teknolojilerin derslerin yerini tamamen aldığı ortaya çıktığı görülmektedir. Olumlu sonuç gösteren çalışmalarda ise belirtilen teknolojilerin derslere adaptasyonun iyi tasarlandığı sonucu çıkarılmıştır. Ayrıca olumlu etki alınan çalışmalar, iyi görselleştirme ve etkileşim sayesinde soyut ve karmaşık içerikli derslerin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olduğu görülmüştür. Öğrencilerin üç boyutlu bir dünyada çalışarak deneyimsel bir yaklaşımın içinde bulunmaları daha önce bahsedilen geleneksel eğitimden daha verimli olduklarını göstermiştir. Nesenbergs ve diğerleri bu yüzden araştırmalarının sonucunda, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin tamamen yeni bir eğitim yaklaşımı olarak benimsenmesi yerine mevcut olan derse yardımcı bir araç olarak kullanılması daha uygun olacağı görüşünü bildirmişlerdir (Nesenbergs vd., 2020).

2.1.1 Yapılandırmacı eğitim, bilişsel gelişim teorileri ve sanal gerçeklik

Yapılandırmacılık, insanların bilgi ürettiklerini ve deneyimlerine dayanarak anlam oluşturdıklarını savunur (Jonassen, 1991). Jonassen bunu şu şekilde tanımlamıştır: Kantçı inanışa dayanan yapılandırmacılıkta, gerçeklik zihinsel olarak deneyimsel olarak inşa edilir ve her kişi kendi deneyimine göre bu gerçekliği kurgular. Yapılandırmacı felsefeye göre insanlar deneyimlerini anlamlandırmak için kendi kurallarını ve zihinsel modellerini oluşturur. Bu yüzden eğitim süreci, insanın zihinsel modellerini oluşturma süreci olarak kabul edilir (Kurt, 2011). Sonucunda ortaya çıkan veri aynı olsa da her insan kendine göre bir algılayış oluşturur, bu da doğrudan alınan bilginin verimsizliğini ortadan kaldırır. Yapılandırmacı eğitimle tasarlanacak ortamlar, insanların bu süreçteki algılayış becerisini artıracak şekilde tasarlanmalıdır.

Yapılandırmacılıkta bilginin tekrarı değil, bilginin transferi ve yeniden yapılandırılması söz konusudur (Perkins, 1999). Yapılandırmacı eğitim anlayışını savunanlar, eğitimin özelliklerinden ziyade eğitim ortamlarını tasarlar (Jonassen, 1994, s. 35). Bilgi felsefesine göre bilgi, bireyin bedenselliğine, gerçek ya da simüle edilmiş bağlamlara dayanır ve zihinsel ya da algısal olarak inşa edilir (Aiello vd., 2012). Bir eğitim teorisi olarak düşünüldüğünde ise şöyle bir çerçeve çizildiği görülmüştür. Eğitim çevresi, öğrenciyi etkiler ve bu iki öge arasında bir etkileşim gerçekleşir. Bu yüzden eğitim yaklaşımı gerçek ve günlük yaşamda uygulanabilir olmalıdır. Kısacası eğitim deneysel olmalıdır. Çünkü eğitim süreci aktif bir süreçtir (Dewey, 1916). Piaget ve Dewey, eğitimcinin rolünün, öğrencinin gerçeği deneyimleme konusundaki merakını teşvik etmek olduğuna inanmıştır (Ornstein ve Hunkins, 1998). Bu çerçevede daha önce bahsedilen eğitimci merkezli ders yapısı aksine eğitimci kolaylaştırıcı ve yön gösterici bir rol oynar. Böylece ders yapısı, öğrenci merkezli ve daha aktif olacak şekilde dönüşüm geçirmiş olur. Bunların sonucunda ortaya çıkan yapılandırmacı eğitim teorisi, var olan bilgi ile yeni bilgi arasında bağ kurma ve bütünleştirme sürecini kapsar. Bilgi inşası, birinci şahıs deneyimlerinden doğar ve yeni bilgiler önceki bilgilerin üstüne inşa edilir (Winn, 1993). Bu bağlamda en önemli nokta kullanıcıya yaşatılan deneyimin “daldırma” ve “buradalık” hissiyle ilgilidir.

Sanal ortamda “buradalık algısı” (presence); kullanıcıların üç boyutlu sanal ortamdaki deneyimleri esnasında kendilerini alışıldık fiziksel ortamdaymış gibi hissetmesidir

(Loomis, 1992). Simüle edilmiş bir ortamda bulunulmasına rağmen gerçek bir dünyadaymış hissi, mevcudiyet duygusu yaratılmasıdır (Riva vd., 2009).

“Daldırma” hissi (immersion); fiziksel olarak gerçek olmayan bir dünyada fiziksel olarak var olma algısıdır. Bu tür sistemlerde kullanıcı birkaç dakika sonra oluşturulan ortama dalmış olarak hissetmeye başlar (Aiello vd., 2012). Bu algı, sarmalayıcı bir ortam sağlayan görüntüler, ses veya diğer uyaranlarla kullanıcıyı çevreleyerek yaratılır.

Mevcudiyet, burada bulunma kavramları hakkında zaman içinde farklı değerlendirmeler yapılmıştır. Bu konuyla ilgili düşünen Sastry ve Boyd (1998) sanal bir ortamda kullanıcı nesneleri seçebildiği, hareket ettirebildiği yani nesnelerle etkileşime girebildiği zaman buradaki “mevcudiyet” duygusunun fazla olacağını savunmuşlardır. Başka akademisyenler ise öncelikle algı ve eylem arasındaki nedenselliğin çözülmesi gerektiğini söylemişlerdir (Flach ve Holden, 1998; Zahorick ve Jenison, 1998). Bu yüzden oluşturulan sistem, duyuşal ve bilişsel açıdan oldukça gelişmiş olmalıdır. Bunun için de ortamı oluşturacak sanal gerçekliğin öğeleri belirlenmeli ve kaliteli bir şekilde tasarlanmalıdır.

Sanal gerçeklik deneyimi, katılımcı ile bilgisayar arasında bir sınır görevi gören arayüzü kaldırarak “birinci şahıs” deneyimlerine olanak tanır. Bu teknoloji sanal bir deneyim ortamı sunarak kullanıcının dünyayı tanıması ve anlamasına izin verir (Winn, 1993). Sanal gerçeklik teknolojisi, problem çözme, yaratıcı mantığın geliştirilmesine yardımcı olur; öğrencinin bilişsel algılamasını motive eder; yeni temsili kodlar ve sözlü olmayan iletişim ile öğrencinin algılayışını zenginleştirir. Bu ortamlar, algı ve eylem birlikteliği ile evreni dahil ederek öğrenme sürecini yapılandırır (Piaget, 1998). Bu eğitim ortamlarında her gelen yeni deneyim daha önceki deneyime eklenmez, deneyimin sürekli yenilenmesini sağlayan bir algılayış ile yeniden düzenlenir. Alınan bilgi kendi içinde bir anlam kazanır. Bu yüzden verilen bilgi ne kadar çok uyarımla doluyorsa, öğrenmeyi o kadar teşvik eder. Eğitim açısından ise pasifliği ve geleneksel eğitim yaklaşımını reddeder. Yerine çevreyle iletişime geçerek yeni bir eğitim modelini öne çıkarır. (Aiello vd., 2012). Bu yüzden, sanal gerçeklik teknolojisi, yapılandırmacı eğitim teorisini destekleyecek iyi bir seçenek olarak düşünülmektedir.

Bilişsel gelişim teorisi ise yapılandırmacılık teorisinin öncülerinden olan Piaget tarafından geliştirilmiştir. Buna göre öğrenmenin en iyi yolu, öğrencinin çok duyuşal

bir ortamda birbirleriyle, eğitimcileriyle ve dünyayla ilişki kurmalarıdır (Andersen, 1992). Bilgi olduğu gibi kabul edilmez, tekrar keşfedilir. Bu sayede öğrenciyi bilgiyi yeniden yapılandırarak ve kendi yorumunu ekleyerek temelden kurabilir. Bu noktada bilginin sadece teknik olarak verilmemesi öğrencinin keşfiyle desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir. Öğrencinin deneyip yanılarak öğrendiği bir ortamla bu sağlanabilir.

Bilişsel bilimde geliştirilen teorilerle birlikte teknolojik araçların kullanımı eğitim yaklaşımları ile ilgili bir çok seçenek sunmaktadır. Özellikle, eğitim sistemlerini uzun zamandır etkileyen geleneksel ‘neyi bilmek gerekir’ ve ‘nasıl bilmek gerekir’ soruları arasındaki uçurumun kapanmasına yardımcı olurlar (Brown vd., 1989). Eğitim üzerine yapılan çalışmaların çoğunda ana fikir çevre ile kişi arasındaki etkileşim en büyük aracı insan bedenidir. Bu yüzden bedeni uyarmak adına oluşturulan ortamlar bilginin inşasını sağlayabilir. Bilginin inşa edilmesi duyu ve algı organlarına bağlıdır, öğrencinin sanal bir dünyaya daldırılması, öğrenmeye olan hevesini artırır ve öğrenme potansiyelini artırır. Fakat bu ortamlar müfredatı tamamen değiştirecek araçlar olarak değil, mevcut eğitim anlayışında sanal gerçeklik teknolojileri, eğitim ortamı için olası yardımcı olarak görülmektedir. Bu nedenle eğitim planlaması yapılarak bu araçların görsel ve etkileşimli özelliklerinin yardımcı konumda olduğu bilinerek bir eğitim ortamı tasarlanmalıdır (Aiello vd., 2012). Daha önce eğitimde sanal gerçeklik ile yapılan çalışmaların da incelenmesi ve açıklanan bu kavramlar göz önünde bulundurularak, sanal gerçekliğin eğitim ortamında kullanılmasının, eğitimde yapılandırmacı yaklaşımı ve bilişsel gelişim teorisini desteklediği düşünülmektedir.

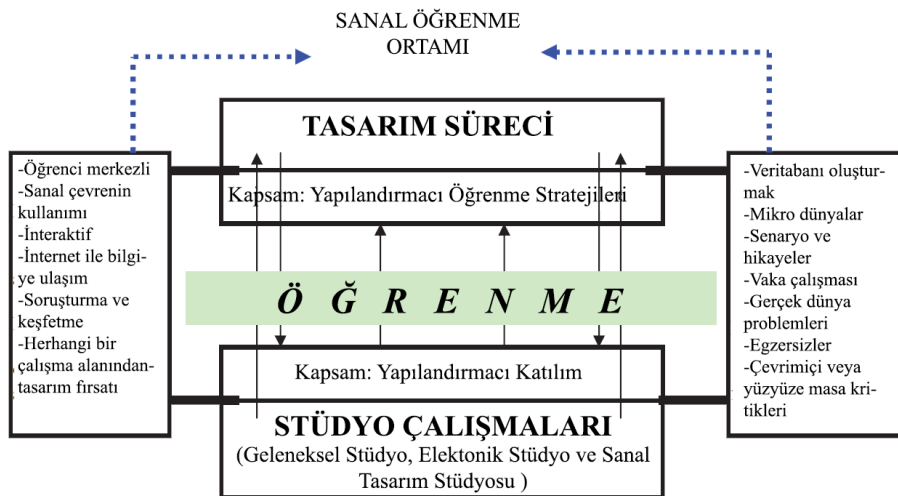
2.2 Mimarlık Eğitiminde Sanal Gerçeklik

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte mimarlık mesleğinin tasarım ve üretiminde bir değişim yaşandığı söylenebilir. Klasik mimari tasarım bir kağıt üzerinde başlamıştır ve fiziksel olarak üretilen bir maketle tamamlanmıştır. Bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle tasarım kağıt üzerinden bilgisayar ekranına geçmiştir (Dvorak vd., 2005). Sanal gerçekliğin mimarlıkta ve mimarlık eğitiminde kullanılması karmaşık yazılımlardan ve maliyetinin yüksekliğinden ötürü başlangıçta şüphelere yol açmıştır (Janowicz, 2020). Fakat günümüzde mimarlıkta ve mimarlık eğitiminde kullanılan birçok uygulama -Revit, SketchUp, Rhino, 3dsMax, Navisworks, Archicad- sanal gerçeklik ile ilgili dosya formatlarını destekler (Huang vd., 2019). Ayrıca gelişen teknolojiyle birlikte sanal gerçeklik ürünlerini deneyimlemek daha ulaşılabilir olmuş

ve maliyet açısından çeşitlenerek farklı düzeylere hitap etmeye başlamıştır. Son gelişmeler ile bilgisayar ekranını da aradan çıkararak sanal gerçeklik ortamında birebir tasarım sağlayacak kadar ilerlemiştir. Eğitimde üç boyutlu yaklaşımlar ve bilgisayar üzerinden etkileşim sağlamak için fare ve klavye kullanılır, fakat sanal gerçeklik ortamında gerçek hayat deneyimlerinde kullanılan hareketler ile bir eğitim deneyimi sunulmaktadır ve bu hareketlerin geri bildirimlerini almak mümkündür (Park vd., 2015). Öğrenciler, farklı tarihsel dönemleri, inşa edilmemiş alanları ve özel koşulları deneyimleyebilir, tasarlanan ve önerilen kentsel planları, mimari yapıları test edebilir, alternatifler üretebilir ve öğrenme sürecini iyileştirebilir (Portman vd., 2015). Bu ortam sayesinde değişiklik yapmak kolaydır ve sonuçlar anında gösterilebilir (Chan, 1997). Mimarlık eğitiminin temel amaçlarından biri, tüm bilgilerin görsel olarak dışsallatırılabilmesidir. Bu noktada sanal gerçeklik buradalık ve daldırma hissiyle bu deneyimleri daha da gerçekçi kılabilir. Tasarım derslerinde, tarih derslerinde, strüktür derslerinde öğrenme ve öğretme kapasitesini artırabilir.

Temelde mimari tasarım eğitiminde yapılandırmacı yaklaşım, yapılandırmacı eğitim teorisi ile bilgi teknolojisinin özelliklerini bir araya getirmeyi kapsar ve stüdyo ortamında geleneksel ve yapılandırmacı yaklaşımların hibrit birleşimiyle sanal gerçeklik teknolojilerinin faydaları görülebilir (Kurt, 2011).

Mimarlıkta tasarım eğitiminde sanal gerçeklik teknolojilerini kullanmak eğitimi öğrenci merkezli, interaktif, bilgiye ulaşmak için araştıran keşfeden, her çalışma alanında tasarım yapmayı mümkün kılan bir ortama çevirmektedir (Şekil 2.3).



Şekil 2. 3 : Tasarım süreci bağlamında yapılandırmacı öğretim (Kurt, 2011).

Ayrıca bu ortamı gerçekleştirmek için bir veri bankası, senaryo, gerçek dünya problemleri, egzersizler, çevrimiçi veya yüz yüze kritikler verilecek şekilde bir eğitim ortamı oluşturmak gereklidir.

Mekansal algı ve temsil kapasitesi, mimarlık, inşaat mühendisliği ve kentsel tasarım öğrencileri tarafından kazanılması gereken en önemli becerilerdir (Fonseca vd., 2021). Bu becerilerin geliştirilmesi için proje tabanlı öğrenme yaklaşımı uygulanır. Etkileşimli görsel sistemler - sanal gerçeklik gibi - zaman içinde geliştirilerek nesneleri, malzemeleri, dokuları, aydınlatmayı, sesleri ve diğer üç boyutlu bileşenleri görselleştirmek için kullanılabilen araçlar olmuşlardır. (Scahl vd., 2010). Böylece kullanıcıların aradıkları gerçeklik beklentisini karşılamaya başlamışlardır. Bunu eğitim ayağında da sağlanması adına eğitimde de teknolojik anlamda gelişmeler yaşanmaya başlamıştır. BİM bu gelişmeler sonucunda eğitim alanında da giderek yaygınlaşmaktadır (Kelly, 1972). Tasarım ve yapı, sanal ortam modelleri sayesinde aydınlatmadan malzemenin kalitesine kadar görüntülebilmekte, maliyeti hesaplanabilmekte, bilgisayar ve ekran arayüzü ile görütülenenden daha kesin ve doğru kararlar alabilmeyi sağlamaktadır (Fonseca vd., 2021).

Mimarlık eğitiminde sanal gerçeklik uygulamalarını, tasarım, inşaat, alanda ölçüm ve yapı analizi tasarımı gibi dallarda incelemek mümkündür (Sirror vd., 2021). Sanal gerçeklik teknolojisi, bu dallarda, öğrenciler için ulaşılamayan gerçek yaşam deneyimlerini sunmak amacıyla kullanılmaktadır (Samarasinghe vd., 2019). Tasarım dersleri özelinde ise, sanal modelde dolaşarak tasarımlarının mekansal niteliklerini öğrenciye aktarmak ve düşünülen malzemelerin renkleri, dokusu hakkında gerçekçi fikirler elde etmek amacıyla kullanılmaktadır (Chan, 1997). İnşaat alanında, sanal ortamın vadettiği güvenli ortam sayesinde inşaat aşamaları öğrencilere bu ortamlarda gösterilmektedir (Sirror vd., 2021). Bu konuda yapılan çalışmalar ile sanal gerçeklik teknolojisinin deneyimsel öğrenmeyi desteklediği ve öğrencilere verimli bir şekilde bilgiyi aktardığı tespit edilmiştir (Chan vd., 2015). Ayrıca mimarlık eğitiminde inşaat derslerinde BIM'in dahil edilmesiyle öğrencilerin bina sistemlerini daha iyi kavradıkları görülmüştür (Ağırbaş, 2020). Mimarlık eğitiminde sahada yapılan ölçme dersleri için ise sanal ortamda arazi oluşturulup burada deneme yapılma yoluyla eğitimin verilmesi öğrencilerin performanslarını artırabilir (Sirror vd., 2021). Sanal gerçeklik teknolojilerinin yardımcı olabileceği bir başka dal ise yapı analizi ve tasarımı dersleridir. Bu derslerde öğrenciler çok fazla 2 boyutlu ve soyut çizimlerle karşılaşır.

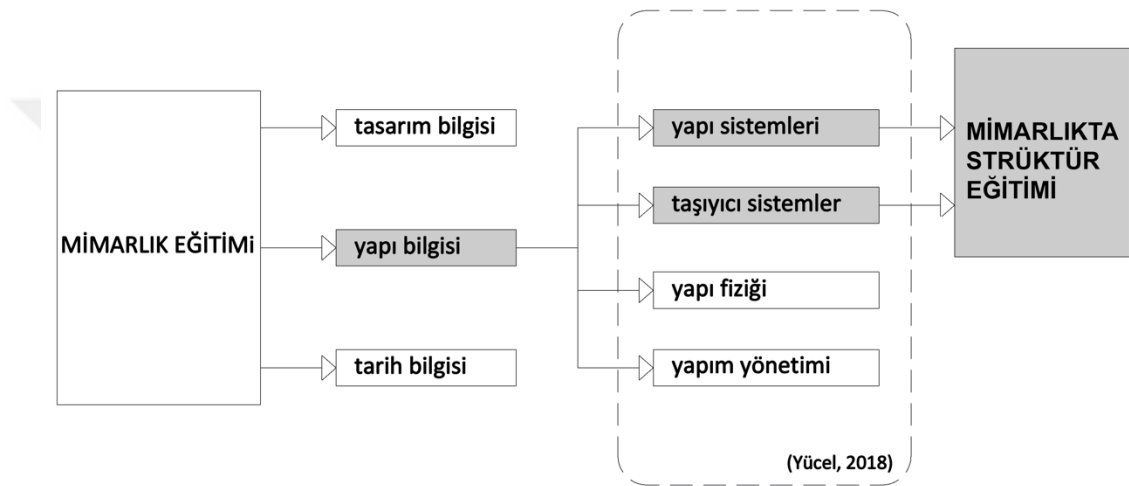
Bu da öğrencilerin bilgiyi kavramasını zorlaştırır. Vergara vd. (2017) öğrencilere teorik kavramları sanal ortamda nasıl verebilecekleri üzerine bir çalışma yürüttüler. Çalışmada, beton numunelerinin sıkıştırma testinin öğrencilerin kendi kendilerine öğrenmelerini sağlayacak bir sanal laboratuvar ve video eğitimleri geliştirdiler. Geliştirilen ortamlar, gerçek ekipman eksikliğini gidermiş ve öğrencilerin motivasyonlarını yükselterek değerlendirme sonuçlarında öğrencilerin notlarını artırmıştır (Vergara vd., 2017). Bu çalışmalara göre sanal gerçeklik teknolojileri mimarlık eğitiminde birçok alanda kullanılmakta ve sonuçları olumlu olarak değerlendirilmektedir.

Mimarlık eğitiminde üç boyutlu binalar ve mekanlarla etkileşimli ortamlar son birkaç yılda dikkate değer gelişme gösteren bir alandır (Fonseca vd., 2016). Öğrenme sürecinde daha kullanıcı dostu teknolojilerin kullanılması, pasif derslerin yerini alan bir anlayıştır. Bu teknolojiler sayesinde öğrenci, ürününü tasarlarken birebir ölçekte deneyimleyebilir ve bu sayede tasarımını iyileştirebilir. Sanal gerçekliğin mimarlık eğitiminde uygulanması, eğitimciler için de yeni bir deneyim getirebilir. Bir öğrencinin projesi her yönden ve tüm ayrıntılarıyla incelenebilir. Eğitimci, tüm detayları görebilir ve öğrenciyle birlikte tasarım üzerine tartışabilir. Öğrenci, hayal kurmaya bağlı olmak yerine, tasarım bileşenlerinin mekansal ilişkilerinin tam bir görüntüsünü anlar (Abdelhameed, 2013). Sanal gerçeklik ortamını kullanarak görsel tasarım keşfinin çok etkili olduğu kabul edilmektedir, çünkü sanal gerçeklikte tüm tasarım kusurları görünür hale gelebilir ve iyileştirme fırsatı yaratılmış olur. Bu öğrenme yöntemi, pasif olarak adlandırılan strüktürel eğitimdeki tekdüze ve teorik anlatıma kıyasla daha iyi anlamaya neden olabilecek canlı bir deneyim sağlar (Alvarado ve Maver, 1999). Eğitim ortamlarında sanal gerçeklik teknolojilerini kullanmak öğrencilerin sürece daha katılımcı bir biçimde dâhil olmalarını sağlayarak deneyimi güçlendirebilir (Chittaro ve Buttussi, 2015). Mimarlık eğitiminde sanal gerçeklik teknolojilerini uygulamak, tasarımcılara anında geri bildirim sağlayarak kararlarını değerlendirme fırsatı sunabilir. Ayrıca inşaat deneyimini geliştirirken, öğrenme motivasyonunu da artırabilir ve öğrenciye bilgiyi verimli bir şekilde aktarmaya yardımcı olabilir. Bu yeni metodolojilerle eğitimci, dersinin içeriğinin izlenmesiyle ilgili daha fazla motivasyon elde edebilir ve öğrenciler tarafından kullanılan bu teknolojilerle karşılıklı olarak etkileşim artabilir.

2.3 Mimarlıkta Strüktür Eğitimi

Uluslararası Mimarlık Birliği, mimarlık eğitimini bilgi, tasarım ve beceriler üst başlıklarında sınıflandırmıştır. Şekil 2.4'te bu sınıflandırmanın grafiksel bir anlatımı mevcuttur.

Mimarlık eğitimi dersleri, aşağıdaki gibi gruplandırılmış ve önerilecek sanal ortam doğrultusunda kapsam daraltılmıştır. Böylece çalışmaya mimarlıkta strüktür bilgisi eğitimi doğrultusunda devam edilmiş olup sonunda önerilen sanal ortam taşıyıcı sistemler derslerine yöneliktir.



Şekil 2. 4 : Araştırma konusunun öneri kapsamında daraltılması.

Mimarlık ve inşaat arasındaki ilişki 19. yüzyıldan itibaren başlamıştır (Ilkovic vd., 2014). 1854'te Londra'daki Paddington tren istasyonu, bir mimar (Nicholas Grimshaw) ve bir yapısal tasarımcının (Tony Hunt) işbirliği ile yapılmıştır (Ilkovic vd., 2014). Bu işbirliği bir mimarlık ve strüktür birlikteliği için bir ilham kaynağı olarak görülmektedir. Bir yapı, bir mimarın yaratıcı düşüncesiyle başlar ve şantiyeyle birlikte tam olarak üretilmesiyle sona erer. Bu süreç, mimari tasarımın ve yapısal tasarımın birlikte çalışmasını gerektirir. Mimari tasarımda ve yapım sürecinde, mimar ile inşaat mühendisi arasında sürekli bir iletişim ve etkileşim mevcuttur. Bu iletişimin açıklığı, netliği ve anlaşılabilirliği mimari yapının başarısı açısından önemlidir. Yapım sürecine geçmeden önce bu kesintisiz ilişkinin dayandığı yapısal tasarım sürekli olarak değişebilir. Bu noktada, mimarlıkta strüktür eğitimini anlamak için bir mimarın ileride nasıl bir süreç yaşayacağını incelemek faydalı olacaktır (Yazıcı ve Erkan, 2013). Mimar, bina programı, müşterinin istekleri, estetik endişeler gibi birçok faktörün etkisiyle tasarımına başlar. Tasarımsal kararlar genel çerçevede oturduktan sonra

yapısal tasarımı tamamen inşaat mühendisine bırakmayı da tercih edebilir, ya da kendisi öngördüğü doğrultuda yapısal tasarımı yaparak mimari projeyi geliştirir ve bu aşamadan sonra inşaat mühendisine gönderebilir. İki türlü de yapısal tasarım, yapım aşamasına geçmeden önce birçok kez değişecektir. Burada önemli olan kısım mimar ve inşaat mühendisi arasındaki diyalogtur. Bu iletişim, tasarımın nesnesi üzerinden ne kadar açık, net ve anlaşılır olursa projenin başarısı da o kadar yüksek olacaktır. Süreci mimar açısından değerlendirdiğimizde, bir mimarın kendi sezgisel tasarımının uygulanabilmesi için yapısal tasarım çizimlerini anlaması, analiz edebilmesi gerekmektedir. Böylece süreç içinde tasarım estetik kaygılardan ve diğer sezgisel faktörlerden uzaklaşıp sadece taşıyıcılığı göz önünde bulunduran bir yapıya dönüşmemiş olur. Bahsedilen bu sürecin en verimli şekilde ilerlemesi de bu bağlamda mimarlıkta strüktür eğitiminin ve, güncel teknolojik olanaklardan yararlanılması gerektiğini düşündürmektedir.

Mimarlık eğitiminde, geleneksel eğitim yoluyla - eğitimci merkezli ve pasif bir şekilde - işlenmesinin eğitimde yetersizliklere yol açtığı düşünülmektedir. Benimsenmiş bu öğretim metodolojisi işitsel, soyut, tümdengelimli, öğrenci açısından pasif ve sıralıdır (Felder ve Silverman, 1988). Kavramsal yapısal tasarım, bu noktada eksik kalmaktadır. Mühendislikten kavramsal girdiyi, mimarlıktan yapısal bilgiyi alamaz (Larsen, 2003). Bu da bu konuların sınırlı bir şekilde anlaşılmasına yol açmaktadır (Vrontissi, 2015). Bu eksiklikler genellikle belirli bir eğitim çerçevesinin sorunu görünse de aynı zamanda akademik ve profesyonel uygulayıcıların söylemlerine göre mimarın yetersiz yapısal bilgisine dayanmaktadır (Foug, 2000; Schlaich, 1996; May ve Johnson, 2008).

Strüktürel derslerin müfredatında teknik anlatımın yanında, deney ortamları, uygulamalar gibi seçeneklere yer verilmelidir. Fakat bu derslerde oluşturulması gereken bu ortamlar, maliyetli ve tekrarlanması zor olan uygulamalardır. Öğrenciyi şantiye ortamına götürmek ya da uygulamaların bir bölümünü okulda yapmak buna çözüm olarak sunulsa da, her uygulamanın belli bir süresi olması nedeniyle zaman kaybı oluşacak ya da öğrenciye gösterilmek istenen eksik gösterilmiş olacaktır. Ayrıca bazı uygulamalar güvenlik açısından riskli olarak kabul edilebilir. Uygulama, maliyetine bakılmaksızın yapılsa bile uygulamayı öğrencinin kendisinin yapması bu risk dolayısıyla uygun olmayacağı için yine birinci şahıs deneyiminden söz edilememektedir. Dersler bu kapsamda eğitimci / sınıf merkezli olarak işlenmektedir.

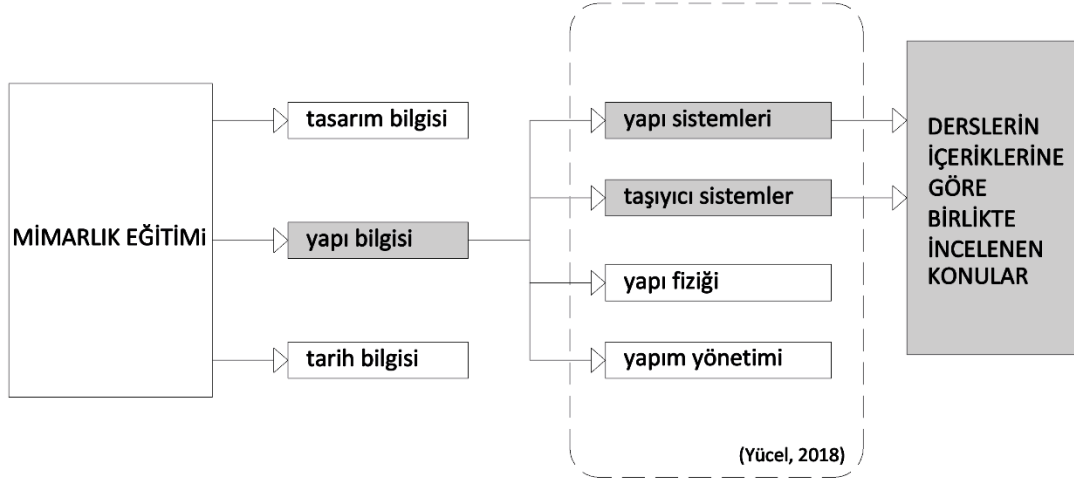
Bu yüzden öğrenci öğrendiği strüktürel bilgiyi işleyememekte ve daha sonra tasarım stüdyo ortamında/derslerinde yeterince kullanamamaktadır. Çünkü mevcut müfredatta, iki ders farklı metodolojilerle anlatılmaktadır. Strüktürel dersler teorik, karmaşık, hesaplamaya dönük pasif bir anlatım metoduyla işlenirken, tasarım dersleri üç boyut ağırlıklı kurgusal ve görsele dayalıdır. Ancak az sayıda olsa da bazı tasarım yürütücülerinin ağır ve uygulamalı bir mühendislik eğitimi almış olmaları, ya da yoğun uygulama bilgisini akademisyenliğe paralel olarak deneyimleyerek statik bilgisinin nasıl verilmesi gerektiğini bilmesi ve bunu stüdyo ortamına taşıyabilmeleri ya da bunun gerekliliğinin farkında olan ancak mühendislik yetkinliği eksikliği olan stüdyo yürütücülerinin de mimarlık eğitimini stüdyosuna statik ve betonarme uzmanlık alanından akademisyen davet edebildiğini de belirtmek gerekir. Bu bağlamda strüktürel tasarım tanımına odaklanılmalıdır (Vrontissi, 2015). Strüktür, biçim ve mekânsal kurgu arasındaki etkileşim göz önüne alınarak, yapılandırmacı bir eğitim yaklaşımı geliştirilmelidir. Oxman'ın (1990) belirttiği gibi, mimari kompozisyon "mimarının unsurları arasında biçimsel -strüktürel- ilişkilerin kurulması" olarak tanımlanırken organizasyon, "mimarının işlevsel, dolaşımsal ve mekansal unsurları arasındaki ilişkilerin oluşturulmasıdır". Bu iki kavram ayrı ayrı düşünülemediği için strüktürel bilginin tasarım bilgisiyle entegre olabileceği bir ortam gerekmektedir.

2.4 Mimarlıkta Strüktür Eğitiminin Müfredatlar Üzerinden İncelenmesi

Tez kapsamında önerilecek sanal ortamın altyapısının ve kurgusunun oluşturabilmesi için mimarlık okullarında yapı bilgisi üst başlığında verilen dersler konusuna ve işleniş şekillerine göre incelenecektir. İnceleme sonucunda elde edilecek bilgilerin, sanal ortam önerisi oluşturulurken girdi olarak kullanılması da öngörülmektedir.

Bu bağlamda dünyanın farklı yerlerinden toplamda 11 adet üniversite seçilmiştir. Üniversiteler seçilirken öncelikle Türkiye'den önde gelen ve mimarlık eğitimi veren üniversitelerinden 5 tanesi seçilmiştir. Daha sonra QS üniversite sıralamasına göre dünya sıralamasında en iyi mimarlık eğitimi veren üniversiteler arasından ilk 20 de bulunan ve farklı ülkelerden olması dikkate alınarak 6 üniversitenin mimarlık stüdyosu ve strüktür eğitimi programları analiz için seçilmiştir (URL-3). Türkiye'den İTÜ, YTÜ, ODTÜ, Bilkent Üniversitesi ve MSGSÜ; dünyadan ise MIT, TU Delft, ETH Zurich, Berkeley, Bartlett ve TU Berlin analiz edilmek üzere seçilmiştir. Belirtilen

üniversitelerin internet sitelerinden lisans derslerinin güncel katalogları incelenmiştir. Dersler seçilirken tezin amacına uygun zorunlu dersler olmasına dikkat edilmiştir. Dersler içerik, işleniş türü, yapılan uygulamalar gibi yönlerden incelenmiştir. Müfredatlar ve derslerin içerikleri incelendiğinde daha önce öneri kapsamında daraltılan konular Şekil 2.5'teki gibi ele alınmıştır.



Şekil 2. 5 : Derslerin içeriklerine göre mimarlıkta strüktür eğitimi içeren konuların seçilmesi.

Müfredatlarda yapılan incelemeler sonucu mimarlık eğitimi derslerini, içeriklerine bakıldığında

- öncelikle tasarım bilgisi,
- yapı bilgisi ve
- tarih/kültür bilgisi dersleri olmak üzere üç gruba ayırmak mümkündür.

Alt başlık olan yapı bilgisi derslerini ise içerik bakımından;

- yapı sistemleri,
- taşıyıcı sistemler,
- yapı fiziği ve
- yapım yönetimi olmak üzere dört gruba ayırmak mümkündür.

Yapı sistemleri dersleri, bir yapıyı oluşturan mimari ve yapısal bileşenleri ve bunların incelenmesini kapsadığı görülmektedir. Bu derslerde yapıyı oluşturan mimari elemanlar, yapı malzemeleri, taşıyıcı sistemler, aydınlatma ve mekanik sistemler gibi bileşenler incelenir ve bileşenlerin birbirleriyle olan ilişkileri irdelenir. Taşıyıcı

sistemler dersleri, yapıyı meydana getiren taşıyıcı sistemlerin fiziksel özellikleri, bu sistemlerin tasarımındaki temel prensipleri ve mimarlar için gerekli hesaplamaları içerir. Statik, mukavemet, yapı statiği gibi dersler taşıyıcı sistemler başlığı altında işlenir. Yapı fiziği derslerinde ise ısı, ışık, nem ve akustik gibi fiziksel çevre bileşenleri incelenir. Son grup olan yapı yönetimi dersleri, bir yapının inşa sürecini ve bu süreçteki paydaşları içerir (Yücel, 2018).

Seçilen üniversitelerin müfredatları incelendiğinde yapı sistemleri ve taşıyıcı sistemler konularının ayrı ayrı işlendiği derslere rastlanmak ile birlikte bir ders içinde belirtilen konuların birlikte işlendiği de görülmüştür. Bu yüzden araştırma kapsamında üniversitelerdeki mimarlıkta strüktür eğitiminin incelenmesi adına yapı sistemleri ve taşıyıcı sistemleri içeren bütün zorunlu dersler ele alınmıştır (URL 4-20, URL 35-36). Bu doğrultuda Çizelge 2.1, Çizelge 2.2, Çizelge 2.3, Çizelge 2.4 ve Şekil 2.6'dan Şekil 2.11'e kadar grafikler oluşturulmuştur. Daha sonra bu şekil ve çizelgeler göz önünde bulundurularak bir değerlendirme yapılmıştır.

İncelenen üniversitelerdeki dersler konusuna ve işleniş şekline göre tablolastırılmıştır (Çizelge 2.1, Çizelge 2.2). Öğrencilerin bilgiye nasıl eriştikleri, derslerdeki deneyimleri ve etkileşimleri sorgulanmıştır. Burada amaç, derslerin öğrencilere nasıl aktarıldığının altının çizilmesi ve önerilecek ortam için girdi çıkarımlarının yapılmasıdır. Seçilen üniversitelerdeki yapı sistemleri ve taşıyıcı sistemler konularını içeren bütün derslerin işleniş şekilleri incelendiğinde tespit edilenler aşağıdaki gibidir:

- Konu anlatımı,
- Örnek incelemesi,
- Proje – uygulama,
- Laboratuvar,
- Alan gezisi,
- Seminer.

Buna göre konu anlatımı - örnek incelemesi, konunun eğitimci tarafından görsel anlatımını ve örnekler üzerinden soru çözümlerini veya incelemelerini içerir. Proje - uygulama dönemlik veya yıllık proje ödevlerini ve uygulama ödevlerini içerir. Laboratuvar, laboratuvarda deneyler üzerinden örnek incelemelerini ve anlatımları içerir. Alan gezisi, alana gidip uygulamanın izlenmesini ve/veya okulda uygulamanın

eş zamanlı ve fiziksel olarak gösterilmesini içerir. Son olarak seminer ise, tartışmalar, tasarım ve analiz projeleri ve öğrenci sunumları aracılığıyla konuları ele alan oturumları içerir. Yapılandırmacı eğitim teorisi ve bilişsel gelişim teorilerinin gerektirdikleri ile bu işleniş şekillerini incelersek, konu anlatımı - örnek incelemesi ve seminer gibi anlatım şekillerinin, pasif öğrenme ve az etkileşim sunan şekiller olduğu söylenebilir. Bunun yanında laboratuvar ve alan gezisi gibi işleniş şekilleri ise daha aktif bir öğrenme sağlar ve etkileşim oranını artırır. Proje - uygulama dersleri ise bulunduğu ortam bakımından pasif öğrenmeye daha yakındır, fakat öğrencilerin hem birbirleriyle hem de eğitimcileriyle kurdukları iletişimi kişisel ve grup bazında artıracığı için etkileşim oranını büyük ölçüde artıracaktır. Bu durumda konu anlatımı - örnek incelemesi ve seminer gibi işleniş biçimleri pasif öğrenmeye dayalıyken uygulama - proje, alan gezisi ve laboratuvar gibi işleniş biçimlerinin daha aktif bir öğrenme sağladığı söylenebilir.

Ortaya çıkan bu seçeneklere bakıldığında dersleri bu açıdan incelemek araştırmanın amacı açısından önemli bir rol oynamaktadır. Çünkü mevcut sistemde bulunan sorunun kaynağının derslerin işleniş şekillerinde yattığı düşünülmektedir. Tez ile önerilecek olan modelin bu alanda bir gelişim sağlaması amaçlanmaktadır. Bu incelemelerle birlikte dersin işleniş şekli, bilginin öğrenciye aktarılış şekli ve etkileşim imkanları ile ilgili bir analiz sağlanacaktır.

İncelenen farklı okullardaki paralel dersler tablollaştırıldığında aralarında belirli ortak paydalar bulunduğu görülmüştür. Çoğu üniversitede taşıyıcı sistemleri derslerinin sayısı yapı sistemleri derslerinden daha fazladır ve birkaç üniversitede bu fark oldukça fazladır. Berlin Teknik Üniversitesi'nde 6 tane taşıyıcı sistem dersi varken sadece 2 tane yapı sistemleri dersi vardır. Başka bir yandan da üniversitelerdeki aynı veya benzer içeriğe sahip derslerin toplam sayıları ile ilgili farklılıklara da rastlanmıştır. Örneğin, İstanbul Teknik Üniversitesi'nde yapı sistemleri ve taşıyıcı sistemleri konularını içeren toplamda 10 ders, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi'nde toplamda 9 ders bulunurken Bartlett'de 3 ders bulunmaktadır. Yıldız Teknik Üniversitesi'nde sadece yapı sistemleri konularını içeren 5 ders bulunurken, Delft Üniversitesi'nde yapı sistemlerini ve taşıyıcı sistemlerini içeren toplamda 5 ders bulunmaktadır. İncelenen 70 dersten 15 tanesinin hem yapı sistemleri hem de taşıyıcı sistemler konularını içerdiği belirlenmiştir. Ortak paydada belirlenen derslerin yanında diğer dersler de eklendiğinde ise yapı sistemlerinde toplam 35 ders, taşıyıcı sistemlerde

52 ders bulunduğu gözlemlenmiştir. Bu durumda incelenen üniversitelerde mimarlıkta strüktür eğitimi kapsamında taşıyıcı sistemler konularını içeren derslerin ağırlıklı olduğu söylenebilir.

Çizelge 2. 1 : İncelenen üniversitelerde Türkiye için derslerin konu ve işleniş şekillerinin işlendiği tablo.

İncelenen Okullar	İncelenen Dersler	Konusuna Göre		İşleniş Şekline Göre				
		Yapı Sistemleri	Taşıyıcı Sistemler	Konu Anlatımı - Ö.L.	Proje-Uygulama	Laboratuvar	Alan Gezisi	Seminer
İstanbul Teknik Üniversitesi	Statics (Statik)		×	×				
	Strength of Materials (Mukavemet)		×	×				
	Theory of Structures (Yapı Statiği)		×	×				
	Steel Structures (Çelik Yapılar)		×	×				
	Building Materials (Yapı Malzemesi)	×		×		×		
	Building and Const in Arch.(Mim. Yapı ve Yapım)	×		×			×	
	Reinforced Concrete Structures (Betonarme Yapılar)		×	×				
	Arch.Building Element Design (Mim. Yapı El. Tas.)	×		×	×			
	Building Production Systems (Yapı Sist.)	×		×				
	Construction Project(Uygulama Projesi)	×	×		×			
Orta Doğu Teknik Üniversitesi	Architectural Engineering I: Static And Strength of Materials (Mimarlık Mühendisliği : Statik ve Mukavemet)		×	×				
	Building Material Tech. (Bina Malzeme Teknolojileri)	×		×				
	Architectural Engineering II: Behavior and Analysis of Structures (Mimarlık Mühendisliği: Strüktür Analizi Ve Davranışları)		×	×				
	Building Construction Tech. (Bina Yapım Tek.)	×		×				
	Structural Design in Arch. I (Mimarî Yapısal Tas. 1)		×	×				
	Structural Design in Arch. II (Mim. Yapısal Tas. 2)		×	×	×			
Yıldız Teknik Üniversitesi	Static and Strength of Mat. (Statik ve Muk.)		×	×				
	Building El. I (Yapı Elemanları 1)	×		×	×			
	Building Materials (Yapı Malzemesi)	×		×				
	Theory of Str. in Arch. (Mim. Yapı Statiği)		×	×				
	Building El. II(Yapı Elemanları 2)	×		×	×			
	Structural System Design I (Taş. Sist. Tas. 1)		×	×	×			
	Structural System Design II (Taş. Sist. Tas. 2)		×	×	×			
Bilkent Üniversitesi	Architectural Building Systems (Mimarî Yapı Sist.)	×		×				
	Statics and Strength of Materials (Statik ve Muk.)		×	×				
	Construction and Materials (Yapı ve Malzeme)	×		×	×			
	Structural Design I (Strüktürel Tasarım 1)		×	×	×			
	Structural Design II (Strüktürel Tasarım 2)		×	×	×			
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi	Traditional Construction Material (Geleneksel Yapı Malzemesi)	×		×				
	Statics and Strength of Materials (Statik ve Muk.)		×	×				
	Contemporary Construction Material (Çağdaş Yapı Malzemesi)	×		×				
	Structure Analysis (Strüktür Çözümleme)		×	×				
	Construction Information I (Yapı Bilgisi 1)	×	×	×	×			
	Detailing (İnce Yapı Bilgisi)	×		×	×			
	Architectural Application Project I (Mimarî Uyg. Projesi 1)	×	×	×	×			
	Construction Information II (Yapı Bilgisi 2)	×	×	×	×			
	Architectural Application Project I (Mimarî Uyg. Projesi 1)	×	×	×	×			

Çizelge 2. 2 : İncelenen üniversitelerde yurtdışı için derslerin konu ve işleyiş şekillerinin işlendiği tablo.

İncelenen Okullar	İncelenen Dersler	Konusuna Göre		İşleniş Şekline Göre				
		Yapı Sistemleri	Taşıyıcı Sistemler	Konu Anlatımı - O.I.	Proje-Uygulama	Laboratuvar	Alan Gezisi	Seminer
MIT / MIT Open Source	Intro. to Structural Design (Yapısal Tasarım Giriş)		×	×		×		
	Design Studio: Introduction to Design Techniques and Technologies (Tasarım Stüdyosu: Tasarım Tekniklerine ve Teknolojilerine Giriş)	×	×		×			
	D-Lab Schools: Building Technology Laboratory (D-Lab Okulları: Bina Teknolojisi Laboratuvarı)	×	×	×	×	×		
	Computational Structural Design and Optimization (Hesaplamalı Yapısal Tasarım ve Optimizasyon)		×	×	×			
	Building Tech. Systems: Structures and Envelopes	×	×	×				
	Building Technology Seminar (Bina Teknolojisi Sem.)	×	×					×
TU Delft	Technisch Wetenschappelijke Fundamenten 1 (Teknik Bilimsel Temeller 1)		×	×				
	Material en Constructie (Malzeme ve İnşaat)	×		×				
	Technisch Wetenschappelijke Fundamenten 2 (Teknik Bilimsel Temeller 2)		×	×				
	Structuur en Detail (Yapı ve Detay)	×	×		×			
	Ontwerp en Engineering (Tasarım ve Mühendislik)		×	×	×			
ETH Zurich	Entwerfen und Konstruieren I (Tasarım ve İnş 1)	×	×	×	×			
	Tragwerksentwurf I (Yapısal Tasarım 1)		×	×				
	Baumaterialien I (Yapı Malzemeleri 1)	×		×				
	Entwerfen und Konstruieren II (Tasarım ve İnş 2)	×	×	×	×			
	Tragwerksentwurf II (Yapısal Tasarım 2)		×	×				
	Tragwerksentwurf III (Yapısal Tasarım 3)		×	×				
	Tragwerksentwurf IV (Yapısal Tasarım 4)		×	×				
	Konstruktion V (İnşaat 5)	×	×	×				
Berkeley	Introductory Physics (Giriş Fizik)		×	×				
	Introduction to Structures (Yapılara Giriş)		×	×				
	Design and Computer Analysis of Structure (Yapının Tasarımı ve Bilgisayar Analizi)		×	×		×		
	Introduction to Construction (İnşaat Giriş)	×		×		×		
Bartlett	Structures, Materials and Forming Techniques (Yapılar, Malzemeler ve Şekillendirme Teknikleri)	×		×				
	Design Technology I (Tasarım Teknolojisi 1)	×	×	×	×			
	Design Technology II (Tasarım Teknolojisi 2)	×	×	×	×			
TU Berlin	VL Baukonstruktion I (İnşaat 1)		×	×	×			
	VL/UE Tragwerkslehre I (Yapısal Mühendislik 1)		×	×				
	VL Baukonstruktion II (İnşaat 2)		×	×	×			
	VL/UE Tragwerkslehre II (Yapısal Mühendislik 2)		×	×				
	VL Baukonstruktion III (İnşaat 3)		×	×	×			
	*Proje Integrierter Entwurf Tragwerk o. Projekt Integrierter Entwurf Energie (Proje Entegre Tasarım Yapısı veya Proje Entegre Tasarım Enerjisi)	×	×		×			

Çizelge 2.3 : İncelenen üniversitelerde Türkiye için derslerin verildiği dönemlerin ve adlarının işlendiği tablo.

	İTÜ	ODTÜ	YTÜ	BİLKENT	MSGSÜ
Dönem 1					
	Statics (Statik)	X	X	X	Traditional Construction Material (Geleneksel Yapı Malzemesi)
	X	X	X	X	Statics - Strength of Materials (Statik ve Mukavemet)
Dönem 2					
	Strength of Materials (Mukavemet)	X	Building El. I (Yapı Elemanları 1)	X	Contemporary Construction Material (Çağdaş Yapı Malzemesi)
	X	X	Building Materials (Yapı Malzemesi)	X	Structural Design (Strüktür Çözümleme)
	X	X	X	X	Building Technology I (Yapı Bilgisi 1)
Dönem 3					
	Theory of Structures (Yapı Statiği)	Architectural Engineering I: Static And Strength of Materials (Mimarlık Mühendisliği : Statik ve Mukavemet)	Theory of Structure in Architecture (Mimaride Yapı Statiği)	Architectural Building Systems (Mimari Yapı Sist.)	Detailing (İnce Yapı Bilgisi)
	Steel Structures (Çelik Yapılar)	Building Material Tech. (Bina Malzeme Teknolojileri)	Building Elements II (Yapı Elemanları 2)	X	Architectural Application Project I (Mimari Uyg. Projesi 1)
	Building Materials (Yapı Malzemesi)	X	X	X	Building Technology II (Yapı Bilgisi 2)
	Building and Const in Arch. (Mim. Yapı ve Yapım)	X	X	X	X
Dönem 4					
	Reinforced Concrete Structures (Betonarme Yapılar)	Architectural Engineering II: Behavior and Analysis of Structures (Mimarlık Mühendisliği-Strüktür Analizi ve Davranışları)	Structural System Design I (Taşıyıcı Sistem Tasarımı 1)	Statics and Strength of Materials (Statik ve Mukavemet)	Architectural Application Project II (Mimari Uyg. Projesi 2)
	Architectural Building Element Design (Mimari Yapı Elemanları Tasarımı)	Building Construction Technologies (Bina Yapım Teknolojileri)	X	Construction and Materials (Yapı ve Malzeme)	X
Dönem 5					
	Building Production Systems (Yapı Sistemleri)	Structural Design in Architecture I (Mimari Yapısal Tasarım 1)	Structural System Design II (Taşıyıcı Sistem Tasarımı 2)	Structural System Design I (Taşıyıcı Sistem Tasarımı 1)	X
Dönem 6					
	X	Structural Design in Architecture II (Mimari Yapısal Tasarım 2)	X	Structural System Design II (Taşıyıcı Sistem Tasarımı 2)	X
Dönem 7					
	Construction Project (Uygulama Projesi)	X	X	X	X
Dönem 8					
	X	X	X	X	X

İncelenen dersler, verildikleri dönemlere göre incelendiğinde ise ülkesel farklılıklarla beraber müfredatlarda birtakım farklı konumlanmalar gözlemlenmiştir. ODTÜ, Bilkent ve Berkeley’de ilk yıl belirtilen konulara ait dersler müfredatta yer almazken, kalan bütün üniversitelerde yapı sistemleri ve taşıyıcı sistemler eğitiminin ilk dönemden itibaren verilmeye başlandığı görülmektedir. Bunun yanında, MIT ve Delft’te ilgili konularla ilgili zorunlu dersler sadece ilk yıl verilmektedir. Bu doğrultuda farklı üniversitelerin mimarlık eğitiminde farklı eğitim anlayışları geliştirdikleri söylenebilir. Aynı zamanda dönem yoğunlukları ve belirtilen konuların müfredatta nasıl bir dağılım gösterdiği Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4’te görülmektedir.

Çizelge 2. 4 : İncelenen yurtdışı üniversitelerde derslerin verildiği dönemlerin ve adlarının işlendiği tablo.

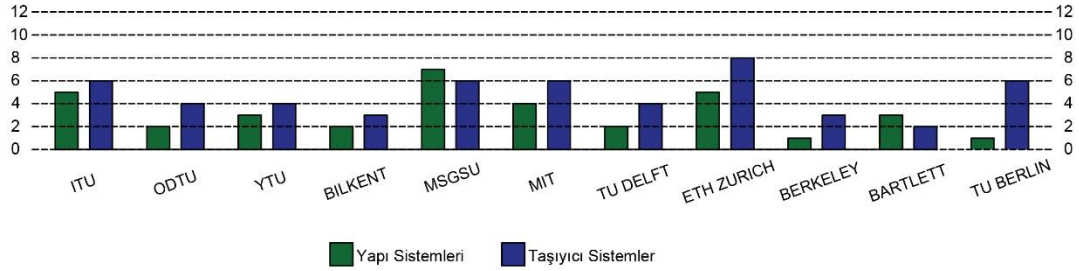
	MIT / MIT Open Source	TU Delft	ETH Zurich	Berkeley	Bartlett	TU Berlin
Dönem 1						
	Intro. to Structural Design (Yapısal Tasarım Giriş)	Technisch Wetenschappelijke Fundamenten 1 (Teknik Bilimsel Temeller 1)	Entwerfen und Konstruieren I (Tasarım ve İnşa 1)	X	Structures, Materials and Forming Techniques (Yapılar, Malzemeler ve Şekillendirme Teknikleri)	Baukonstruktion I (İnşaat 1)
	Design Studio: Introduction to Design Techniques and Technologies (Tasarım Stüdyosu: Tasarım Tekniklerine ve Teknolojilerine Giriş)	Materiaal en Constructie (Malzeme ve İnşaat)	Tragwerksentwurf I (Yapısal Tasarım 1)			VL/UE Tragwerkslehre 1 (Yapısal Mühendislik 1)
	D-Lab Schools: Building Technology Laboratory (D-Lab Okulları: Bina Teknolojisi Laboratuvarı)		Baumaterialien I (Yapı Malzemeleri 1)			
Dönem 2						
	Computational Structural Design and Optimization (Hesaplamalı Yapısal Tasarım ve Optimizasyon)	Technisch Wetenschappelijke Fundamenten 2 (Teknik Bilimsel Temeller 2)	Entwerfen und Konstruieren II (Tasarım ve İnşa 2)	X	X	Baukonstruktion II (İnşaat 2)
	Building Tech. Systems: Structures and Envelopes	Structuur en Detail (Yapı ve Detay)	Tragwerksentwurf II (Yapısal Tasarım 2)			VL/UE Tragwerkslehre II (Yapısal Mühendislik 2)
	Building Technology Seminar (Bina Teknolojisi Sem.)	Ontwerp en Engineering (Tasarım ve Mühendislik)				
Dönem 3						
	X	X	Tragwerksentwurf III (Yapısal Tasarım 3)	Introductory Physics (Giriş Fiziği)	Design Technology I (Tasarım Teknolojisi 1)	VL Materiallehre/Brandschutz (Malzeme Teorisi / Yangından Korunma)
Dönem 4						
	X	X	Tragwerksentwurf IV (Yapısal Tasarım 4)	X	X	VL Baukonstruktion III (İnşaat 3)
						*Proje Integrierter Entwurf Tragwerk o. Projekt Integrierter Entwurf Energie (Proje Entegre Tasarım Yapısı veya ProjeEntegre Tasarım Enerjisi)
Dönem 5						
	X		Konstruktion V (İnşaat 5)	X	Design Technology II (Tasarım Teknolojisi 2)	*Proje Integrierter Entwurf Tragwerk o. Projekt Integrierter Entwurf Energie (Proje Entegre Tasarım Yapısı veya ProjeEntegre Tasarım Enerjisi)
Dönem 6						
			Konstruktion VI (İnşaat 6)	X	X	X
Dönem 7						
	X	X	X	Introduction to Structures (Yapılara Giriş)	X	X
Dönem 8						
	X	X	X	Design and Computer Analysis of Structure (Yapının Tasarımı ve Bilgisayar Analizi)	X	X
				Introduction to Construction (İnşaat Giriş)		

2.4.1 Mimarlık eğitiminde mimari strüktür eğitiminin işleniş şekilleri açısından irdelenmesi

Seçilen üniversitelerdeki dersler içerik bakımından incelendiğinde araştırmanın kapsamı olan mimarlıkta strüktür eğitimi için yapı sistemleri ve taşıyıcı sistemler derslerine odaklanılmasına karar verilmiştir. Çünkü birçok üniversitede bu iki konunun içerik bakımından birlikte verildiği dersler ortaya çıkmıştır ve diğer yapı bilgisi derslerine nazaran içerik bakımından birbirlerini destekleyen dersler olduğu görülmüştür. Bu noktada yapı sistemleri dersleri, bir mimari ürünü oluşturan fiziksel mimari öğeler, yapısal malzemelerin özellikleri ve birleşimleri, çevresel özelliklerin bu malzemeler ve bileşenler üzerindeki etkileri ve bütün bunların bütün bir sisteme - mimari ürüne olan etkilerini kapsamaktadır. Taşıyıcı sistem dersleri ise, mimari ürünün yapısal sistemlerinin analizleri ve hesaplanması, çeşitleri, sistemin kendi

içindeki dengesinin kurulması, ve bunları kapsayan statik, mukavemet konularını içeren derslerdir. İç kuvvetler, eğilme momenti, gerilim ve deformasyon gibi konular hakkında hesaplamaları da içerir (Yücel, 2018).

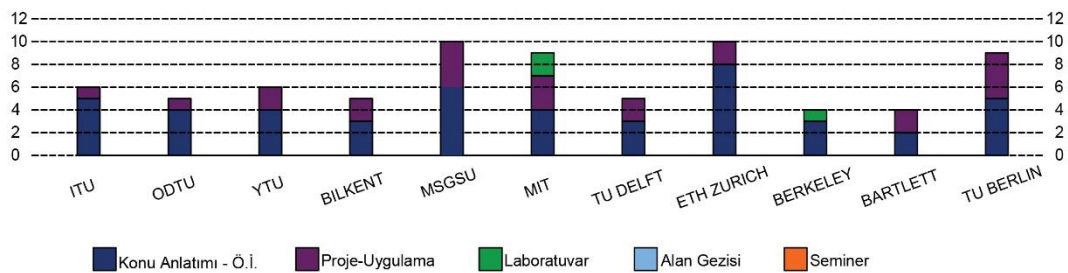
Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2’de incelenen derslere göre incelenen üniversitelerde konusuna göre ders dağılım grafiği Şekil 2.6’da gösterilmiştir.



Şekil 2. 6 : İncelenen üniversitelerde konusuna göre ders dağılımları.

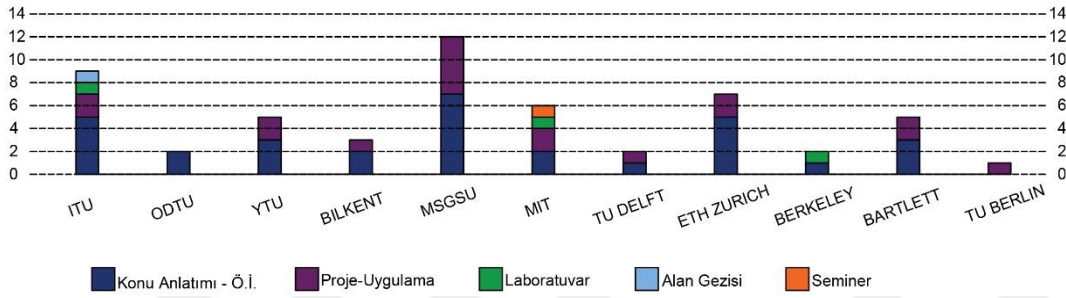
Buna göre üniversitelerin %82’sinde taşıyıcı sistem dersleri yapı sistemleri derslerine göre daha fazladır. Sadece MSGSÜ, YTÜ ve Bartlett’te yapı sistemleri dersleri taşıyıcı sistem derslerine göre fazladır. Buna göre çoğu üniversitenin taşıyıcı sistem derslerine daha fazla ağırlık verdiği söylenebilir.

Taşıyıcı sistemler derslerinin incelenen üniversitelerde işleniş şekillerine göre dağılımı Şekil 2.7’de incelendiğinde, konu anlatımı - örnek inceleme işleniş şeklinin eğitim sisteminin çok büyük bir kısmını kapsadığı görülmektedir. Buna göre mimarlıkta strüktür eğitiminin büyük oranda pasif işlendiği yorumu yapılabilir. Konu anlatımı - örnek incelemesinden sonra proje ve uygulama işleniş şekli göze çarpmaktadır. Bu durum birçok açıdan daha aktif bir öğrenme şeklini beslemekle beraber mimarlıkta strüktür eğitiminde bulunduğu oran ve çoğu üniversitede başka aktif öğrenme şekilleriyle desteklenmemesi dolayısıyla sistemin yine pasif olduğuna işaret etmektedir. Alan gezisi ve seminer ise seçilen üniversitelerin hiçbirinde taşıyıcı sistemler derslerinin anlatımında kullanılmamaktadır.



Şekil 2. 7 : Taşıyıcı sistemler derslerinin incelenen üniversitelerde işleniş şekillerine göre dağılımı. (Lisans boyunca öğrencilerin zorunlu olarak aldıkları toplam ders sayılarına göre hesaplanmıştır.).

Şekil 2.8’de gösterilen yapı sistemleri derslerinin işleniş şekilleri dağılımında da taşıyıcı sistemler dersleriyle benzer bir durum gözükmektedir. Yapı sistemleri derslerinin işleniş şekillerine göre dağılımı incelendiğinde de, konu anlatımı - örnek inceleme işleniş şeklinin eğitim sisteminin çok büyük bir kısmını kapsadığı görülmektedir. Sadece MSGSÜ’de konu anlatımı işleniş şekliyle benzer derecede uygulama işleniş şeklinin hakim olduğu görülmektedir. Buna göre aynı şekilde yapı sistemleri derslerinin de pasif bir eğitimle verildiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Üniversiteler arasındaki yapı sistemleri derslerinin toplam sayıların farkı da dikkat çekmektedir. İTÜ’de yapı sistemleri içeriğinde 5 ders verilirken Berlin Teknik Üniversitesi’nde sadece 2 ders verilmektedir. Bu noktada şekil 2.7’de derslerin daha fazla gibi gözükmesinin nedeni bazı derslerin birden fazla anlatım şekli içermesinden kaynaklanmaktadır.



Şekil 2. 8 : Yapı sistemleri derslerinin incelenen üniversitelerde işleniş şekillerine göre dağılımı.

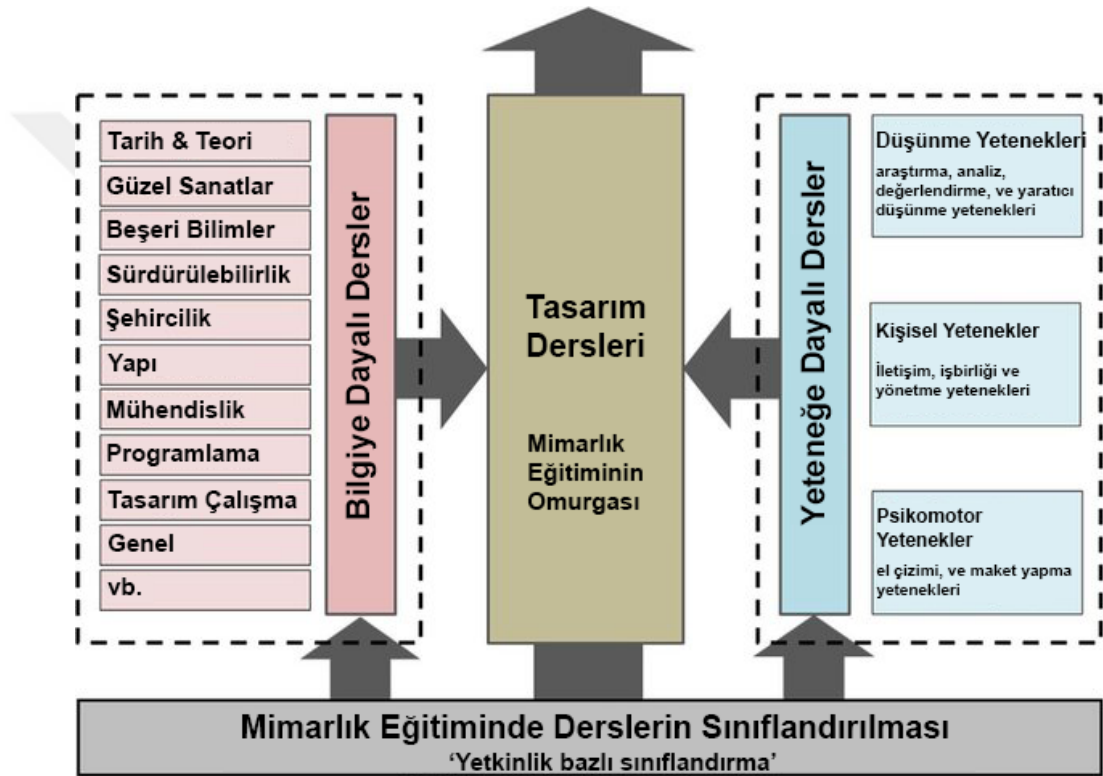
Alan gezisi İstanbul Teknik Üniversitesi’nde Mimaride Yapı ve Yapım dersinde görülmektedir. Burada alan gezisinden kasıt çeşitli şirketlerin malzeme detaylarını ve yapılış detaylarını okula gelerek belirli ölçüde fiziksel olarak öğrencilere göstermesini kapsamaktadır. Seminer işleniş şekli ise MIT’de Building Bina Teknolojisi Semineri dersinin işleniş şekli olarak ortaya çıkmaktadır. Bahsedilen seminer dersi ise MIT’nin sitesindeki bilgiye dayalı tartışmalar, tasarım ve analiz projeleri ve öğrenci sunumları aracılığıyla konuları ele alan iki ve üç haftalık oturumları içerir (URL 11).

Yapı sistemleri dersleri ve taşıyıcı sistemler derslerinin işleniş şekillerine birlikte bakıldığında ikisi için de benzer bir durum gözlemlenmektedir. Konu anlatımı – örnek incelemesini proje – uygulama, laboratuvar ve alan gezisi ile seminer oldukça düşük oranlarda takip etmektedir. Bu durumda daha önce bahsedilen yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişel teorileriyle beraber konu anlatımı - örnek incelemesinin ağırlıklı

oranda derslerin işleniş şekli olması dolayısıyla mimarlıkta strüktür eğitiminin pasif ve tek merkezli olduğu söylenebilir.

2.4.2 Mimarlıkta strüktür eğitiminin öğrencinin öğrenimi ile ilişkisi

Mimarlık eğitimi, Şekil 2.9'da da görüldüğü gibi tasarım stüdyosuna odaklanır. Tasarım dersleri, öğrencilerin tasarım süreçlerini yürüttükleri, edindikleri bilgi ve geliştirdikleri becerileri uyguladıkları mimarlık müfredatının omurgasını temsil eder (Ghonim, 2017). Bu eğitimde öğrenciler, eğitimcileri ile öğretici sohbette tasarım önerileri geliştirmeyi öğrenirler (Wikinson ve Salama, 2007).



Şekil 2. 9 : Kazanılan yeterliklere göre mimarlık eğitimi derslerinin sınıflandırılması (Ghonim, 2017).

Tasarımsal dersler, eylemi yansıtmamanın, yinelenen bir üretim sürecinin olduğu ve süreç içinde değerlendirmelerin bulunduğu bir yaklaşım içerir (Schön, 1985). Bu dersler sezgisel, öğrenci merkezli, etkileşimin yoğun olduğu bir eğitim yaklaşımıyla verilir. Fakat mimarlık eğitimi tamamlayan birinden sadece tasarımsal bilgi beklenmez, tasarım bilgisinin yanında onu destekleyecek teknik ve strüktür bilgisi de olmalıdır. Mimarlık eğitimi de buna bağlı olarak uygulamalı tasarım stüdyosunun yanı sıra geleneksel ders temelli eğitim modülleri de içerir (Herr, 2013). Bu bağlamda mimarlık eğitiminde strüktür eğitiminin, karmaşık, eğitimci merkezli ve etkileşimsiz olduğu

görülmektedir. Literatürde konuyla ilgili ‘strüktür eğitimi, mimarlıkta strüktür eğitimi, mimarlık eğitimi’ kelimeleriyle araştırma yapıldığında bu önermeyi destekleyen birçok çalışmaya rastlanmıştır.

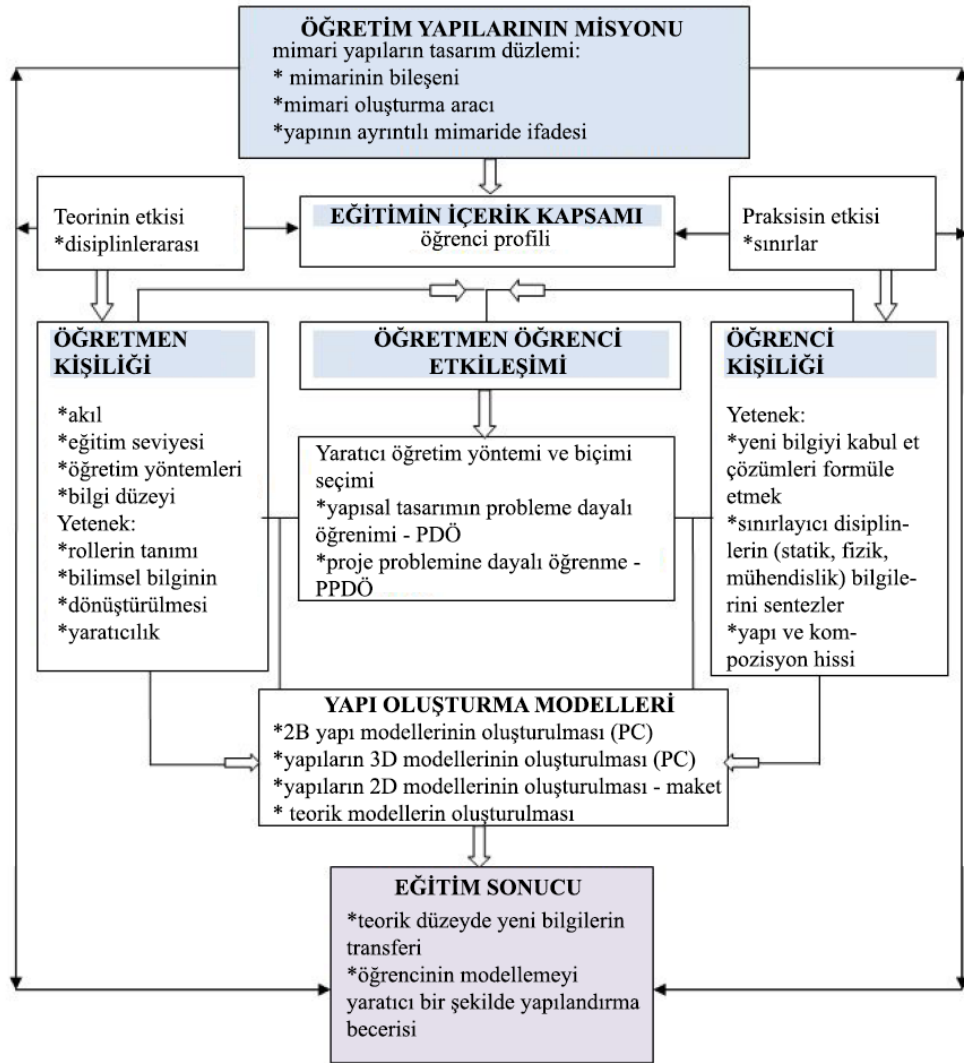
Mimarlık eğitimi karmaşık bir süreç olarak kabul edilir. Yaratıcı talepleri, sanat, bilim, psikoloji, matematik, mühendislik vb. bir anlayışla desteklenmelidir (Kurt, 2009). Her eğitim, birden fazla kolu olan ve bu kolların birbirlerini desteklemesiyle ortaya çıkan bir bütündür. Strüktür, mimarlığı, mühendisliği, statığı ve malzemeyi birbirine bağlar (Ilkovic vd., 2014). Fakat mevcut eğitim anlayışında mimari tasarım stüdyosuna strüktür eğitimi derslerinin dahil edilmesinde sorunlar vardır. Öğrenci birinci sınıftan itibaren tasarım stüdyoları ile birlikte uygulamalı ve deneyimsel bir eğitim içine girer. Tasarım stüdyosunda ‘yaparak öğrenme’ yaklaşımı kullanılır fakat mimarlıkta strüktür eğitiminde bu yaklaşım matematiksel soyutlamaya evrilmektedir (Yazıcı ve Erkan, 2013). Tasarım stüdyosu odağındaki mimarlık eğitiminde mimari tasarım ve yapısal tasarımı birleştiren bir çerçeve nadiren görülür. Bunun yerine yapısal tasarım kısmında genellikle basitleştirilmiş bir mühendislik eğitimi verilmektedir. Zaman kısıtlamaları ve derslerin verilme amaçlarındaki farklılıklar nedeniyle mühendislik derslerinin mühendislere verilir gibi verilmesi beklenemez, fakat bir mimarlık öğrencisi yapısal tasarım hakkında öngörüye sahip olacak şekilde yetiştirilmelidir ki meslek hayatında bu temel anlayışla mühendislere tasarım fikirlerini makul bir dille anlatabilsin ve verimli bir süreç geçirebilsin (Yazıcı ve Erkan, 2013). Bu bağlamda, aynı zamanda derse dayalı eğitim, özellikle kalabalık öğrenci grupları için kaynaklar açısından verimlilik nedeniyle tercih ediliyor olabilir, fakat pedagojik açıdan etkin ve verimli olmaması nedeniyle de eleştirilmektedir (Aparicio ve Ruiz-Teran, 2007).

Çin’de yapılan bu konudaki bir çalışmaya döndüğümüzde, yapılan çalışma, birbirini takip eden üç adet alıştırmadan oluşmaktadır. Birinci alıştırmada, belirli bir yapının analitik değerlendirilmesine odaklanılmıştır (Şekil 2.10). Öğrencilerden belirli bir yapının yapısal sistemini ve unsurlarını açıkça gösteren çizimler istenmiştir.

Mevcut durum göz önüne alındığında öğrenci, tasarımsal bilgiyi daha kolay kavrarken, bahsedilen kalabalık gruplarda soyutlamaya dayalı eğitim anlayışından ötürü strüktürel bilgiyi kavramakta zorluk çekebilir. Öğrenci elde ettiği teorik bilgiyi daha sonra tasarım stüdyolarında kullanmakta sorun yaşayabilir. Çünkü öğrencilere, farklı öğretim metodları arasında geçiş yapmak zor gelebilir (Erkan ve Yazıcı, 2012). Bunun en büyük sebebi öğrencinin strüktür eğitiminde verilen bilgiyle bir etkileşim içinde olmamasıdır. Örnek verecek olursak, A öğrencisi strüktür bilgisi ile ilgili B dersine girer. Sırasına geçer ve eğitimci gelir, dersin müfradatına göre o gün verilecek olan bilgiyi verir ve çıkar. Bu derste verilen bilgiye C bilgisi diyelim. Öğrenci bu dersten sonra mimarlık eğitiminin gerektirdiği diğer derslere girer. Öğrenciye verilen C bilgisi pasif bir yaklaşımla verildiği için öğrenci, B dersinin sınavına kadar C bilgisi ile etkileşime geçmez. Etkileşime geçtiğinde ise bilginin değeri ve netliği azalmış olacaktır. Bu durumda öğrencinin haftalar önce aldığı ve her hafta yenisinin eklendiği C bilgisi pasif konumda kalmaya devam eder. C bilgisi soyut olarak öğrencinin zihninde kaldığı sürece bu böyle kalmaya devam edecektir. Öğrenci tasarım stüdyosunda C bilgisini gözardı ederek tasarımını yapacak ve sonuç olarak eğitimin bir bütün olduğu ve derslerin birbirini desteklemesi gerekir anlayışı ortadan kalkmış olacaktır. Sonuç olarak öğrencinin bilgi havuzunda bu bilgiler parça parça ve birbirinden bağımsız olarak yüzüyor olarak kalacaktır. Bu bağlamda verilen bilginin değeri tartışılabilir. Çünkü mimarlık eğitimi, bireyin kendi deneyimleriyle sağlanmaktadır. Bu nedenle mimarlık eğitiminde uygulama son derece önemlidir (Onat, 1985). Bu da mimarlıkta strüktür eğitiminin, mimarlıkta tasarım eğitime yaklaştırılmalı, fikrini ortaya çıkarabilir. Fakat bu noktada, derslerin tamamen bir tasarım eğitime dönüştürülmesinden bu derslerin tasarım derslerinin bahsedilen özelliklerle desteklenmesi gerektiğinden bahsedilebilir.

Mimarlık mesleğinin gerekliliklerinden dolayı mimarlar multidisipliner olarak çalışmalıdır. Bu sebeple mimarlar yapı fiziği, tesisat gibi konularda bilgi sahibi olmalıdır (Hasol, 2012.). Bunun için mimarlık eğitiminin mesleki uygulamalar ile pekiştirilmesi önemlidir (Erdoğan vd., 2021). Bu noktada staj programları öne çıkmaktadır. Staj programları, lisans eğitiminde gerçek dünya deneyimi kazanmak için önemli bir fırsat olarak tanımlanabilir (Gündüş ve Atakul, 2017). Stajlar, pasif öğrenme ortamını aktif öğrenme ortamına çevirmek için kullanılabilir (Gündüş ve Atakul, 2017). Fakat mimarlık eğitimi ve uygulama arasındaki uyumsuzluk hala

disiplinin kritik bir zayıflığı olarak görülmektedir (Gregory vd., 2013). Gündeş ve Atakul (2017), Türkiye’deki mimarlık eğitim kurumlarından yüzü aşkın öğrenciyle yapılan anketler ve odak grup görüşmeleri yapmıştır. Elde edilen veriler ışığında şantiye stajlarında öğrencilerin, işverenin yükünün fazla olması kaynaklı yeterli bir öğrenme ortamının içine giremedikleri görülmüştür (Gündeş ve Atakul, 2017). Ayrıca şantiye stajları bu çalışma konusundaki eğitimde yer alması gereken konuları her zaman kapsamayabilir. Yani, kısıtlı süre içerisinde şantiyede bulunan öğrenci, yapının yapım aşamalarının hepsine hakim olamadığı için bilgisi yarım kalmakta ve bilgisinin kalıcılığı azalmaktadır. Bütün bu çıkarımlar doğrultusunda, önerilecek olan sanal ortamın girdileri için İlkovič vd.’nin (2014) mimarlıkta strüktür eğitiminde didaktik eğitim modeline bakmak uygun olacaktır.



Şekil 2. 12 : Mimarlıkta strüktür eğitiminde didaktik eğitim modeli - Didactic model of education in architectural structures (Ilkovič de diğ, 2014).

Ilkovič vd. (2014), yukarıda bahsedilen eğitim anlayışına benzer bir yaklaşımla Şekil 2.12'deki şemayı hazırlamışlardır. Bu şemadan öğrenci ve eğitimci arasındaki etkileşimin ve dersin içeriğinin nasıl olması gerektiği konusunda ipuçları yakalamak mümkündür. Buna göre eğitimci teorik bilginin dönüştürülüp öğrenciye aktarılmasında ve olumlu eleştiri ile yaratıcılığı desteklemekte görev alırken öğrenci, verilen bilgiyi formüle etmek, sentezlemek ve analiz etmekle görevlidir. Eğitimci öğrenci arasındaki etkileşimde, probleme dayalı ve projeye dayalı bir eğitim anlayışı benimsenmelidir. Bu da, 2 boyutlu, 3 boyutlu ve teorik yapı modellerinin oluşturulmasıyla sağlanabilir. Bu eğitim modelinin sonucunda da öğrencinin teorik düzeyde yeni bilginin aktarımı yapması ve modellemeyi yaratıcı bir şekilde yapılandırması mümkün olacaktır. Bu şemanın ve çıkarımların daha sonra önerilecek sanal ortamın içeriği ve kurgusu için bir altyapı olması öngörülmektedir.

2.5 Mimarlıkta Strüktür Eğitimi ve Sanal Gerçeklik

Sanal gerçeklik ortamları, üç kaynaktan türetilen deneyimsel doğaya sahiptir: daldırma hissi, etkileşim ve çoklu duyuşal geri bildirim sayesinde kullanıcının etrafı, tasvir edilen dünyada gerçek bir var olma hissi sağlamaktadır (Schuemie vd., 2001). Etkileşim, simülasyon ortamındaki olayları kullanıcının vücut hareketlerini kullanarak kontrol etme yeteneği olarak görülebilir ve bu hareketler sonucunda simülasyon ortamında tepkileri başlatır (Achten vd., 1999). Süreç ve kalite merkezli tasarım stüdyosunun aksine mimarlıkta strüktür eğitimi, genellikle ezberci eğitime dayalı, değerlendirmeleri bir tür yazılı sınav şeklinde olan bir yaklaşımla verilir (Herr, 2013). Genellikle sınavda sorulabilecek ve hesap yaptırılacak müfredat içeriği eğitimin pratiği açısından öğrenciye verilmektedir. Buna bağlı olarak mimarlıkta strüktür eğitimindeki ana zorluk, öğrencilerin strüktür öğrenimini tasarım bilgileriyle birleştirmektir (Sandaker vd., 2011). Çünkü mimarlıkta strüktür eğitimi, tasarım eğitiminin aksine tek yönlü bir bilgi aktarımı içerir. Bahsedildiği üzere mimarlıkta strüktür eğitiminde var olan tek yönlü bilgi aktarımı, sanal gerçeklik teknolojilerinin sağlayacağı etkileşim düzeyindeki artış sayesinde çift taraflı ve belki de çok yönlü bir etkileşim haline gelebilir. Ayrıca bilişsel gelişim teorisinden yola çıkarak öğrenme kapasitesinin artacağı savunulabilir.

Bir diğer yandan mimarlıkta strüktür eğitiminde deneyimleme imkanı için öğrenciler şantiyelere götürülebilir. Messner ve Horman'ın belirttiği gibi inşaat sürecini

gözlemlemek ve denemek çok önemlidir (Horne ve Thompson, 2008). Fakat burada güvenlik, maliyet, tek seferde birden çok süreç görememe, sürecin başlangıcını ya da bitişini görememe gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır. İncelenen okulların müfredatlarına göre uygulamalı eğitim anlayışının ne kadar az olduğu görülmektedir. Bu noktada, sanal gerçeklik teknolojileri, tüm öğrenciler için eğitimde deneyimin potansiyelini artırabilir (Ellis vd., 2006). ‘Virtual site’ adındaki sanal şantiye projesi, şu ana kadar deneyimleyen öğrencilerden olumlu sonuçlar almıştır. Bu sayede öğrenci, sanal gerçeklik görselleştirmeleri ile farklı olasılık senaryolarını deneyebilir ve inşaat planlama zorluklarına aktif olarak benzersiz çözümler keşfedebilir (Messner ve Horman, 2003, s. 146).

Sanal gerçeklik teknolojisi, bilgisayar ekranını dışarı atar ve buradalık hissiyle özne- nesne ayrımını ortadan kaldırır (Bricken, 1991). Ayrıca daldırma hissiyle de teknik olmayan iletişime izin verir. Yapılandırmacı eğitim teorisi, öğrencinin deneyimlerinden öğrenerek bilgiyi inşa ettikleri bir eğitim sürecini savunur. İnsanlar deneyimler edinerek ve dünyadan bilgi elde etmek için duyularını kullanarak öğrenirler (Zhang ve Liu, 2011). Bu iki nokta birleştirildiğinde mimarlıkta strüktür eğitiminde öğrenci için var olan pasif bilgi edinme süreci aktive bir katılıma dönüşebilir. Kısacası, sanal gerçeklik, öğrencilerin senaryoları ve durumları hayal etmek yerine deneyimlemelerine olanak tanıyan bir ortam sağlayarak eğitime yardımcı olur (Abdelhameed, 2013). Öğrenciler, daha önceki öğrendiklerini sınama, yanlışlarını düzeltme ve hatta önceki bilgilerinden vazgeçerek yerine yenilerini koyma fırsatı elde ederler (Yaşar, 1998). Sonuç olarak yazarlar, sanal gerçeklik teknolojilerinin mimarlıkta strüktür eğitiminde şu konularda yararlı olabileceğine inanmaktadır:

- Prototip binalar ve siteler,
- Kullanıcıların binaları, tasarımları kısmi veya yakın açılardan inceleyebilmesi,
- Öğrenme deneyimini ilginç hale getirerek motivasyonu artırmak,
- Öğrencilerin tasarladıkları binalarda sarmalayıcılık hissi yaşamalarını sağlamak,
- Sağlık ve güvenlik sorunları nedeniyle saha ziyaretlerini sanal ortamda sağlamak,

- Gerilme, burkulma gibi grafiklerin 3 boyutlu olarak sanal ortamda deneyimlenmesi (Horne ve Thompson, 2008),
- Tasarım ve iletişim yönünden eğitim mekanını öğrencilere göre ayarlayabilmek (Kalisperis vd., 2002),
- Alternatif olarak BIM, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin kombinasyonunun sağlanabilmesi (Morton, 2014).

Bütün bunlarla birlikte, çalışmanın devamı için mimarlıkta strüktür eğitimi ve strüktür eğitimi ile ilgili uygulanmış ve sonuçları kaydedilmiş çalışmaları incelemek gerekmektedir.

2.5.1 Mimarlıkta strüktür eğitiminde sanal gerçeklik uygulamaları

Google akademik üzerinden “Sanal gerçeklik ve strüktürel eğitim, Sanal gerçeklik ve mimari strüktürel eğitim, Mimarlıkta strüktür eğitimi” anahtar kelimeleri ile aratılıp 2000 yılı ve sonrası olan yayınlar arasından içeriğinin bu çalışmanın içeriğine uygunluğu kontrol edilerek ve uygulanmış bir vaka çalışması olmasına dikkat edilerek örnekler seçilmiş ve tabloda görüldüğü gibi belirli başlıklar altında analiz edilmiştir (Çizelge 2.5).

Sanal gerçeklik teknolojisi çeşitleri sütununda Wang ve arkadaşlarının (2018) sınıflandırması kullanılmıştır. Buna göre sanal gerçeklik teknolojisi aşağıdaki beş gruba ayrılmaktadır:

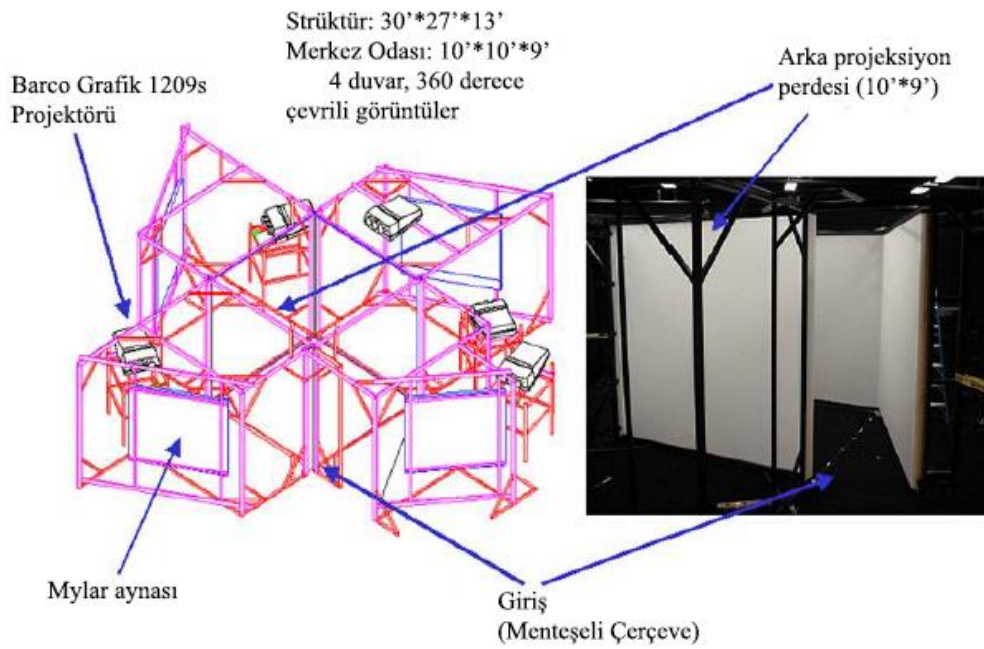
- masaüstü tabanlı sanal gerçeklik,
- sarmalayıcı sanal gerçeklik,
- oyun tabanlı sanal gerçeklik,
- BIM özellikli sanal gerçeklik ve
- artırılmış gerçeklik (AR) (Wang vd., 2018).

Çizelge 2. 5 : Mimarlıkta strüktür eğitimi ve sanal gerçeklik örneklerinin inceleme sonucuna ilişkin tablo.

YAYIN ADI	UYGULAMA / VAKA ÇALIŞMASI	SG TEKNOLOJİSİ TÜRÜ	SONUÇLAR
Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection, and Renovation (Webster ve diğerleri, 2000)	Prototip 1 : Mimari anatomi mantığıyla binanın sisteminin görülebilmesi. Prototip 2 : Uzun kafes sisteminin inşasının doğru olması için işçilere rehber olacak bir sistem. Gözlüğü tayan kullanıcının sağ elindeki küçük hedefleri izleyerek ve ses talimatlarını takip ederek doğru montajı sağlaması.	Artırılmış Gerçeklik	Mimari inşaat, inceleme ve yenilemeyi iyileştirmek için artırılmış gerçekliğin x-ışını vizyonuyla eğitici rehberlik yeteneklerinin potansiyeli vardır.
Using Virtual Reality to Improve Construction Engineering Education Messner ve diğerleri, 2003)	Deney1: Öğrencilerin 4B modeli analiz etmesi ve oluşturma becerilerini geliştirme amacıyla kurulan "CAVE" benzeri bir sistemi içerir. Öğrencilerden ekipler kurulmuştur ve daha sonra bu sistemin içine girerek daha önce modüllere ayrılmış yapıyı oluşturmaları beklenmiştir. Deney2: Aynı ortam profesyoneller üzerinde de denenmiştir.	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik	Deney1de öğrencilerin karmaşık yapıları daha iyi algılayabildiklerini ve zengin algı bir algılama ortamı oluşturması sayesinde sanal ortamda bu yapıların inşaatını planlayarak deneyim kazanabileceklerini göstermiştir. Deney2de ise profesyoneller deneyimlerinden dolayı daha kapsamlı bir süreç geçirmişlerdir fakat sonuçlar öğrencilerin çözümüne çok yakın olmuştur.
Building activities visualized in virtual environments (Sampaio ve Henriques, 2007)	Ortak bir dış duvarın inşasının fiziksel değişikliklerinin görsel simülasyonunu ve görselleştirmesini sağlamak için bir prototip geliştirilmiştir. Kullanıcı, duvarın sanal modeli ile etkileşime girebilir ve inşaat sürecinde herhangi bir sıralama süresini empoze edebilir, duvar modelinden herhangi bir bileşeni veya elemanın parçalarını seçebilir ve bileşen konfigürasyonunun herhangi bir ayrıntısını uygun bir şekilde gözlemlemek için kamerayı istediği gibi kullanabilir.	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik	Öğretmen ve öğrenci için fiziksel sürecinin ve inşaat faaliyetlerinin ilerlemesini izleyebilir. Bu sayede etkileşim alanı artar. Sanal modelin izin verdiği bu kapasitelerin kullanılması inşaat süreci konularında İnşaat Mühendisliği öğrencilerine faydalıdır.
Virtual Reality in Architecture : Enabling Possibilities (Paranandi ve Sarawgi, 2009)	Columbia Üniversitesi Bilgisayar Grafikleri ve Kullanıcı Arayüzleri Laboratuvarı'ndaki proje, bina inşaatı için bir deneme testidir. Bakım ve yenileme için artırılmış gerçeklik inşaat sistemi, her bir parçanın uygun şekilde yerleştirilmesini ve sabitlenmesini sağlamak için bir uzun kafes yapısının montajı boyunca işçilere rehberlik etmek üzere tasarlanmıştır.	Artırılmış Gerçeklik	-
3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance (Sampaio ve diğerleri, 2010)	Tasarımın iyileşmesini desteklemek için iki 3B modelleme örneği oluşturulmuştur. Binalardaki aydınlatma sistemlerinin yönetimine yardımcı olmak için oluşturulan sanal gerçeklik modeli, okulda bir araştırma projesi kapsamında geliştirilmiştir. Zaman değişkeninin bir fonksiyonu olarak tanımlanan elemanların fiziksel davranışıyla ilgili bilgilerin görsel ve etkileşimli aktarımını sağlar.	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik	Burada sunulan örnekler aracılığıyla, inşaat süreçleri alanında eğitici ilgi alanına giren öğretim materyallerinin detaylandırılmasında sanal gerçeklik teknolojisinin nasıl kullanılabileceği de gösterilmiştir. Didaktik uygulamalar, inşaat işi ile ilgili konuların açıklamasını destekler. Bu modeller Mimarlık kurslarında inşaat ve köprüleri içeren disiplinlerde kullanılabilir..
Virtual Reality Technology Used in Civil Engineering Education (Sampaio ve diğerleri 2010)	Çalışma1: Portekiz, Madeira'daki Bridge Farm'ın Kuzey Viyadüğü sanal ortamda modellenmiştir. Çalışma2: Güverte köprülerinin inşası için bir model oluşturulmuştur ve her parçası ayrı ayrı modellenmiştir. Köprülerin inşaatını ilk adımdan son adama kadar simüle edilmiştir. Öğrenciler iki çalışmada da menü aracılığıyla inşaatın istediği aşamasına geçebilmektedir ve her yönden gözlemleyebilmektedir.	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik	Bu çalışmalar öğrencilerin ve öğretmenlerin denemesi için çevrimiçi olarak erişime açıktır. Bu çalışmalar sonucunda görülmüştür ki CAD ve sanal gerçeklik teknolojisi ile eğitim vermek öğrencilerin CAD sistemleri ile teorik bilgileri arasında bağlantıyı kurmasını sağlamaktadır.
Virtual reality use in architectural design studios: A case of studying structure and construction (Abdelhameed, 2013)	Tasarlanan ortamda yapısal bir sistemin yapım sürecini belirli bir sırayla görselleştirilmiştir. Uygulanışlev, XML kodunu kolay bir şekilde değiştirerek yapım sırasındaki olası herhangi bir değişikliğin görselleştirilmesini sağlar. Stüdyosunun amacı, öğrencilere başlangıçta seçilen yapısal sistemin tasarımı nasıl etkileneceğini vurgulamaktır.	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik	Sonucunda öğrenciler konuşmalarında ve stüdyo tartışmalarında sanal gerçeklik ortamını kullanırken yapısal sistem elemanlarının bağlantıları ve mekansal ilişkileri konusunda daha fazla netlik kazandıklarını belirtmişlerdir.
The application of virtual reality technology in the construction of bridge The cantilever and incremental launching methods (Sampaio ve Martins, 2014)	İnşaat mühendisliğinde köprü yapımını içeren derslerde kullanılmak üzere modelleme ve sanal gerçeklik teknikleriyle bir ortam hazırlanmıştır. Bu interaktif ortamda öğrenciler, inşaatın fiziksel gelişimini, inşaat sırasını ve inşaatın görsellerini ve bileşenlerinin ayrıntılarını görebilir.	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik	Bu sanal ortam, yeni konuları ve karmaşık sıra inşasını tartışmaya destek olarak yeni öğretim yöntemleri sunar. Bu durumda, öğrenciler pasif alıcılar olmaksızın aktif katılımcılar haline gelirler.
An Educational Application Based on Virtual Reality Technologies for Learning Details: Challenges and Benefits Maghool ve diğerleri, 2018)	LADUVR, mimari ve teknik inşaat bilgileri ile ilgili detaylar sunan eğitici bir sanal gerçeklik uygulamasıdır. Buradaki amaç bir şantiye ortamını öğrencilere sanal ortamda yansıtmaktır. Bu eğitici uygulamada 3 farklı etkileşim çeşidi vardır. Öğrencilerin hepsini deneyimlemesi ve geri dönütleri sağlanmıştır.	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik	Her kullanıcıyı uygulamayı 15 dakika deneyimlemiştir. Kullanıcılara deneyim sonrası uygulamanın etkinliğinin değerlendirilebilmesi adına 11 adet soru sorulmuştur. Bu soruların cevaplarına göre uygulamanın potansiyel avantajları çıkarılmıştır.

Araştırmanın ana anahtar kelimeleriyle yapılan literatür taramasında, mimari tasarım eğitiminde veya mimari tasarımda sanal gerçekliğin kullanımı ile ilgili birçok vaka ve uygulama örneğine rastlanmıştır. Fakat, literatür taraması, anahtar kelimeler ile araştırma konusu kapsamında daraltıldığında bu örneklerin azaldığı görülmüştür. Bu durumda konuyla ilgili daha fazla araştırma ve vaka çalışması yapılması gerektiği şeklinde yorumlanmıştır.

Çizelge 2.5'teki örnekler arasından görsellerine ve ayrıntılı bilgilerine ulaşılabilen örnekler daha ayrıntılı olarak incelenmiştir.

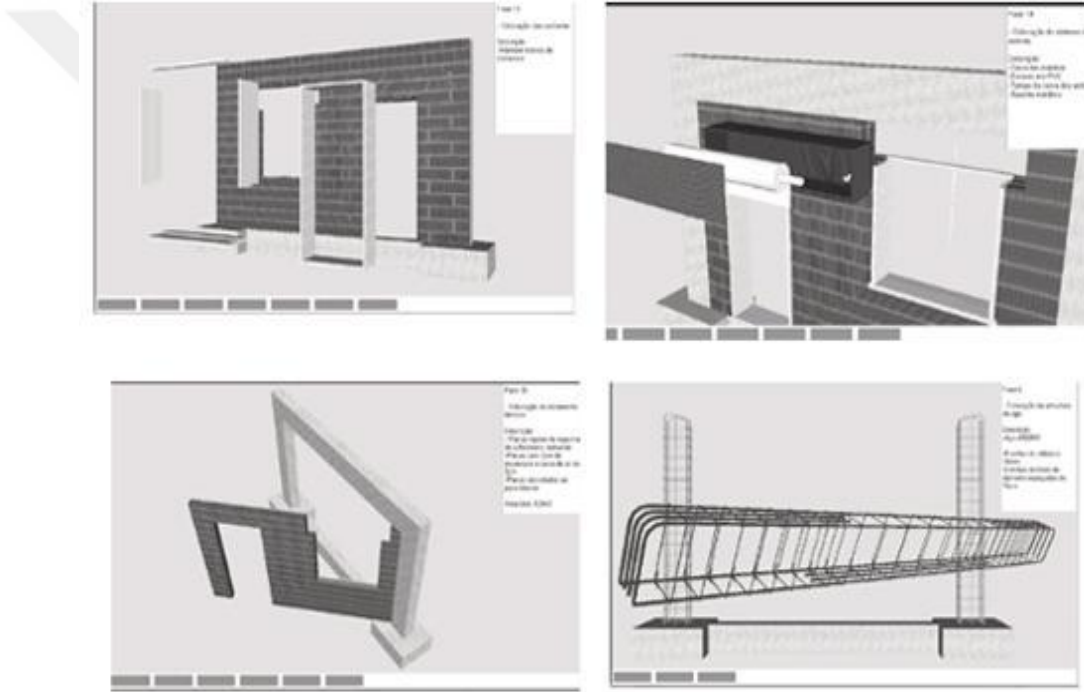


Şekil 2. 13 : İnşaat mühendisliği eğitimi geliştirmek için sanal gerçekliği kullanma (Messner vd., 2003).

Penn State Üniversitesi'ndeki Uygulamalı Araştırma Laboratuvarı, Yapay Çevre Uygulamaları Laboratuvarı'ndaki gibi bir CAVE sistemi kurmuştur. Bu sistem sayesinde kullanıcıların -öğrenciler ve eğitimciler - simülasyonlar ve verilerle gerçek zamanlı olarak etkileşime girebilecekleri 360 derece, 10' x 10' x 9' sarmalayıcı bir ortamı deneyimleyebilirler (Şekil 2.13). İlk çalışmada öğrencilerden ekipler oluşturulup bu ekiplerin 4 boyutlu bir modeli analiz yetenekleri ölçülmüştür. Çalışmada bir yapı prefabrike modüllere ayrılmıştır ve ekiplerden bu modülleri kullanarak yapıyı oluşturmaları beklenmiştir. Her ekip farklı bir yol izlemiştir. Fakat çalışmanın en etkin sonuçlarından biri inşaa süresi boyunca inşaaın olacağı mekanda vakit geçiren ekip sürekli birbirleri etkileşim halinde olup en iyi çözümü üretmeye

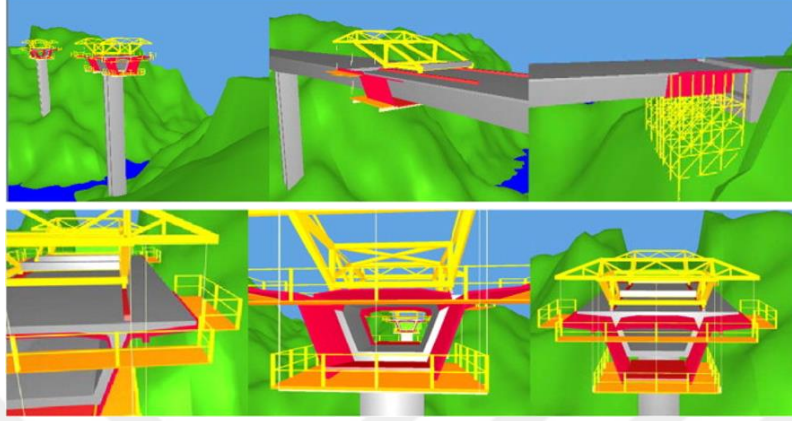
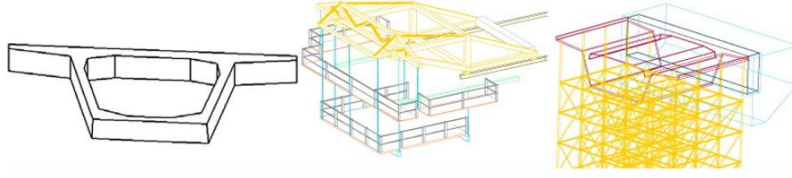
çalışmıştır. Bu çalışmanın sonucunda daha önce bu konuda deneyimi olmayan öğrencilerin karmaşık bir yapıyı yaklaşık 1 saat gibi bir süre içinde analiz edip yapılandırabildiği görülmüştür. Ayrıca öğrencilerin zengin bir algılama yaşadıkları bu sanal ortam deneyimleri sayesinde bina modellerini hızlıca anlayabildikleri, ve inşaatını planlayıp deneyim kazanabildikleri gözlemlenmiştir.

Bir diğer çalışmada ise aynı sistemi, inşaat konusunda profesyoneller deneyimlemiştir. Profesyoneller süreçte öğrencilerinden çok daha kapsamlı bir şekilde çalışmışlardır. Fakat sonucunda çıkarılan sonuçlarla birlikte görülmüştür ki öğrencilerin çıkardıkları sonuçlarla benzer çözümler sunmuşlardır. Bir diğer yandan profesyoneller için de bu sanal deneyimlerin faydalı olabileceği sonucu çıkarılmıştır (Messner vd., 2003).



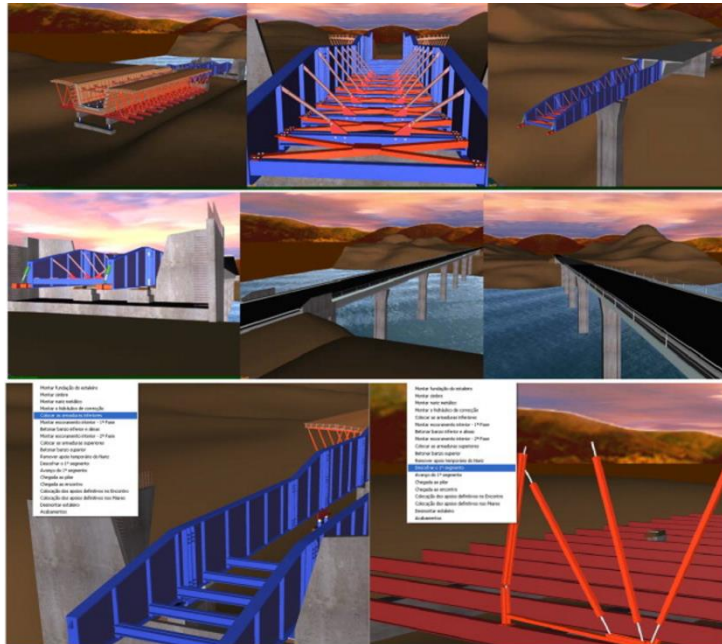
Şekil 2. 14 : Sanal ortamlarda görselleştirilen bina faaliyetleri (Sampaio ve Henriques, 2007).

Sampaio ve Henriques'in örneğinde bir dış duvarın inşaatını gösteren bir model hazırlanmıştır. Kullanıcı modelle etkileşime girip katmanlarını seçebilir ve birleşim detaylarını görebilir (Şekil 2.14). Ayrıca ekranın altında bulunan bar yardımıyla inşaatın hangi aşamada olduğunu görebilir ve buradan istediği aşamaya geçebilir. Aynı zamanda aşamalarla ilgili bilgiyi içeren metin parçalarına da ulaşabilir. Her yeni aşamayla birlikte eklenen parçayı malzemesi ve işleviyle birlikte inceleyebilir. Çalışmanın çıktılarına göre eğitimci ve öğrencinin birlikte deneyimlediği bu ortam sonucunda etkileşimin arttığı tespit edilmiştir.



Şekil 2. 15 : İnşaat mühendisliği eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik teknolojisi (Sampaio vd., 2010).

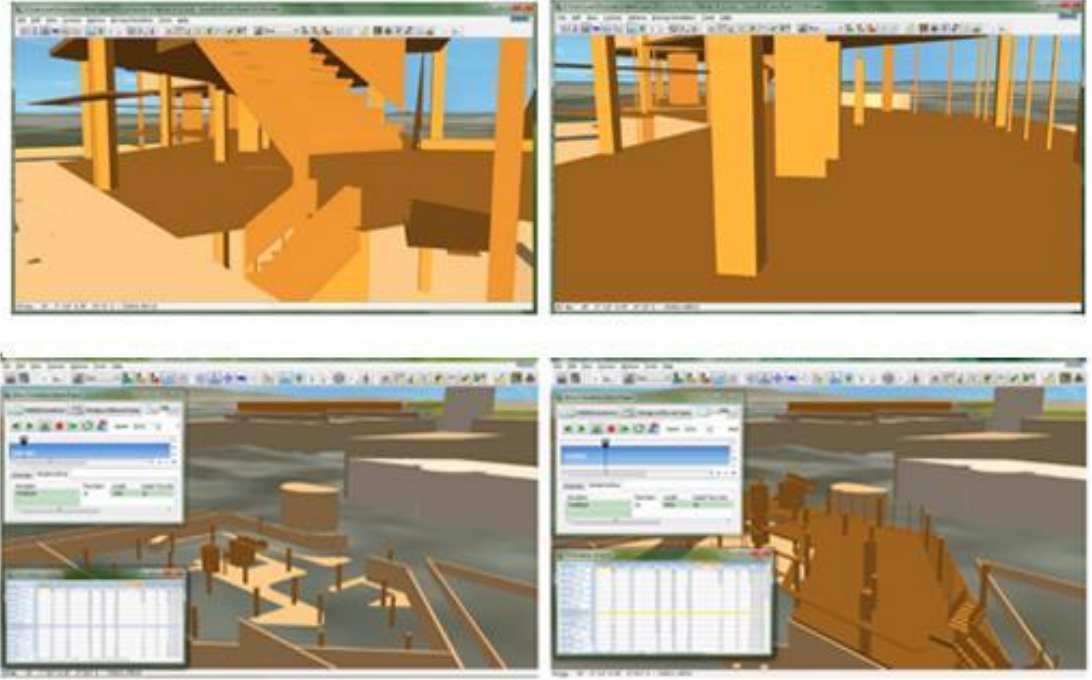
Birinci çalışmada, Portekiz Madeira'daki Bridge Farm'ın Kuzey Viyadüğünü oluşturan bütün parçaları ayrı ayrı sanal ortamda modellenmiştir (Şekil 2.15). Ekipmanlarla birlikte bu model üzerinden konsol yöntemi kullanılarak bir köprü inşaatının süreçlerinin gözlemlenmesi sağlanmıştır. Sanal gerçeklik teknolojisine dayalı bir yazılım olan EON Studio kullanılarak kullanıcıların etkileşimleri programlanmıştır. Öğrenci modelle etkileşime girebilir ve aşama aşama inşaatını gözlemleyebilir.



Şekil 2. 16 : İnşaat mühendisliği eğitiminde kullanılan sanal gerçeklik teknolojisi (Sampaio vd., 2010).

İkinci çalışmada ise güverte köprülerinin inşaatı için bir model oluşturulmuştur ve her parçası bir önceki çalışma gibi ayrı ayrı modellenmiştir (Şekil 2.16). Köprünün inşaatını ilk adımdan-temelden inşaatından- son adıma kadar simüle edilmiştir. Öğrenciler menü aracılığıyla inşaatın istediği aşamasına geçebilmektedir ve her yönden gözlemleyebilmektedir.

Bahsedilen iki çalışma, öğrencilerin ve eğitimcilerin denemesi için çevrimiçi olarak erişime açılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda görülmüştür ki CAD ve sanal gerçeklik teknolojisi ile eğitim vermek öğrencilerin CAD sistemleri ile teorik bilgileri arasında bağlantıyı kurmasını sağlarken gelecekteki meslek hayatları için büyük bir deneyim kazanmaları sağlanabilmektedir. Ayrıca bu çalışmalar öğrencilerin ilgisini çekebilecek materyaller konusunda örnek olmuştur.



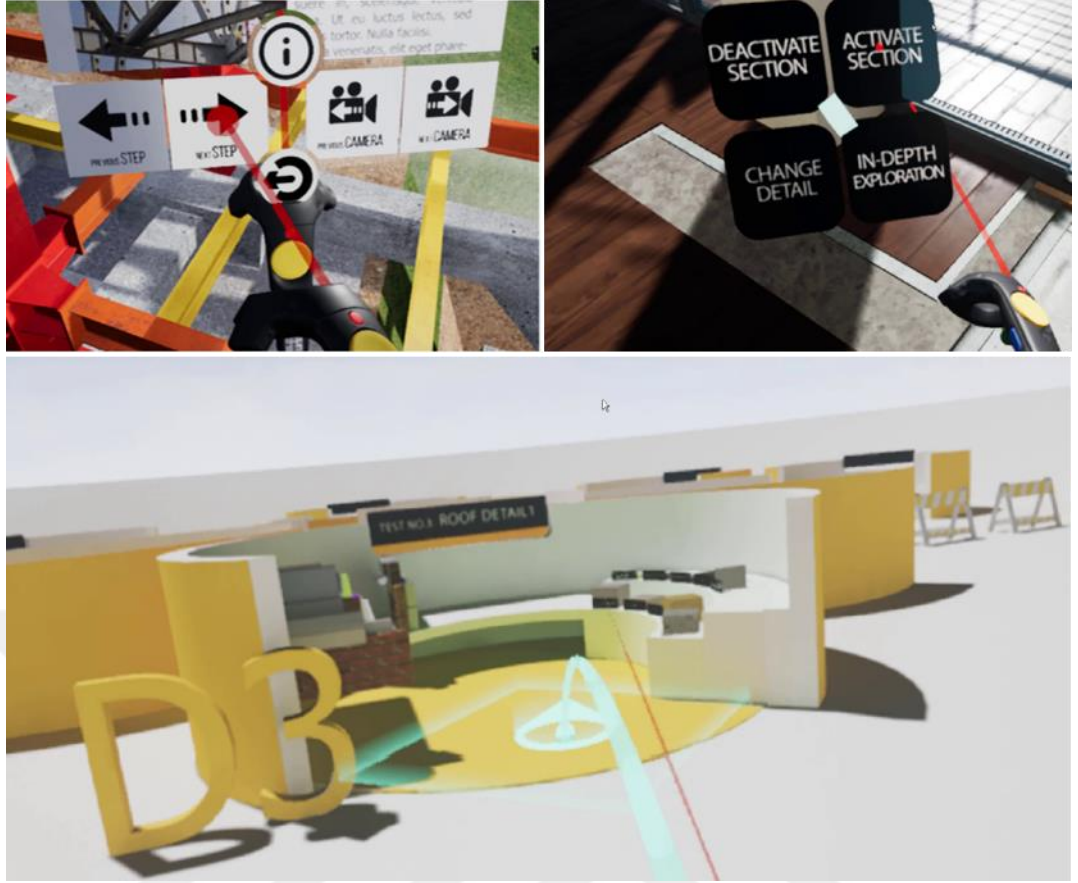
Şekil 2. 17 : Mimari tasarım stüdyolarında sanal gerçeklik kullanımı: Yapı ve inşaat üzerine bir çalışma örneği (Abdelhameed, 2013).

Bir başka örnek olan Abdelhameed'in çalışmasında ise yapısal bir sistemin inşaa süreci belirli bir sırayla görselleştirilmiştir (Şekil 2.17). Öğrenci istediği sırayı seçip süreci gözlemleyebilmektedir. Amaç, öğrenciye başlangıçta seçilen strüktürel sistemin tasarımı nasıl etkileyebileceğini göstermektir. Bu çalışmanın sonunda ise sanal ortamı deneyimleyen öğrenciler, yapısal sistem elemanlarının bağlantıları ve mekânsal ilişkilerini daha iyi anladıklarını belirtmişlerdir.



Şekil 2. 18 : Sanal Gerçeklikte sunulan inşaat işleri sürecinin bazı adımları (Bashabsheh ve diğ., 2019).

Bashabsheh vd. (2019) çalışmasında inşaatın fiziksel gelişiminin görülebildiği sanal bir ortam tasarlanmıştır (Şekil 2.18). Diğer çalışmalarda olduğu gibi 360 derece ve aşamalarının ayrı ayrı görülebildiği bir simülasyon ortamı geliştirilmiştir. Çalışmanın çıktısı ise, öğrencilerin pasif konumdan aktif konuma geçtiği yönündedir.



Şekil 2. 19 : "Ev İnşa Süreci için Adım Adım Simülatör" bölümünden bir ekran görüntüsü, "Mimari Detayların Derinlemesine Gözden Geçirilmesi" bölümünden bir ekran görüntüsü ve "Pratik Yap ve Öğren" bölümünden bir ekran görüntüsü (Maghool vd., 2018).

LADUVR, mimari ve teknik inşaat bilgileri ile ilgili detaylar sunan eğitici bir sanal gerçeklik uygulamasıdır (Şekil 2.19). Buradaki amaç bir şantiye ortamını öğrencilere sanal ortamda yansıtmaktır. Bu eğitici uygulamada üç farklı etkileşim çeşidi vardır;

- Uygulamanın birinci bölümünde amaç öğrencinin deneyimlemesi için şantiye ortamını simüle etmektir. Gerçek malzemeler ve binanın üç boyutlu modeli sayesinde öğrenciler bütün aşamaları içinde gezerek gözlemleyebilir. Elleriyle kontrol ekipmanları sayesinde tuşlara basarak süreci gözlemlerken kontrol öğrencilerin elinde olacaktır. Öğrencilerin şantiye deneyimini anlamasını ve inşaat adımlarının zaman sınırlaması olmaksızın gözlemleyebilmeleri beklenmektedir. Bu sayede öğrenciler güvenli bir ortamda şantiye deneyimi elde ederlerken aynı zamanda maliyet açısından ve zamandan tasarruf edilebilmektedir.
- Uygulamanın ikinci bölümün amacı, sanal ortamda öğrencilerin mimari detayları daha iyi kavramalarını sağlamaktır. Öğrenci evin içinde gezerken

merak ettiği detayların üzerine tıklayarak detayların kesitlerine ve detayları hakkında yazılı ve sesli bilgilere ulaşabilir. Öğrenciler aynı zamanda detayların karanlık görünen noktalarını aydınlatmak için sanal ortamda sanal bir el feneri kullanabilirler.

- Üçüncü bölüm ise şu ana kadar incelenen örnekler içerisinde olmayan bir bölümdür. Bu bölümde öğrencinin bir yapıyı ya da bir simülasyonu incelemesinden ziyade daha önceki bölümlerden öğrendiklerine göre bir uygulama yapması gerekmektedir. Bu bölümde 12 ayrı kabin ve her kabin içerisinde bir eksik mimari detaylar vardır. Öğrenciden bu detayda eksik olan kısmı (tuğlalar, çelik profiller, yalıtım malzemeleri vb.) tamamlaması beklenmektedir. Öğrenci, detayı doğru bir şekilde tamamladığında sistem tarafından bir bildirim gönderilir (Maghool vd., 2018).

Shahid Beheshti Üniversitesi'nde inşaat mühendisliği 2.sınıf ve 3.sınıf derslerini tamamlayan öğrenciler uygulamayı denemeye çağrılmışlardır, öğrenciler arasından rastgele seçilen 8 kişi uygulamayı 15 dakika boyunca deneyimlemiştir. Deneyimin sonunda öğrencilerle görüşülmüş ve 11 soru sorulmuştur. Bunun sonucunda esneklik düzeyinde, bileşenlerin değerlendirilmesinde, aktarılan bilgi miktarında, bilgiyi uygulamaya aktarma yeteneğinde ve bilgilerin bir hafta sonra hatırlanmasında geleneksel eğitim biçiminden daha iyi olduğu sonucu çıkarılmıştır (Maghool vd., 2018). Eğitimcilerin yerine geçebilir mi sorusuna ise derslerde ek materyal olarak kullanılması yani yardımcı konumda olması cevabı verilmiştir. Burada göze çarpan en önemli noktalardan biri ise arayüz tasarımıdır. Bazı öğrenciler son bölümde arayüz tasarımını anlamaya çalışırken çok fazla zaman kaybettiklerini belirtmişlerdir (Maghool vd., 2018). Bu da arayüz tasarımının sanal gerçeklik ortamında tasarlanan uygulamalar için çok önemli bir veri olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda incelenen örneklerin hepsinde sanal gerçeklik teknolojilerinin strüktürel eğitime faydalarının olduğu tespit edilmiştir. Öğrencinin isteğinin artması, konuyu daha iyi kavraması, dersin aktif yapıya geçmesi ve ders içi etkileşimin artması bunlardan bazılarıdır. Bu faydaların yanında bu tarz uygulamaların müfredata eklenmesi konusu üzerine düşünülmelidir. Çünkü hazırlanacak olan sanal ortamın içeriği, elementleri, arayüz tasarımı, değerlendirme bölümü, kullanılacağı dersin ne kadarında ve hangi konumda olacağına dair sorular ortaya çıkmaktadır. Bu sorular dolayısıyla da daha sonra önerilecek ortam için başta pedagojik bir araştırma yapılmış,

yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileri doğrultusunda bir yaklaşım benimsenmiştir. Ayrıca örneklerden yola çıkarak geliştirilecek olan sanal ortam eğitiminin, öğrenciler için bir değerlendirme aşaması olmalıdır, sonucu çıkarılmıştır. Çünkü bir bilginin öğrenilip öğrenilmediğinin bu yolla anlaşılabilceğı düşünölmektedir.

Bütün bu çıkarımlar düşünöldüğünde, mimarlıkta ströktör eğitiminde sanal gerçeklik uygulamalarının birçok yönden yararlı olacağı öngörölmektedir. Fakat bu noktada yukarıda da belirtildiğı gibi dikkat edilmesi gereken birçok nokta vardır. Bir eğitim ortamı tasarlanırken her yönüyle tasarlanmalıdır.

2.5.2 Mimarlıkta ströktör eğitiminde sanal gerçeklik uygulamalarının değeriendirilmesi

Yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileri doğrultusunda eğitimde sanal gerçekliğın kullanımı bağdaştırılmış, mimarlıkta ströktör eğitiminin sorunları belirlenmiş ve araştırma konusuyla ilişkili geçmiş yıllarda yapılan çalışmalar analiz edilmiştir. Bunun sonucunda mimarlıkta ströktör eğitiminde sanal gerçekliğın kullanımının öğrenci ve hatta eğitimci açısından etkili olması beklenmektedir. Giriş bölümünde bahsedilen önermeler de göz önüne bulundurularak bir değerlendirme yapılacaktır.

Öncelikle daha önce tanımları yapılan teorilerde geçen eğitim dönüşümünde, eğitimci merkezli bir eğitimden öğrenci merkezli bir eğitime geçilmesi ve öğrencinin aktif konumda yer alması, sanal gerçekliğın birinci şahıs deneyimleri oluşturma özelliğıyle örtüşebilir. Bilişsel gelişim teorisinde geçen öğrencinin çok duyulu bir ortamda eğitime katılması ise, sanal gerçekliğın birden fazla duyuya hitap ederek kullanıcının konsantrasyonu artırması ve dikkat dağıtıcı dış faktörleri engellemesi ile sağlanabilir. Aynı zamanda sanal bir ortam olmasından ötürü hem sürekli tekrarlanabilir bir ortam sunabilecek, hem de güvenli bir ortam oluşturabilecektir. Mimarlıkta ströktör eğitimi özelinde şantiye gezilerine gitmek veya işlemleri eş zamanlı takip etme zorluğu bununla çözülebilir. Hem yapılandırmacı eğitim teorisinde hem de bilişsel gelişim teorisinde bahsedilen bilginin olduğı gibi kabul edilmemesi ve yeniden keşfedilmesi ise sanal gerçeklik ortamının bir deneme yanılma ortamı olarak tasarlanması ile sağlanabilir. Diğer bir taraftan sanal gerçeklik ortamının özellikleri olan daldırma ve

buradalık hislerinin etkisiyle öğrencinin katılım isteği artırılabilir ve öğrendiği bilgilerin kalıcılığı uzatılabilir.

Başka bir yandan örnekler incelendiğinde bir örnek dışında sadece daha önceden kurgulanan bir simülasyon üzerinden öğrencilerin deneyimlemesinin sağlandığı görülmüştür. Bu noktada öğrencinin bilgiyi alma kapasitesinin ve akılda kalıcılık oranının artması için incelenen son örnekte olduğu gibi öğrencinin bir geri bildirim alması gerektiği düşünülebilir. Çünkü gerek Dale'in deneyim konisine bakıldığında gerekse yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorilerine bakıldığında kullanıcının yaparak deneyip yanılma yöntemi ile öğrendiği bilginin daha kalıcı olduğu söylenebilir.

Literatür araştırmalarının başka bir sonucuna bakıldığında ise uygulamanın dersin içeriğinde olan yeri önemlidir. Çünkü dersin tamamen yerini alan sanal gerçeklik uygulamalarının sonucunda olumsuz etkiler görülürken derse iyi bir şekilde adapte edilen sanal gerçeklik uygulamalarının sonuçlarının olumlu olduğu görülmüştür.

Değerlendirilecek bir başka nokta ise arayüz tasarımının önemidir. Burada arayüz anlaşılabilir ve kafa karıştırmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Çünkü öğrencinin sanal ortama kısa sürede uyum sağlaması ve dikkatinin dağılmaması konusunda önemli bir yere sahip olduğu tespit edilmiştir.

Belirtilen sonuç ve değerlendirmeler birer veri olarak kullanılarak bu doğrultuda bir sanal eğitim çerçevesi belirlenecek ve bir model önerilecektir.

3. ÇALIŞMANIN YÖNTEMİ

Tez kapsamında, eğitimde sanal gerçeklik teknolojileri incelenmiş ve eğitim yaklaşımlarında sanal gerçeklik teknolojisinin yeri yapılandırmacı eğitim, bilişsel gelişim teorileri kapsamında işlenmiştir. Devamında mimarlık eğitimi ve sanal gerçeklik irdelenmiştir. Bu çalışmanın kapsamına inmek amacıyla mimarlıkta strüktür eğitimi incelenmeye başlanmış ve dünyada uluslararası, ulusal bazı üniversiteler belirlenerek bu üniversitelerin belirlenen kapsamda dersleri irdelenmiştir. Bir sonraki adımda, mimarlıkta strüktür eğitiminin nasıl bir eğitim ortamı sunduğu ve eksiklikleri belirlenerek sanal gerçeklik teknolojisinin daha önce bu alandaki uygulamaları araştırılmış ve incelenmiştir. Bütün bu araştırmalar sonucunda, sanal gerçeklik teknolojilerinin mimarlıkta strüktür eğitiminde ne gibi faydaları olacağına dair öngörüler belirtilmiştir. Tezin buraya kadar olan kısmının belirlenecek olan çerçeve ve önerilecek sanal eğitim ortamı için bir altyapı oluşturması beklenmektedir.

Tezin bu bölümünde ise, sanal gerçeklik teknolojilerinin sistem bileşenleri, geliştirilme ortamları, dijital ve fiziksel öğeleri, geçmişten günümüze erişilebilirliği, günümüzdeki durumu, yan etkileri ve arayüz tasarımının önemi üzerine durulacaktır. Tartışılacak olan bu konuların önerilecek sanal ortam için girdiler oluşturması öngörülmektedir.

3.1 Sanal Gerçeklik Teknolojisi

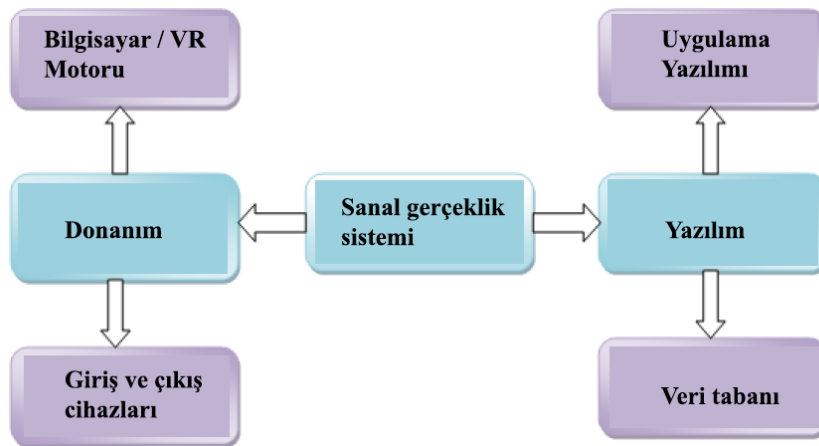
Sanal gerçeklik teknolojisi en genel anlamda gelişmiş donanım ve yazılım kullanılarak kullanıcının 3 boyutlu dijital dünyada var olmasını ifade eder. Herhangi bir bilgisayar ekranı olmaksızın, kullanıcı dış dünyadan koparılır. Bununla birlikte sanal gerçeklik deneyimi yaşamak özel projektörler ve oda boyutunda sistemler ile de mümkündür (Kugler, 2021).

1800'li yıllarda başlayan pratik fotoğrafçılık fikriyle birlikte gelişen günümüzde ulaşılan sanal gerçeklik teknolojisinin durumuna bakıldığında oldukça gelişme kaydedildiği gözlenmektedir. 1838'de, tek bir görüntüyü yansıtmak için ikiz aynalar kullanılarak ilk stereoskop icat edildi. Bu, sonunda 1939'da patenti alınan ve bugün

hala üretilen View-Master'a dönüştü. Sanal gerçeklik teknolojisinin tarihsel gelişimi bu şekilde devam ederken tıp, medya, eğitim, eğlence, mimarlık, endüstri, sanat, kültür ve askeri gibi birçok sektörde ön plana çıkmaya başlamıştır (URL 26). Birçok alanda kullanılmasıyla birlikte gelişen teknoloji, günümüzde neredeyse algılanamayan bir süreyle geri tepkime vererek ve kablo gerektirmeyen cihazlar, üst kalite ses ve görüntü teknolojileri sayesinde kullanıcıya sanal bir ortamdan çok gerçek bir ortamda olduğuna inandırmaya başlamıştır. Bernard Marr'a göre (2020) 2030 yılına kadar bahsedilen ses ve görüntü teknolojilerinin yanına diğer duyular da katılarak beş duyunun olduğu bir sanal ortam geliştirilmesi ve yapay zeka entegre edilerek kişiselleştirilmiş deneyimler sunulması beklenmektedir.

3.1.1 Sanal gerçeklik teknolojisinin sistem bileşenleri

Sanal gerçeklik teknolojisinde amaç 3İ (3I)'yi kullanıcıya hissettirmektir. Bunlar daldırma hissi, hayal gücü ve etkileşim (immersion, imagination, interaction) dir. Daldırma hissi, kullanıcının bulunduğu ortamda var olma hissiyatıyla açıklanır. Hayal gücünün kullanıcının, hayal ve gerçekle arasındaki bağlantısıdır. Etkileşim ise kullanıcının bulunduğu ortamla iletişimini ifade eder. Bu üç özellik ile sanal gerçeklik deneyimi oluşturulur. Sanal gerçeklik sistemi, geleneksel bilgisayar sistemlerinden farklı bileşenlere sahiptir. Bir sanal gerçeklik sistemi, Şekil 3.1'de de görüldüğü üzere donanım ve yazılım olmak üzere 2 ana alt sistemden oluşur (Bamodu ve Ye, 2013).



Şekil 3. 1 : Sanal gerçeklik sistem bileşenleri (Bamodu ve Ye, 2013).

3.1.1.1 Donanım (Hardware)

Sanal gerçeklik sistemi için donanım, bilgisayar/sanal gerçeklik motoru ve giriş/çıkış cihazları başlıkları ile birlikte incelenir (URL 27).

- Giriş Cihazları

Giriş cihazları, kullanıcının sanal dünyayla etkileşime girdiği araçlardır. Çıkış cihazlarıyla birlikte çalışarak gerçek zamanlı olarak kullanıcıya uygun tepkileri sağlarlar (Bamodu ve Ye, 2013). Joystick, eldiven, klavye, ses tanıma gibi farklı alternatifleri vardır (URL 28). Sanal gerçeklik sistemlerinde el ve parmak hareketlerini kullanan kontrol cihazlarının bulunması, sanal gerçeklik sisteminde etkileşim düzeyinin artmasında önemli bir role sahiptir. Bir sanal gerçeklik sistemindeki el ve parmak hareketleri, orijinal şekline benzeyen bir kontrolör şeklinde veya sanal bir el şeklinde görüntülenebilir. Sanal gerçeklik kontrolörünün çevirme hareketi ve dönüşü sisteme girdi olarak kullanılabilir (Tanjung vd., 2019). Günümüzde en çok tercih edilen giriş kontrollörleri joystick benzeri kontrolörler, leap motion sistemi veya duyuşal eldivenlerdir. Bunun yanında giyilebilen ve bütün vücudun sanal dünyayı hissedebilmesini sağlayan giyilebilen teknolojiler üzerinde de ürünler ve çalışmalar vardır. Bu giyisilere haptik ismi verilmektedir ve sanal dünyadaki son keşif alanı olduğu belirtilmektedir (Louis ve Hamam, 2021). Birbirlerine göre dezavantaj ve avantajlarını ortaya seren birçok çalışma yapılmaktadır.

Çalışma kapsamında “leap motion” giriş cihazının kullanılması öngörülmektedir. Çünkü leap motion kontrolörü herhangi bir tuş olmadan gördüğü el hareketlerini sanal dünyaya yansıtabilmektedir. Sanal ortamda kullanılacak el hareketlerinin ise gündelik yaşamda kullanılan benzer el hareketleriyle örtüşecek şekilde tasarlanması düşünülmektedir. Bu sebeple leap motion kullanımı sayesinde, kullanıcının, kafa karışıklığı yaşamadan ortama uyum sağlayabileceği öngörülmektedir. Bahsedilen giriş çıkış cihazları Şekil 3.2’de ve Şekil 3.3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. 2 : Vive kontrolörü – Leap motion – Duyusal eldivenler (Tanjung vd., 2019).



Şekil 3. 3 : Giyilebilen teknoloji (Needleman, 2018).

- Sanal Gerçeklik Motoru

Sanal gerçeklik teknolojisinde oyun motorları kullanılır. Oyun motorları, dokulu hazırlanmış 3 boyutlu nesneleri ve sahneleri eş zamanlı olarak sanal dünyada işler ve yayınlar (Fritsch ve Kada, 2004). Tasarlanacak ortama uygun motor ve bilgisayar sistemi seçilmelidir. Motoru seçerken, bilgisayarın işlem gücüne dikkat edilmelidir (Bamodu ve Ye, 2013). Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte birçok sanal gerçeklik motoru ortaya çıkmıştır. Bunlardan bazıları Unity3D, Unreal Engine 5, CryEngine, Autodesk Maya gibi motorlardır.

Bu çalışmada Unity oyun motoru kullanılması düşünülmektedir. Unity, Unity Teknoloji tarafından piyasaya sürülen çapraz platformlu - birden fazla işletim sisteminde dağıtımı olan - bir oyun motorudur. Burada ortamlar C# dili kullanılarak oluşturulur.

- Çıkış Cihazları

Çıkış cihazları, sanal gerçeklik motorunda geri bildirim alır ve ilgili çıkış cihazları aracılığıyla kullanıcıyı bu geri bildirimi iletir. Duyulara dayalı olarak sınıflandırılan çıkış cihazları, grafikler (görsel), işitsel, dokunsal (temas veya kuvvet), koku ve tattan oluşmaktadır. Günümüzde görsel, işitsel ve dokunsal çıkış cihazları birçok sanal ortamda çok sık kullanılabilir. Fakat koku ve tat çıkış cihazları, çok daha nadir kullanılmaktadır. Grafikler için ise stereo ekranlı monitör veya yüksek daldırma seviyesine sahip HMD'ler kullanılmaktadır (Bamodu ve Ye, 2013). Birçok markanın bu konuyla alakalı ürünleri vardır ve her geçen gün yenileyip geliştirerek piyasaya sunmaktadırlar.

3.1.1.2 Yazılım (Software)

Sanal gerçeklik sistem yazılımı, sanal ortamları ve bilgilerin depolandığı veritabanını tasarlamak, geliştirmek ve sürdürmek için bir araç ve yazılım bütünüdür (Bamodu ve Ye, 2013). Yazılım başlığı altında modelleme araçları ve geliştirme araçları birlikte işlenir.

- Modelleme Araçları

Üç boyutlu modelleme yazılımları, nesnelerin geometrisini oluşturulmasını ve bazı görsel özelliklerinin belirlenmesini sağlar (URL 27). Sanal gerçeklik ortamları tasarımları için birçok modelleme aracı kullanılabilir, fakat en yaygın olarak kullanılanlar, 3ds Max, Maya ve Creator'dır (Bamodu ve Ye, 2013).

- Geliştirme Araçları

Sanal gerçeklik teknolojisi, 3 boyutlu bilgisayar grafikleri, izleme teknolojisi, ses işleme, dokunsal teknoloji gibi birçok teknolojinin bir arada bulunduğu bir sistemdir. Bu yüzden esnek yazılımlar kullanılmayı gerektirir. Bir sanal gerçeklik ortamı oluşturmak için C/C++, Java, OpenGL gibi diller kullanılabilirken aynı zamanda kodlama dillerine gerek kalmadan çok daha kolay şekilde de oluşturulabilir. Bunun için SDK – YGK (software development kits – yazılım geliştirme kitleri)lar ve API - UPA (application program interfaces – uygulama programı arayüzleri) vardır (Bamodu ve Ye, 2013). Bu sistemler, 3 boyutlu nesneleri ekleme, klonlama ve taşıma gibi işlevleri gerçekleştirmek için araçlar sunar. Ayrıca, deneyimleri özelleştirmek için sürükle ve bırak işlevi sağlayan birçok sistemle birlikte esneklik sağlar. Bu araçlar, bir UPA kullanılarak özelleştirilebilir. YGK'lar tipik olarak belirli çerçeveler ve donanımlar için tasarlanırken, bazıları birden fazla sistemde desteklenebilir (URL 29).

3.1.2 Sanal gerçeklik teknolojisinin türleri

Wang vd. göre sanal gerçeklik türleri beş türe bölünmektedir:

- Bilgisayar tabanlı sanal gerçeklik – sarmalayıcı olmayan (desktop based vr – non-immersive),
- Sarmalayıcı sanal gerçeklik (immersive vr),
- Oyun tabanlı sanal gerçeklik (3D game based vr),
- BIM tabanlı sanal gerçeklik (BIM based vr)

- ve artırılmış gerçeklik (Augmented reality – semi-immersive vr) tir (Wang vd., 2018; Bamodu ve Ye, 2013).
- Bilgisayar tabanlı sanal gerçeklik (Non-immersive VR).

Kullanıcılar bir stereo ekranlı monitor ya da gözlük aracılığıyla üç boyutlu bir ortamla etkileşime girer. Sistem açısından basittir ve bu yüzden sarmalayıcılık hissi en az sanal gerçeklik türüdür. Sanal gerçeklik teknolojisinin ortaya çıkmasıyla beraber, basit sistemi dolayısıyla en çok tercih edilen tür olmuştur. Üç boyutlu ortamda görevler, monitör, klavye ve fare kullanılarak yapılır. Fakat sanal ortam, kullanıcı ile direk etkileşimde olmaz (URL 30). Diğer teknolojilere kıyasla daha ulaşılabilir ve ucuzdur (Wang vd., 2018). Tez kapsamındaki eğitim ortamında kullanımı açısından düşünüldüğünde, daha ulaşılabilir bir teknoloji olması bu türü cazip kılarken, sarmalayıcı olmaması yönüyle uygun olmadığı düşünülmektedir. Önerilecek olan sanal ortamın, eğitimi pekiştirici ve akılda kalmasını sağlayacak şekilde olması öngörülmektedir

- Sarmalayıcı sanal gerçeklik (Immersive VR)

Kullanıcıları fiziksel dünyadan çekmek ve sarmalayıcı bir deneyim yaşatmak için başa takılan cihaz ve el hareketleri için çeşitli cihazları kullanır (URL 30). Daldırma ve buradalık hissi oldukça fazladır (Bamodu ve Ye, 2013). Mekansal daldırma, görüntüler, sesler veya diğer sanal senaryolarla çevrelenerek yaratılır, kullanıcı sanal dünyanın gerçek olduğunu hissedebilir ve gerçek zamanlı geri bildirim sağlayabilir. Bu da kullanıcıların algılarını açarak tez kapsamında eğitim alanında kullanımının faydalı olacağını göstermektedir (Wang vd., 2018).

- Oyun tabanlı sanal gerçeklik (3D game based VR)

Kullanıcı etkileşimlerini geliştirmeyi amaçlayan 3 boyutlu oyun teknolojisi, görsel, etkileşimli, ve çok kullanıcıli işletim teknolojileriyle entegre ederek bilgisayar tabanlı oyun benzeri eğitim sahnelerini sağlar. Oyun tabanlı eğitim olarak, yararlı ve gerçek hayattaki işlemlere yakın görevlerin sağlanması yoluyla öğrenciler arasındaki işbirliğini ve etkileşimi geliştirmek için kullanılabilir (Wang vd., 2018). Kullanıcılar için daha eğlenceli hale gelen eğitim sayesinde bilgilerin akılda kalma oranı artabilir. Bu bağlamda, tez kapsamında önerilecek ortamın eğitime yardımcı olması öngörüldüğünden oyun tabanlı sanal gerçeklik türü uygun olarak düşünülmektedir.

- BİM tabanlı sanal gerçeklik (BIM based VR)

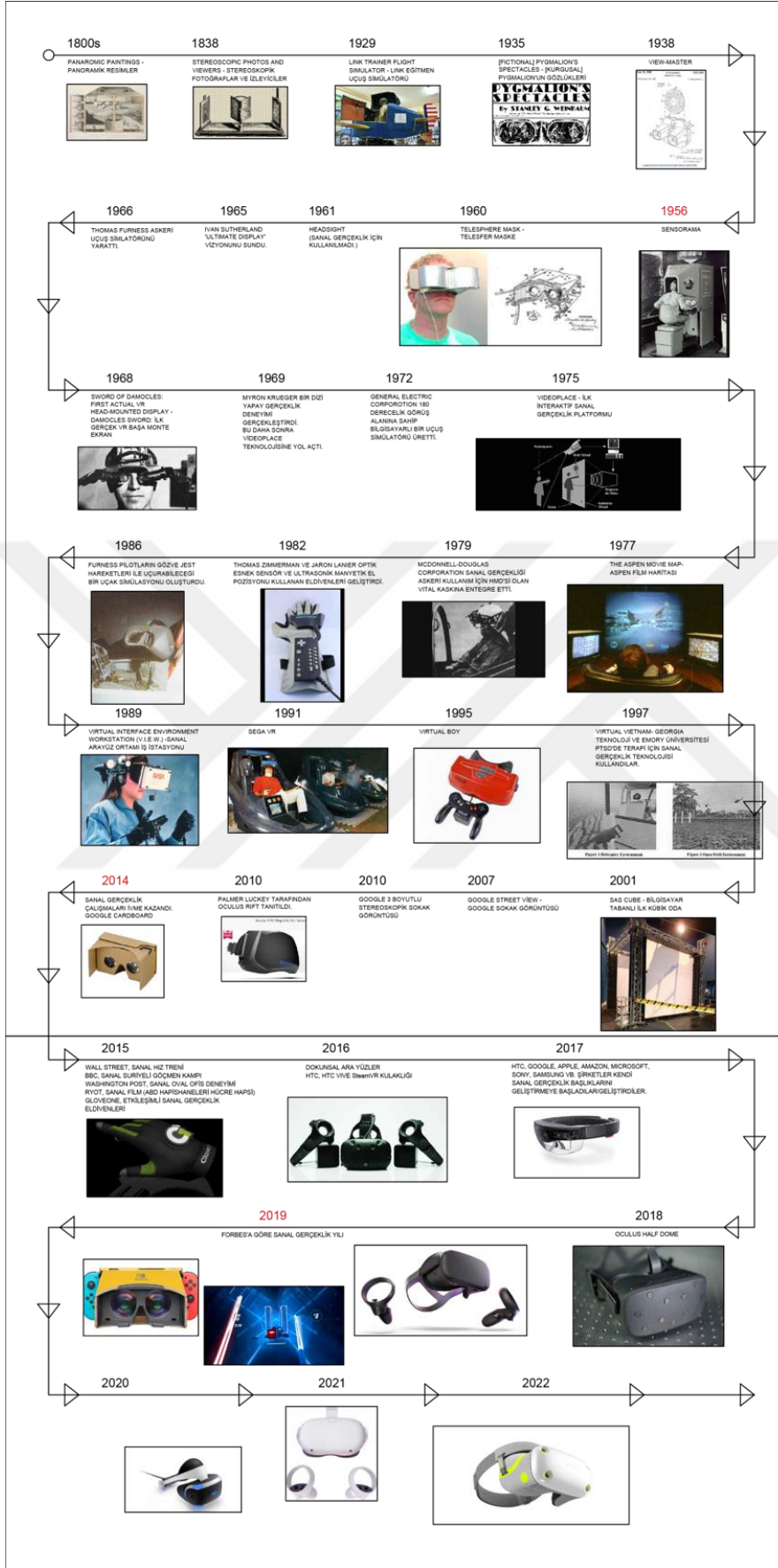
Tasarım, planlama, inşaat gibi konuların süreçleri ile ilgili aşamaları gösteren sanal gerçeklik türüdür. İnşaat süreçlerini veya çeşitli operasyonları simüle etmek için kullanılır (Wang vd., 2018). Görselleştirme bu türün en önemli özelliğidir (Wang vd., 2014). Tasarım ve yapım detaylarını incelemek, malzeme, maliyet gibi özellikleri görmeye yardımcı olur. Bu konuda tez kapsamında önerilecek ortam için uygun olarak öngörülmektedir.

- Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality – Semi-immersive VR)

Artırılmış gerçeklik türü, masaüstü VR'nin basitliğini korurken veya bazı fiziksel modeller kullanırken yüksek düzeyde daldırma sağlar (Bamodu ve Ye, 2013). Sanal bilgilerle fiziksel bir ortamın doğrudan veya dolaylı canlı görünümünü sağlamak için duyuşsal teknolojiyi olarak adlandırılan ses, vdeo veya garfikleri kullanır. Sarmalayıcı sanal gerçeklik ortamına kıyasla, artırılmış gerçeklik, kullanıcıların gerçek ortama mükemmel şekilde uyan nesnelerle ölçek, konum ve diğer özellikleri değıştirme konularında etkileşime girmesini sağlar (Fonseca vd., 2014). Eğitim açısından bu durumun, öğrencilerin etkileşimlerini artırabildiğı savunulmaktadır (Wang vd., 2018).

3.2 Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Ulaşılabilirliğı

Günümüzdeki sanal gerçeklik teknolojisinin geçmişı 1800’li yıllara dayanmaktadır. 1800’li yıllarda başlayan panoramik resimler, streoskopik fotoğraflar simülatörlere ve zamanla tamamen sanal bir evrene evrilerek şu anda üretilen ve deneyimlenen sanal gerçeklik teknolojisini oluşturmuştur. Savaşlarda orduya yardım gibi amaçlarla önemli bir gelişme kaydeden sanal gerçeklik günümüzde pek çok alanda göz önünde olmaya başlamıştır. Günümüzde birçok şirket, yeni nesil sanal gerçeklik donanımını kişinin günlük yaşamını değıştirecek kadar hafif ve güçlü hale getirmek için tamamen yeni teknikler ve tasarımlar için araştırmalar yapmaktadır. 2016 yılında sanal gerçeklik teknolojisi, sistemin, harici bir üst düzey bilgisayara bağlamasını gerektiriyordu. Bu şekilde pahalı ve hantal bir donanımdı. Fakat 2017 yılı itibariyle harici bir bilgisayar gerektirmeyen sistemler sayesinde kullanıcı daha ucuz ve yüksek kalitede sistemlere ulaşabilmektedir (Kugler, 2021). Özellikle Oculus Go’nun piyasaya çıkarılmasıyla birlikte sanal gerçeklik teknolojisi döviz bazında ucuzlamıştır ve ulaşılabilirliğı artmıştır (URL 34).



Şekil 3. 4. : Sanal gerçeklik teknolojisinin tarihi (URL 22, URL 23, URL 24, URL 25).

Şekil 3.4'te sanal gerçeklik teknolojisinin 1800lerden başlayan fikirselsel ve fiziksel olarak gelişiminin gösterildiği bir tablo hazırlanmıştır. Bu tablo üzerinden sanal gerçeklik teknolojisinin yıllar içinde geçirdiği evrim ve ulaşılabilirliği konusundaki değişim görülebilmektedir. 1956'da Sensorama'nın geliştirilmesi, 2014 yılında sanal gerçeklik çalışmalarının ivme kazanması ve Forbes'a göre 2019 yılında HTC, Google, Apple, Amazon, Microsoft, Sony, Samsung gibi şirketlerin kendi sanal gerçeklik çalışmalarını geliştirmeleri doğrultusunda sanal gerçeklik teknolojisi açısından önemli yıllar olarak kabul edilmektedir.

3.3 Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Yan Etkileri

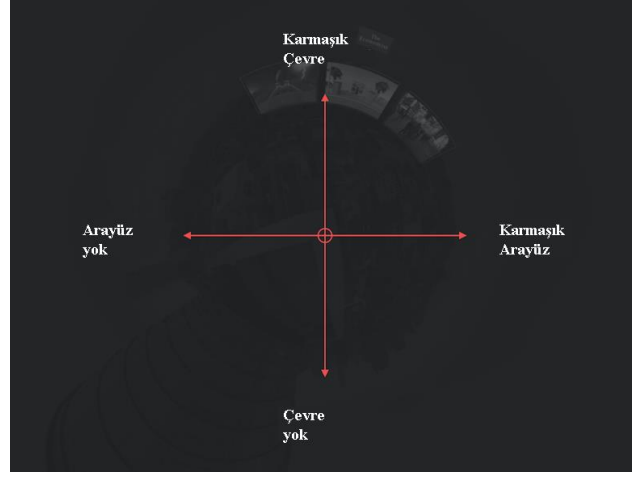
Sanal gerçeklikte, kullanıcılar sanal gerçeklik hastalığı veya siber hastalık olarak adlandırılan taşıt tutması belirtileri yaşayabilir (Chang vd., 2020). Bunlar mekansal farkındalık kaybı, baş dönmesi ve oryantasyon bozukluğu, nöbetler, mide bulantısı ve göz yorgunluğudur (Kim ve Rhiu, 2021).

- Mekansal farkındalık kaybı : Birçok insan sanal gerçeklikte 30 dakikadan fazla kaldığında gerçek çevresindeki nesneleri unutma meyilindedir. Bu yüzden çeşitli yaralanmalar vb. olabilmektedir. Bu sorunun en basit çözümü sanal gerçeklik teknolojisini belirli bir süre kullanıp mola vermektir.
- Baş dönmesi ve oryantasyon bozukluğu : Vertigoya yatkın insanlar için olasılığı yüksek olan bir rahatsızlıktır. Fakat bu hastalığa sahip olmayan ve sanal gerçeklik teknolojisinde çok fazla vakit geçiren insanlarda da aynı sorun görülebilmektedir.
- Nöbetler : Epilepsi gibi bir hastalığı olan kullanıcı için nöbeti tetikleyebilen bir teknolojidir.
- Mide bulantısı : Sanal gerçeklik ortamında görülen hareketler aslında fiziksel olarak kullanıcının hissetmediği hareketlerdir. Bu da kullanıcının iç kulağında dengesizlik ortaya çıkarır ve mide bulantısına yol açabilir.
- Göz yorgunluğu : Çok fazla televizyon izlemek veya bilgisayar ekranına bakmak gibi sanal gerçeklikte de kısa süreli göz yorgunluğu olabilir (Kim ve Rhiu, 2021; Lewis, 2018; Chang vd., 2020).

Sanal gerçekliğin yan etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada google akademik üzerinden belirli anahtar kelimelerle ve ölçütlere göre 77 deneysel sonucu olan makale seçilmiştir. Bu seçilen makalelere göre çıkarılan sonuca göre sanal gerçeklik hastalığının sebepleri donanımsal, içeriksel ve insan faktörlü olabilmektedir. Fakat incelenen çalışmalar doğrultusunda sanal gerçeklik hastalığının açıklanması ve durumun iyileştirilmesi konusunda daha fazla kanıt ve araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Chang vd., 2020). Sanal gerçeklik teknolojisi hala bir test alanı olarak görülmektedir ve bu yüzden standardizasyonu yoktur. Fakat bu dezavantajlara rağmen geliştiriciler, sanal gerçeklik teknolojisi ile çalışmalarını artırmaktadırlar (Swinhart, 2021). Kullanıcı dostu bir sanal gerçeklik uygulaması için birçok parametre göz önüne alınmalıdır (Chang vd., 2020). Bu parametreleri çıkarmak ve değerlendirmek için bölümün devamında sanal gerçeklik teknolojisi incelenmeye devam edilecektir.

3.4 Sanal Gerçeklik, Arayüz ve Arayüz Tasarımının nemi

Merkezi işlem birimi, monitör, klavye, fare ve joystick gibi donanımlar sanal bir ortamın oluşturulmasına olanak tanır. Ancak ortamın oluşturulması ve uygulanması için bir veya birkaç yazılım parçasının daha varlığı gereklidir. Bu yazılım ürünleri, belirli görevlerin oluşturulmasını sağlayan, kullanıcı ile bir arayüz veya bağlantıya izin veren mantıksal ortamlar olarak tanımlanabilir (Rojas ve Rebolledo, 2014). Sanal gerçeklik teknolojisi bir tasarımcı açısından iki ögeden oluşur. Bunlar ortam ve arayzdır. Ortam (environment), sanal olarak bulunan evre olarak tanımlanır. Arayüz ise, kullanıcıların bir ortamda gezinmek ve deneyimlerini kontrol etmek için etkileşime girdikleri öğeler kümesidir. Sanal gerçeklik deneyimi bu iki ge arasında tasarlanır (Applebae ve Deruette, 2017). Tasarlanacak olan bu 3 boyutlu ortam, 2 boyutlu bir arayüz ve etkileşimden farklı olarak düşünülmelidir (Kharoub vd., 2019). Uygun olmayan arayüzler, sanal gerçeklik deneyimini olumsuz yönde etkileyebilir, ayrıca yetersiz navigasyon performansına, artan zihinsel strese, düşük algılanan kullanılabilirliğe ve oryantasyon bozukluğuna yol açabilir (Bozgeyikli vd., 2019; Darken ve Sibert, 1993; Nash vd., 2000; Rhiu vd., 2020; Suma vd., 2010). Yani yanlış tasarlanan arayüz daha önceki kısımda bahsedilen yan etkileri ortaya çıkarabilir. Bu yüzden arayüz tasarımının sanal gerçeklik teknolojisinde önemli bir yer tuttuğu söylenebilir.

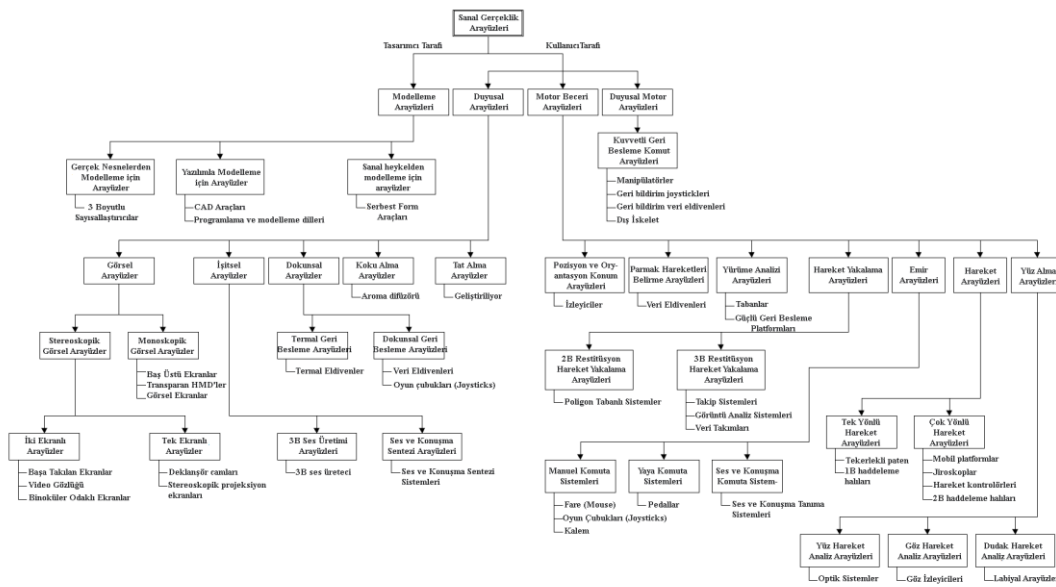


Şekil 3. 5 : Sanal gerçeklik eksenini (Applebae ve Deruette, 2017).

Karmaşık ortam tasarımının bulunduğu ve arayüzün yok olduğu gösterilen ekseninde çeşitli simülasyonlar örnek olarak verilebilir (Şekil 3.5). Bu simülasyonlarda çok iyi bir ortam oluşturulmuştur fakat bir arayüz genellikle yoktur. Komplike bir arayüze sahip olup, ortamın daha az veya hiç düşünülmediği uygulamalara ise Samsung Gear sanal gerçekliği örnek verilebilir (Applebae ve Deruette, 2017). Fakat iyi bir sanal gerçeklik deneyimi isteniyorsa, bu durum büyük ölçüde arayüz ve etkileşim tekniklerinin tasarımına bağlıdır. Tasarlanacak olan arayüzün kullanılabilirliği bu noktada çok önemlidir. Kullanım kolaylığı, açık ve net arayüz tasarımları önerilmektedir. Ortaya çıkan arayüz her ne kadar basit görünse de, böyle arayüzlerin arkasında karmaşık bir sistem bulunmaktadır (Spalter vd., 2000). Eğitim alanında ise, kullanıcıların sanal gerçeklik ortamıyla etkileşime girebilmesi için, komutların bilgisayara girdi olarak girildiği ve ortamın geri bildirim verecek şekilde tasarlanmış olduğu özel arayüzler gerekmektedir (Huang vd., 2010). Bir sanal gerçeklik deneyiminin tam olarak yaşanması için kullanıcıların doğal daldırma yeteneğine sahip arayüzler sayesinde sanal bir dünya ile gerçek zamanlı etkileşime izin vermesi gerekmektedir (Fuch vd., 2001). Kullanıcı, sanal gerçeklik arayüzüyle beraber bir girdi-çıkış döngüsünün parçası olur, ve bu arayüz kullanıcıların sanal ortama girdiler sağlamasına ve bu girdinin bir sonucu olarak eylem ve eylemlerine karşı dönütler almasına yardımcı olur (Lange vd., 2010). Sanal gerçeklik teknolojisi donanım ve yazılımı da bu döngüyü destekler ve kullanıcının gerçek zamanlı etkileşime girmesini sağlayan simüle edilmiş bir ortam sağlar (Rojas ve Rebolledo, 2014).

Bir sanal gerçeklik arayüzünün iyi olarak tasarlanması için bazı gereklilikler vardır. Kullanıcının, sanal ortamdaki komutları veya eylemleri ile bu ortamın geri bildirimi

arasında bir zaman gecikmesi algılanmaması ve bununla beraber gerçek zamanlı etkileşime ulaşılması gerekmektedir. Kullanıcı, tasarlanan ortamda yer değiştirmesini kendi yönetmelidir. Eğer kullanıcıya bu serbestlik verilmezse kullanıcı pasif konuma geçer ve yaşadığı deneyim sanal gerçeklik deneyimi olmaktan çıkabilir. Son olarak modelleme, navigasyon, duyuşal, motor beceri ve duyu-motor arayüzleri iyi tasarlanmış olmalıdır (Thériault vd., 2014; Kim ve Rhiu, 2021). Bahsedilen arayüzlerin sınıflandırmasıyla ilgili ilk kısım olan modelleme, tasarımcı ile ilgilidir ve ikinci kısım ise kullanıcı ve kullanıcının nesneler ile arasındaki gerçek zamanlı etkileşimi ile ilgilidir (Thériault vd., 2014).



Şekil 3. 6 : Sanal gerçeklik arayüzü türleri sınıflandırması (Thériault vd., 2014).

Şekil 3.6 beş seviye içermektedir. Birinci seviyede tasarımcıyı ilgilendiren modelleme bölümü ve kullanıcıyı ilgilendiren duyuşal arayüz, motor beceri arayüzü ve duyu-motor arayüzü olmak üzere üç arayüz türü bulunmaktadır. Bunlar da kendi içlerinde alt seviyelere ayrılmıştır.

Modelleme, sanal ortamda bulunması istenen nesnelerin bir temsilini oluşturmaktır. Model, bir nesnenin gerçeğe göre daha küçük, benzer veya daha büyük ölçekte, gerçeğe göre basitleştirilmiş, gerçeğe göre daha kolay gözlemlenebilir ve kontrol edilebilir olma özelliklerine sahip bir takliddir (Thériault vd., 2014).

Duyusal arayüzler, kullanıcının sanal dünyadaki nesneleri algılamasını mümkün kılar. Beş duyu organına hitap ederler. Fakat günümüzde koku ve tat duyu organlarına tam olarak hitap edebilecek bir ortam henüz geliştirilmemiştir. Bunun yerine görüntü, ses

ve dokunma duyuları ön planda tutulmaktadır. 1952'de Heilig duyuları insan dikkatini harekete geçirme kapasitelerine göre analiz etti. Her duyunun harekete geçirme kapasitesinin büyüklük sırasını şu şekilde gözlemledi: görme (%70), işitme (%20), koku (%5), dokunma (%4), ve tat (%1) (Heilig, 1992). Buna göre görme duyusu insanı en fazla uyandıran duyu olduğu için sanal ortamda en çok görsel arayüzlere dikkat edilmelidir ve bu duyulara yönelik bir ortam hazırlanırken sesin, görüntünün üç boyutlu olarak üretilmesine ve sanal ortamda bulunan nesnelerle ilişki içinde olmalarına dikkat edilmelidir. Bu sayede daldırma seviyesi artırılır ve arayüz başarıya ulaşır (Thériault vd., 2014).

Motor beceri arayüzleri, kullanıcının sanal dünya nesneleri ile etkileşime girmesini sağlar. Bunun için bilgisayara komutlar ve şartlar önceden girilmiş olmalıdır, böylece nesne kullanıcıya nasıl tepki vereceğini bilir. Konum ve yönlendirme, parmak hareketi algılama, yürüyüş analizi, hareket yakalama, komut, hareket ve yüz alım arayüzlerinden oluşmaktadır. Kullanıcının eylemine göre sanal ortamdan nasıl bir dönüt alacağı bu arayüzler kodlanarak ortaya çıkarılır. Bu sayede kullanıcının sanal bir ortamda daha gerçek hissetmesi sağlanmaktadır (Thériault vd., 2014).

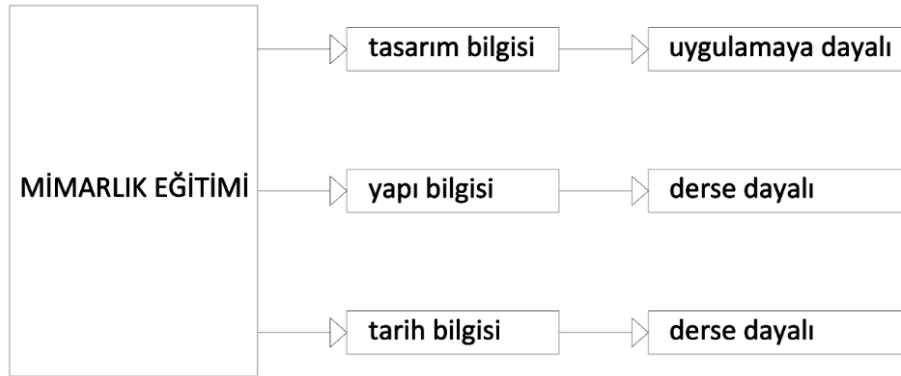
Duyu-motor arayüzleri, kullanıcının motor tepkilerini bilgisayara iletmeyi sağlar. Sanal dünyada var olan nesnelerin somutlaştırılmasına yardımcı olur (Fuch vd., 2001).

Bu arayüzler doğru bir şekilde tasarlanarak sanal gerçeklik deneyimi gerçeğe en yakın hale getirebilir. Bu da kullanıcının bulunduğu deneyimi daha iyi kavramasını ve akılda tutmasını sağlar. Bu yüzden sanal bir ortam tasarlanırken ön planda görünen ve arka planda yardımcı olan bütün öğeler dikkatlice tasarlanmalıdır.



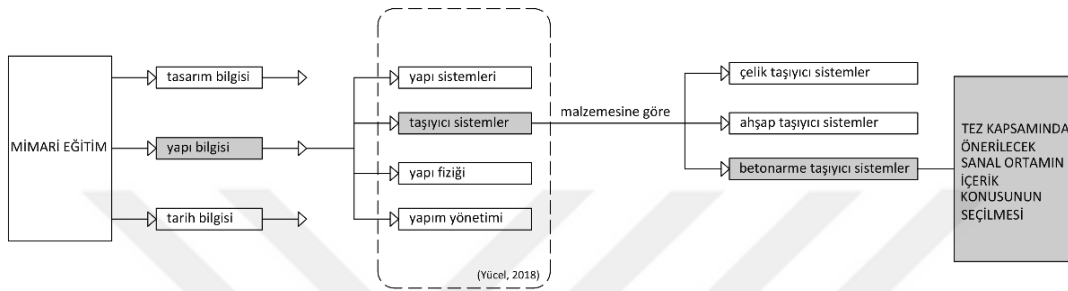
4. MİMARİ TASARIM EĞİTİMİNDE STRÜKTÜR BİLGİSİNİ SANAL ORTAM DESTEĞİ İLE GELİŞTİRME AMAÇLI BİR MODEL

Yapılan araştırmalarla birlikte mimarlık eğitiminde verilen konular Şekil 4.1'deki gibi şemalaştırılarak tez kapsamında yapı bilgisi ve yapı sistemleri - taşıyıcı sistemler konuları özelinde çalışmanın kapsamı daraltılmıştır. Belirlenen konular üzerinden ulusal ve uluslararası üniversitelerde verilen dersler incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda strüktür eğitimi verilen derslerin çoğunlukla kuramsal anlatımların olduğu derse dayalı eğitimle verildiği ve uygulama çalışmalarının eğitimde çok az yer edindiği gözlemlenmiştir. Fakat yapılandırmacılık ve bilişsel gelişim teorilerine göre kuramsal derse dayalı yani pasif olarak verilen bir eğitim sonucu öğrencilerin bilgiyi almasının ve bilgilerinin kalıcılığının oldukça düşük olduğu kabul edilmektedir. Aynı sorun tasarım bilgisinin verildiği derslerde çok daha az bulunduğu görülmüştür. Bu yüzden mimarlık eğitiminin tasarım bilgisinin verildiği dersler ve ortamları örnekler üzerinden incelenmiştir. İncelenen örnekler doğrultusunda öğrencilerin verilen yapısal bilgiyi daha sonra tasarımsal bilgiyle birleştiremedikleri ve bu yüzden verilen bilgiden verim alınamadığı görülmüştür. Bu noktada yapılandırmacılık ve bilişsel gelişim teorilerinin işaret ettiği sanal gerçeklik uygulamaları araştırılmış ve eğitimle olan bağlantısı üzerinden araştırmaya devam edilmiştir. Ortak paydada mimarlık eğitiminde yapısal bilgi ve sanal gerçeklik uygulamaları araştırılıp incelendiğinde alınan verimin geleneksel ders yapısına göre daha yüksek düzeyde olduğu görülmüştür.



Şekil 4. 1 : Mimarlık eğitiminin dallara ayrılması.

Mimarlıkta strüktür eğitimi, geleneksel derse dayalı, pasif ve etkileşimi düşük olarak tanımlanabilir. Bu da yukarıdaki şemada görülen üç ana dala birlikte bütüncü bir eğitim olan mimarlık eğitiminde, öğrencilerin farklı eğitim metodolojileri ile verilen bilgiyi birleştirmesini ve kullanmasını zor kılabilir. Buna göre bu tez kapsamında yapısal bilginin öğrencilere nasıl daha verimli verilebileceği tartışılmaktadır. Bütün araştırmaların çıktıları bu bölümde birer girdi olarak kullanılarak bir sanal ortam önerisi verilmiş ve bir çerçeve çizilmiştir.

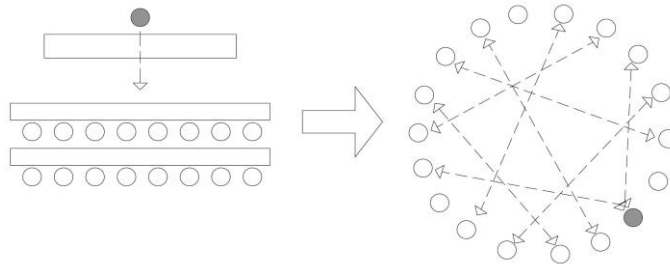


Şekil 4.2 : Tez kapsamında önerilecek ortam için konunun seçilmesi.

Yapılan öneri bir başlangıç olarak düşünüldüğü için bu tez özelinde betonarme taşıyıcı sistem üzerinden modellenmiştir (Şekil 4.2). Önerinin gelecek çalışmalarında, öncelikle bütün taşıyıcı sistemlerle birlikte ve sonrasında taşıyıcı sistemlere yapı sistemleri konularının dahil edilmesiyle geliştirilebileceği düşünülmektedir.

4.1 Önerinin Çerçevesinin Belirlenmesi

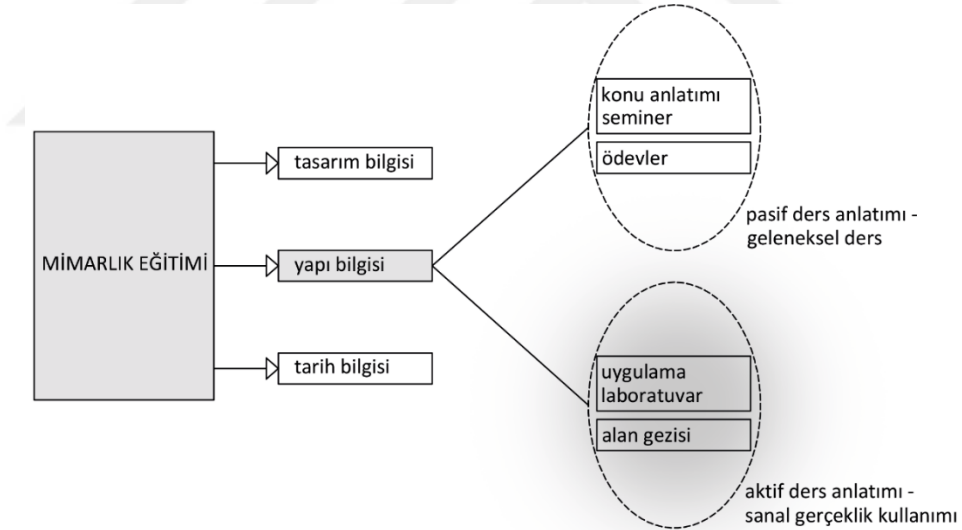
İncelenen örnekler, konuyla alakalı analiz edilen bilgiler sonucunda mimarlık ders müfredatında strüktürel eğitim göz önünde bulundurularak bir sanal ortam önerilmiştir. Önceki bölümlerde bahsedilen faydaların sağlanması öncelik olarak alınmıştır. Buna göre önerilen ortamın bir ders destek materyali olarak kullanılması öngörülmektedir. eğitimci - öğrenci ve öğrenci-öğrenci etkileşimini kesmeden ders içeriğine dahil edilmesi düşünülmektedir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Çalışma kapsamında öngörülen eğitim ortamı değişimi.

Bu noktada Çin’de uygulamalı olarak yapılmış bir çalışma incelenmiştir. Çalışmada, derse dayalı eğitimin büyük gruplarda kaynak verimliliği açısından tercih edildiği fakat katılığı ve pedagojik etkisizliği dolayısıyla eleştirildiği söylenmektedir. Buna göre büyük gruplarda kalite odaklı bir karma eğitim yaklaşımı önerilmiştir (Herr, 2013).

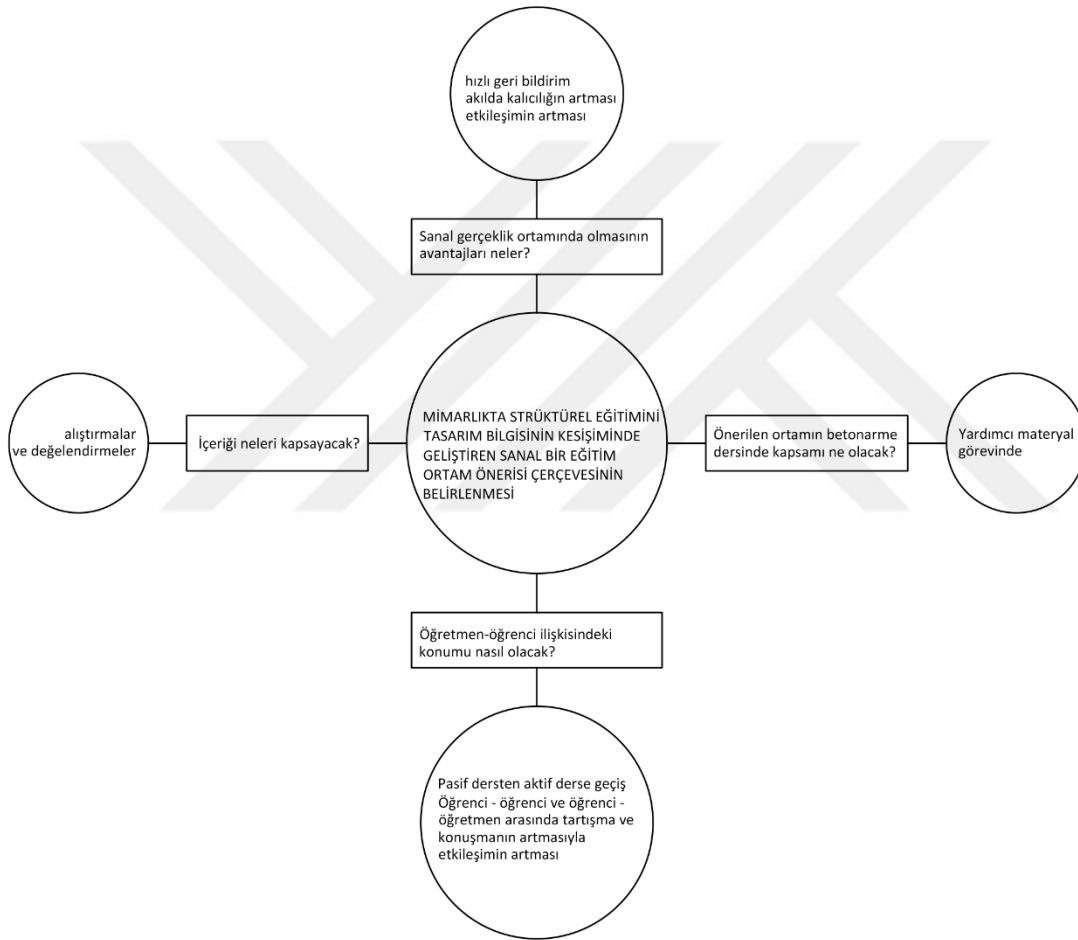
Çalışmada hedeflenen eğitim yaklaşımı, geleneksel temelli dersi reddetmemektedir. Dengeli ve uygulamalı bir eğitim deneyimi elde etmek için onu diğer eğitim metodlarıyla bütünleştirir. Geleneksel yapıdaki dersler öğrencileri pasif dinleyici konumuna getirdiğinden, eğitim yöntemlerinin kapsamını derslerin ötesine genişletmenin birincil amacı, öğrencilere eğitim süreçlerinde daha aktif bir rol vermektir. Önerilecek olan sanal ortamın da dersin tamamını kapsamayacağı ve dersin içinde alıştırma ve değerlendirme bölümü olarak kullanılması öngörülmektedir. Önerilen sanal gerçeklik ortamının dersin içinde bir yardımcı materyal olarak değerlendirilmesi düşünülmelidir. Bu sayede derste etkileşimin pasiften aktife doğru değişmesi ve öğrencinin merakını ve ilgisini canlı tutması beklenmektedir.



Şekil 4. 4 : Sanal ortamın eğitim ortamındaki öngörülen yeri.

Şemaya göre sanal ortamın uygulama yapılarak, alan gezisine gidilerek ve laboratuvar kullanılarak verilecek bilgiler için kullanılması planlanmaktadır (Şekil 4.4). Bu durumda daha önce de belirtildiği gibi, sanal ortam, dersin içeriğinin tamamını değil bir kısmını kapsamaktadır. Eğitimcinin karar vereceği ölçüde veya öğrencinin istediği ölçüde müfredata dahil edilebilecektir. Bu noktada sınırlar geleneksel eğitimdeki gibi keskin olarak çizilmemiştir.

Tezin önceki bölümlerinde de belirtildiği gibi ders içi alıştırmalarda değerlendirme bölümü çok önemlidir. Değerlendirme sayesinde öğrenciye geri bildirim verilir ve öğrencinin hatasını farkına varması sağlanarak yanlış bilginin kalıcılığı yok edilmiş olur. Fakat insan gücüyle bunun sağlanması kalabalık gruplar içeren dersler için oldukça zor görünmektedir. Önerilen ortamın sanal gerçeklik ortamı olmasının, bu konudaki dezavantajları karşılayacağı düşünülmektedir. Daha önceden belirlenen sistem ve alıştırma sonuçları sayesinde öğrenci yaptığı alıştırma ile ilgili anında geri bildirim alabilecek ve dersi doğru bilgilerle yürütebilecektir.



Şekil 4. 5 : Çerçevenin belirlenme şeması.

Bütün bu bilgilerle beraber Şekil 4.5'teki gibi bir çerçeve belirlenmiştir. Buna göre önerilen sanal ortamın avantajları; hızlı geri bildirim alınabilmesi, akılda kalıcılığı artırması ve etkileşimi artırmasıdır. İçeriğinde alıştırmalar ve değerlendirmeler olması planlanmaktadır. Dersin içinde bir destek materyali konumunda bulunması düşünülmektedir. Eğitici – öğrenci ve öğrenci – öğrenci arasındaki etkileşimi artırması beklenmektedir.

4.2 Arayüzün Tasarlanması

Bölüm 3.4’te de bahsedildiği gibi arayüz tasarımı sanal bir ortam için oldukça önemlidir. Bu bölümde kullanıcı arayüzleri fiziksel arayüz ve sayısal arayüz olmak üzere iki başlıkta anlatılmıştır. Fiziksel arayüzler kullanıcının sanal ortam ile fiziki ortamdan nasıl etkileşime gireceğini kapsarken, sayısal arayüz ise sanal ortamda kullanıcının nasıl bir arayüz tasarımı göreceğini kapsamaktadır.

4.2.1 Fiziksel arayüz

Kullanıcının uygulama sırasında odağını kaybetmemesi ve kafa karışıklığına mani olmak adına birçok tuşu bulunan bir kumanda yerine “leap motion” kontrolörünün kullanılmasına karar verilmiştir. Bu sayede günümüzde de akıllı telefonların gelişmesiyle beraber aşına olunan dokunmatik ekran hareketlerinin uygulanarak bahsedilen sanal ortamın deneyimlenebilmesi amaçlanmıştır. Buna göre sanal ortam için belirlenen görevler şunlardır;

1. Aç / Seç
2. Kapat
3. Kaydır / Taşı
4. Ölçekle
5. Çoğalt
6. Sil

Görevler önerilen sanal ortam için basit tutulmuştur ve günlük el hareketlerine atanmıştır. Ayrıca sanal ortam uygulamalarında fiziksel giriş cihazlarının az veya hiç olmamasının sarmalayıcılığı artırdığı bilinmektedir (Kharoub vd., 2019). Bu sayede kullanıcının günlük hayatta kullanılan ortak el hareketleri ile hem uygulamaya hem de sanal ortama daha kolay uyum sağlaması öngörülmüştür.

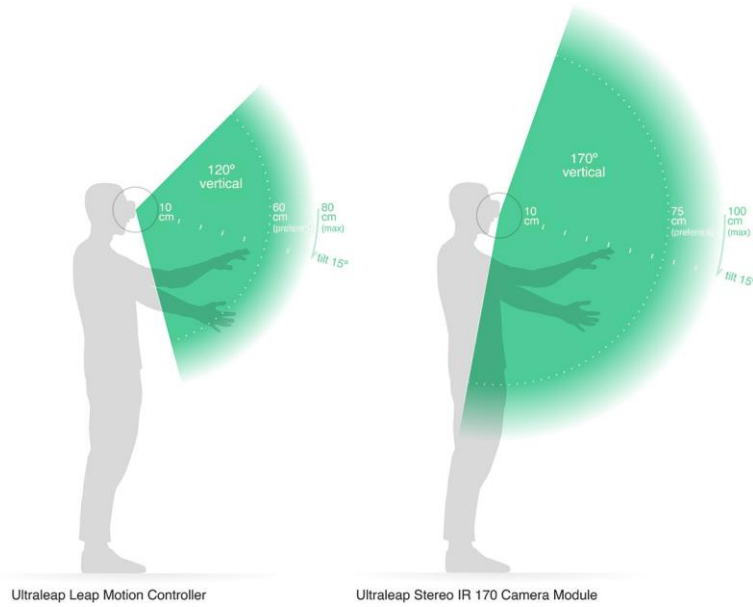
- “Leap motion” Kontrolörü

Leap motion kontrolörü kumanda, eldiven veya işaretleyici kullanmadan sanal gerçeklik uygulamalarında ellerin kullanılmasına izin verir (Cipresso vd., 2018). İsteğe göre ellerin görünümü değiştirilebilmektedir. Şekil 4.6’daki amaç ellerin ve parmakların bütün eklem yerleri ve hareketlerini doğru algılanmasıdır.



Şekil 4. 6 : Leap motion kontrolörü (URL 31).

Leap motionda kullanılan LEDler, görünür ışık spektrumunun dışında kalan 850 nanometre dalga boyundaki kızılötesi ışığı izler. LED'ler, kamera kare hızıyla senkronize olarak titreşerek, önemli ölçüde daha düşük güç kullanımı ve artan yoğunluk sağlar. Geniş açılı lensler, kullanıcının ellerinin algılanabileceği geniş bir etkileşim bölgesi oluşturmak için kullanılır. “Leap Motion” kontrolörü kullanılırken, cihaz, 140x120° tipik bir görüş alanında 10 cm'den 60 cm'ye veya daha fazlasına uzanan bir etkileşim alanına sahiptir (URL 32).

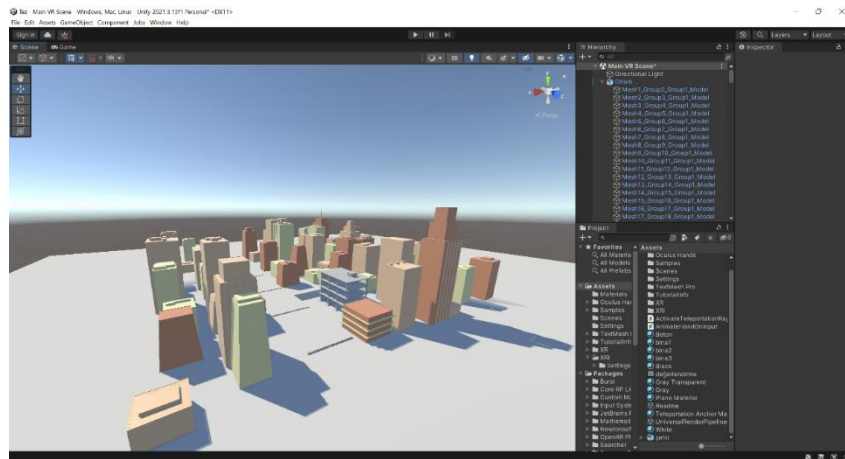


Şekil 4. 7 : "Leap motion"un menzil alanı (URL 32).

Cihazın menzili, LED ışığın uzayda yayılmasıyla sınırlıdır, çünkü belirli bir mesafenin ötesinde elin konumunu 3 boyutlu olarak anlamak çok daha zor hale gelir (Şekil 4.7). Cihazın çalışma prensibi şu şekildedir; takip cihazının USB denetleyicisi sensör verilerini kendi yerel belleğine okur ve gerekli çözünürlük ayarlarını yapar. Bu veriler daha sonra USB üzerinden Ultraleap'in el takip yazılımına aktarılır. Veriler, sol ve sağ kameralara ayrılmış, yakın kızılötesi ışık spektrumunun gri tonlamalı stereo görüntüsü şeklini alır. Daha sonra cihazın gördüğü şeyin 3 boyutlu bir temsilini yeniden oluşturmak için görüntüler analiz edilir. Ardından, izleme katmanı, parmaklar gibi izleme bilgilerini çıkarmak için verileri eşleştirir. El izleme algoritmalarını, 3 boyutlu verileri yorumlar ve kapatılan nesnelerin konumlarını çıkarır. Verilerin sorunsuz zamansal tutarlılığını sağlamak için filtreleme teknikleri uygulanır. Ve bu uygulama özelinde eller sanal ortamda taklit edilmeye başlanır (URL 32).

4.2.2 Sayısal arayüz

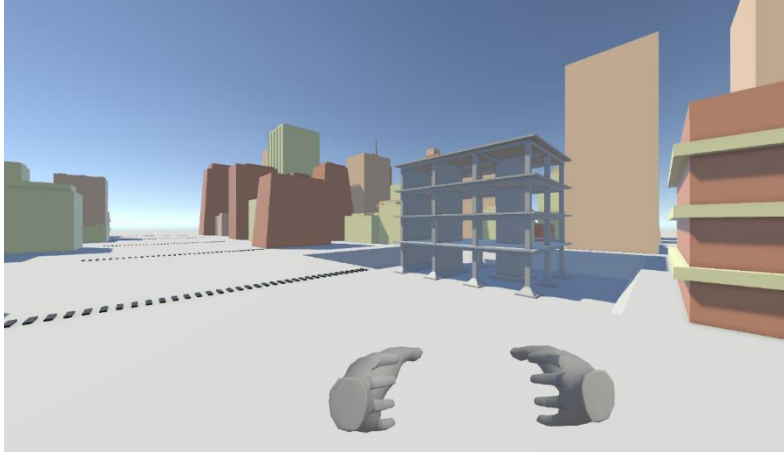
Bu bölümde sanal ortamı deneyimleyen kullanıcının nasıl bir ortam göreceği ile ilgili bilgiler anlatılmaktadır. ‘Kullanıcı nasıl bir dijital arayüz ile karşılaşacak?’, ‘Sanal ortamda neler bulunacak?’, ‘Modeller nasıl gözükecek?’ gibi sorulara yanıtlar bulunmaktadır.



Şekil 4. 8 : Unity oyun motorunda ortamın uzaktan görünüşü.

Öncelikle kullanıcının kullanımı sırasında yaşayabileceği yorgunluk, dikkat dağılımı gibi faktörler düşünüldüğünde uygulamaya başlamadan önce karşılaştığı ortamın boş bir ortam olmamasına karar verilmiştir (Şekil 4.8). Buna göre ölçeklendirme, boyutlar konusunda karşılaştırma yapabileceği sabit objeler yerleştirilmiştir. Bu sabit objelerin aynı zamanda gözün dinlenmesi gerektiği durumlarda sabit birer nokta görevi görmesi

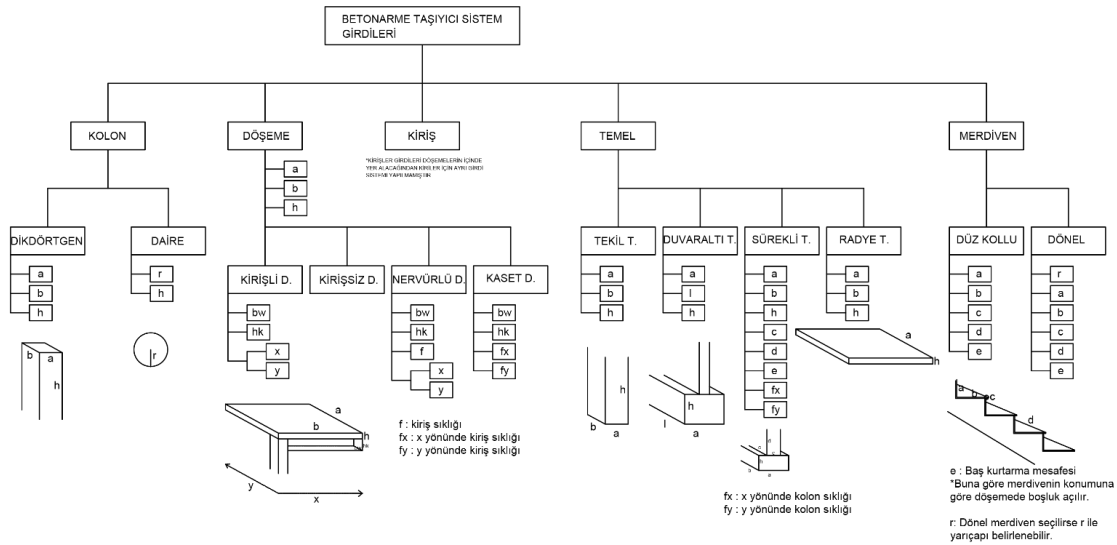
düşünülmektedir. Kullanıcının bir taşıyıcı sistem tasarlaması öngörüldüğü için Şekil 4.8’de görüldüğü gibi sahneye çeşitli yapılar konulmuştur.



Şekil 4. 9 : İlk sahne görünümü.

Araştırma boyunca bahsedilen buradalık algısı ve daldırma hissinin kuvvetini koruması açısından kullanıcının göreceği arayüz öğelerinin mümkün olduğunca az tutulması amaçlanmıştır (Şekil 4.9). Fakat taşıyıcı sistemi kurmak için gireceği girdi sayısı oldukça fazladır. Bu yüzden ekranda sabit olan arayüz öğelerinin az tutulması öncelikli olmuştur. Bunlar dışında üretim arayüzünde ilerleyerek taşıyıcı sistem öğelerini oluşturması düşünülmüştür.

Uygulamada betonarme, çelik ve ahşap taşıyıcı sistemler için farklı kütüphaneler tanımlanması düşünülmektedir. Bu tezin kapsamında betonarme taşıyıcı sistem öğelerine yoğunlaşılacaktır. Buna göre betonarme taşıyıcı sistem için Şekil 4.10’daki gibi bir girdi sistemi tasarlanmıştır.



Şekil 4. 10 : Betonarme taşıyıcı sistem için kütüphane girdi sistemi.

Belirlenen girdi sistemine göre öğrencinin taşıyıcı sistemini tasarlanması öngörülmektedir. Tasarımı bitirdikten sonra sağ altta bulunan değerlendir kısmına basarak sistemin hataları karşısına çıkacaktır. Bu değerlendirme sistemi için uygulamanın arkasında bazı matematiksel hesaplamalar bulunmaktadır. Uygulamanın ilk çıkışı için sistemi yormamak adına bu hesaplamaların basit tutulması kararlaştırılmıştır. Buradaki amaç aynı zamanda karmaşık hesaplamalarla öğrencinin kafasını karıştırmadan, öğrencinin pratikler yaparak projesi için gerçeğe yakın taşıyıcı sistem tahminleri yapabilmesini sağlamaktır.

Öğrencinin tasarladığı taşıyıcı sistem ile birlikte alacağı geri bildirimler önerilen sanal ortamın merkezini oluşturmaktadır. Bu sanal ortamda, varolan bir şey üzerinden bakarak görerek öğrenme değil, öğrencinin kendi deneyimleriyle, hatalarını birebirde ve anında görerek geri bildirimler alması amaçlanmaktadır. Çünkü bu ortamda asıl amaç öğrencinin sınıf içinde birden fazla duyu organıyla birlikte odaklanabileceği bir ortamda sistem üzerinden anında geri bildirim alması ve bununla birlikte sınıftaki eğitimci ve sınıf arkadaşlarıyla etkileşime girmesini sağlamaktır.

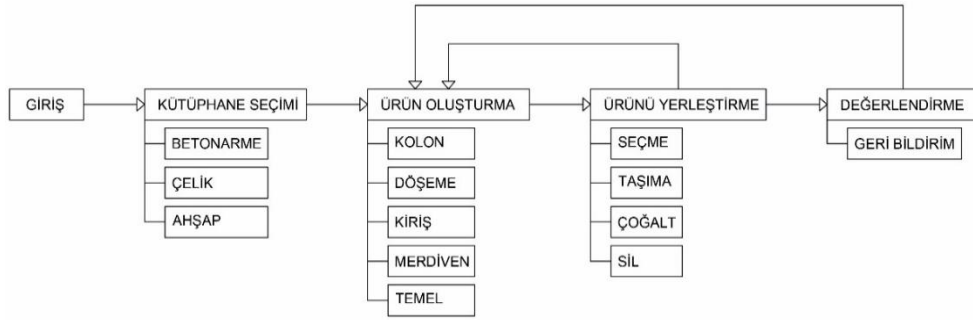
4.3 Uygulamanın Çalışma Prensipleri ve Etkileşimler

Bu bölümde tasarlanan sanal ortamın nasıl kullanılacağı, kullanıcının ne ile ve ne kadar etkileşime gireceği açıklanmaktadır. Uygulamanın çalışma prensipleri ve etkileşimleri uygulamanın çalışma prensipleri, fiziksel hareket ile dijital hareket ve etkileşimler olmak üzere üç bölümde incelenmiştir. Uygulamanın çalışma prensipleri, kullanıcının önerilen ortama giriş yaptığı andan itibaren nasıl bir yol izleyeceğini açıklamaktadır. Fiziksel hareket, kullanıcının gerçek dünyadaki fiziksel hareketini tanımlar. Dijital hareket ise kullanıcının dijital dünyadaki etkileşimlerini ve hareketlerini kapsamaktadır.

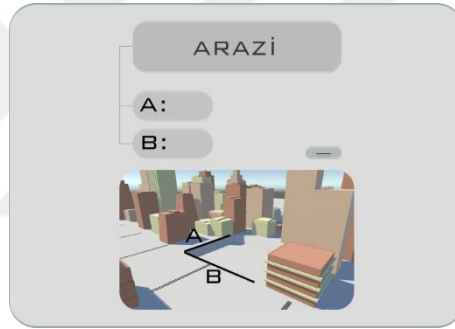
4.3.1 Uygulamanın çalışma prensipleri

Önerilen sanal ortamda her öğrencilerin ve eğitimcinin kendine ait bir kullanıcı profili bulunmaktadır. Bu sayede kullanıcılar birbirlerinin sistem tasarımlarını görebilir ve hatta yorum yapabilirler. Bu yorum sistemi hem sanal ortamda hem de gerçek dünyada etkileşimi artırabilir. Uygulama hem öğrencilerin hem de eğitimcinin aynı anda girişini mümkün kılmaktadır. Fakat sadece bir kişi uygulama yapabilmektedir. Giriş yapan diğer kişiler kullanıcı sistemi tasarlarken izleyebilirler. Tasarım bitip değerlendirme

yapıldığında ise tasarımı, ölçekleme hareketiyle yakından inceleyebilirler. Her bir kişinin kendi hesabı ve uygulama alanı vardır. Bu sayede öğrenci ders dışında da denemeler yapabilmek için sisteme girebilmektedir ve daha sonra yaptığı sistem eğitmeni tarafından kontrol edilebilmektedir. Şekil 4.11’de sistemin genel akışı gösterilmiştir. Bölümdeki diğer şekillerde ise sistem akışına göre adımlar görsel olarak üretilmiştir.

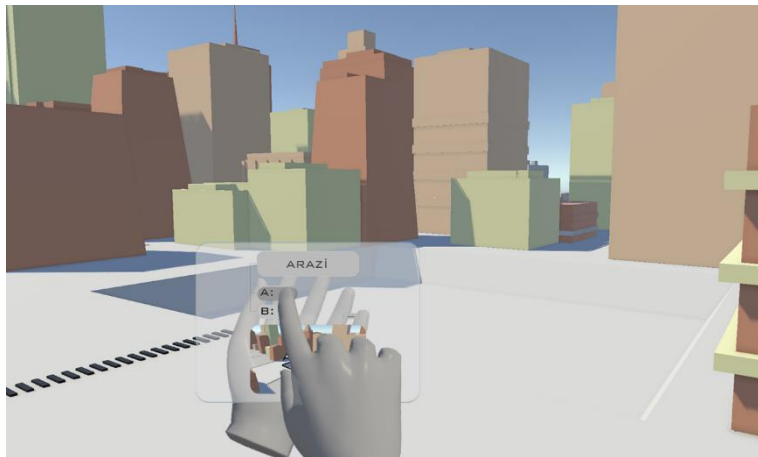


Şekil 4. 11 : Sistem akışı.



Şekil 4. 12 : Arazi ölçülerini belirleme ekranı.

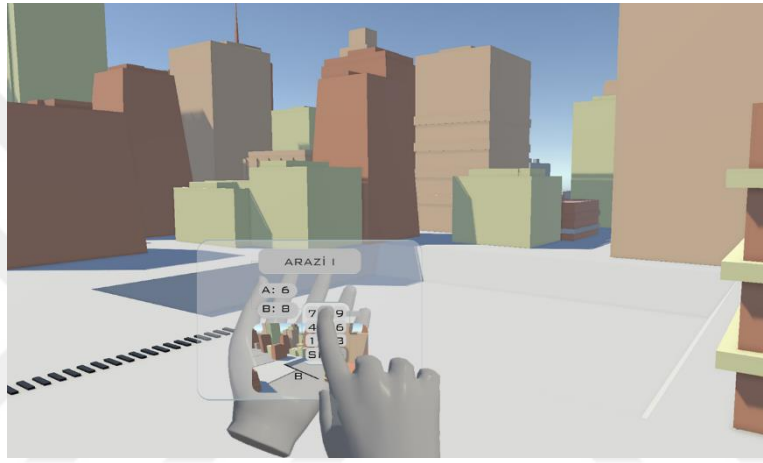
Uygulamaya giriş yapıldıktan sonra izlenecek adımların bir kısmı Şekil 4.12’den 4.22’ye kadar gösterilmiştir.



Şekil 4. 13 : Arazi ölçüsü belirleme ekranının ortam içinde görünümü.

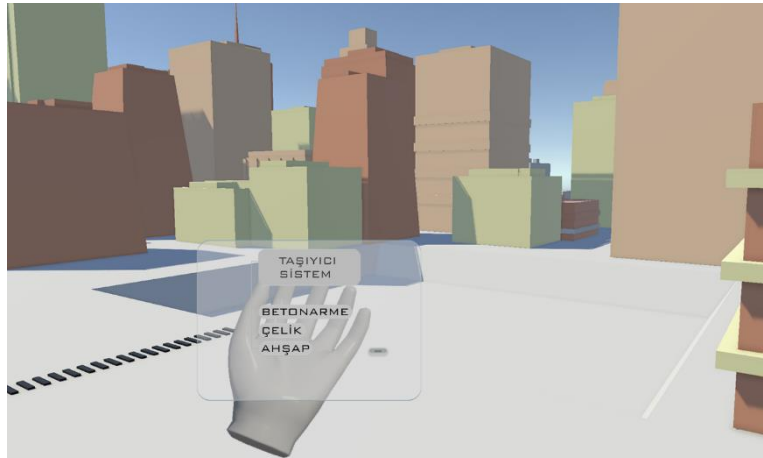


Şekil 4. 14 : Arazi ölçülerini girme 1.

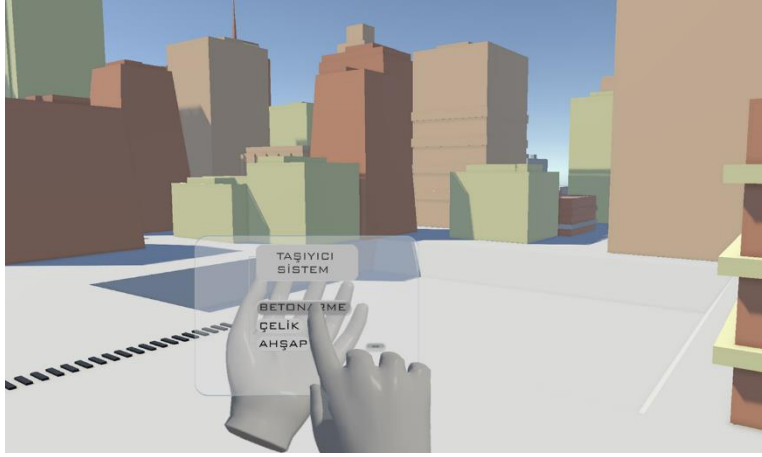


Şekil 4. 15 : Arazi ölçülerini girme 2.

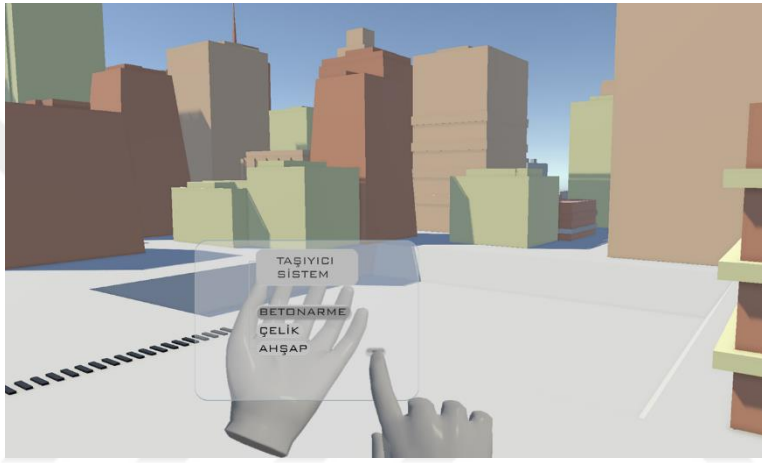
İlk olarak öğrenci tasarlayacağı yapının oturum alanına göre arazi boyutlarını belirler. Buna göre uygulama, ölçekleme sorunu ve göz yorulmasının meydana gelmemesi için yapılı bir çevre oluşturur. Kullanıcı arazi sınırları içerisinde yapıların çevresinden gezinebilir. Çalışılacak arazi oluşturulduktan sonra kütüphane seçimi gelmektedir.



Şekil 4. 16 : Taşıyıcı sistem seçme ekranı.

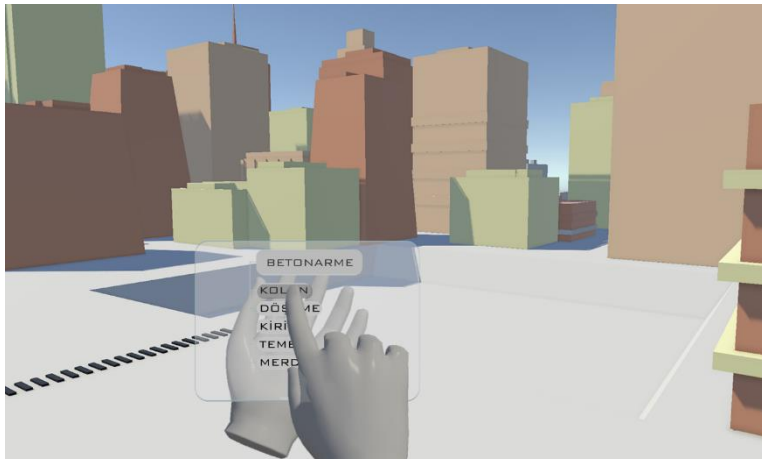


Şekil 4. 17 : Betonarme taşıyıcı sisteminin seçilmesi.

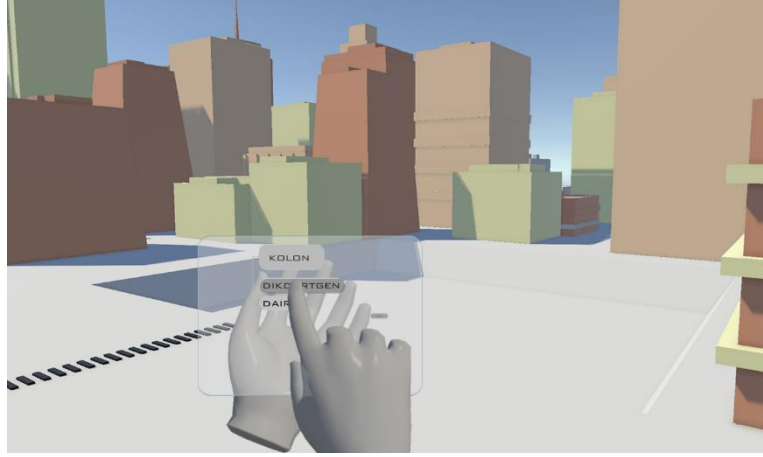


Şekil 4. 18 : Taşıyıcı sistemi seçimini onaylama.

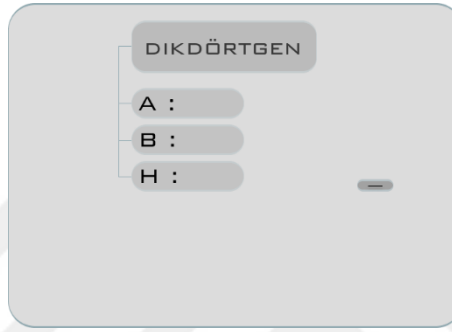
Bu çalışma özelinde betonarme taşıyıcı sistemi üzerine yoğunlaşmıştır. Fakat çelik ve ahşap taşıyıcı sistemlerin de uygulamada yer alması öngörülmektedir. Kullanıcı, menüyü açarak taşıyıcı sistem bileşenleri oluşturmaya ve araziye yerleştirmeye başlar.



Şekil 4. 19 : Oluşturulacak nesnenin seçilme ekranı 1.

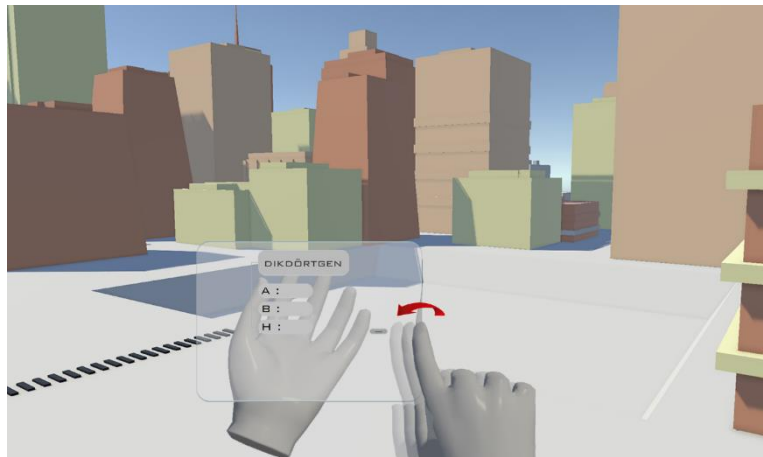


Şekil 4. 20 : Oluşturulacak nesnenin seçilme ekranı 2.



Şekil 4. 21 : Oluşturulacak nesnenin ölçülerinin girilme ekranı.

Uygulamada daha önce belirlenen bağlantılar sayesinde kullanıcının üst üste veya yan yana koymak istediği ürünler doğru bir şekilde yerleştirilebilir. Bunun için uygulama içerisinde önceden kolon, kiriş, döşeme gibi bileşenlere ait bağlantı ve birliktelik detaylarının kodlanması gerekmektedir.



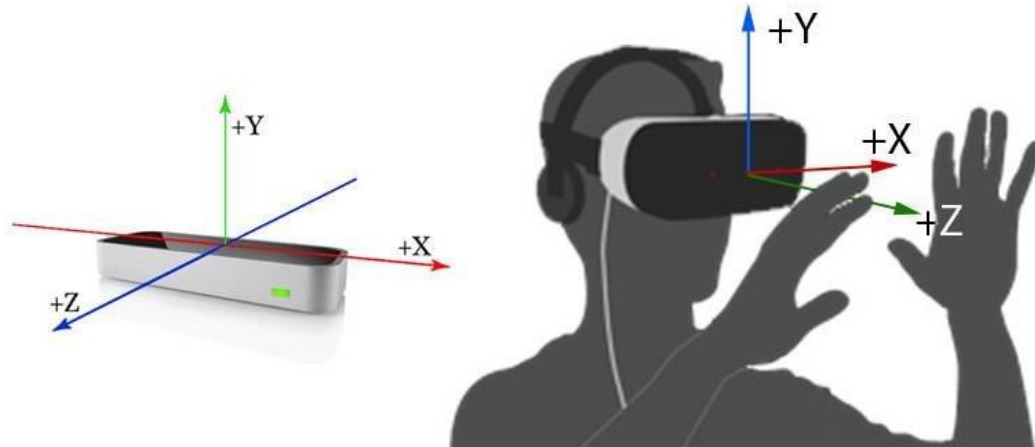
Şekil 4. 22 : Menüde geri dönmeye yarayan panelin gösterimi ve yapılışı.

Kullanıcı ürünün ölçeğini bozmadan ve günlük hayatta kullandığı dokunmatik hareketlere uygun olarak seçme, taşıma, yerleştirme, çoğaltma, silme gibi özellikleri

ürünler üzerinde gerçekleştirebilir. Bunların sonucunda taşıyıcı sistem tasarımını bitiren kullanıcı menüden değerlendirme butonuna tıklayarak tasarımını değerlendirmeye gönderir. Uygulama içerisinde daha önce bahsedilen basit hesaplamalarla tasarım uygulamatarafından kontrol edilir ve kullanıcıya bilgi kutucukları içerisinde geri bildirim verir. Kullanıcı aldığı geri bildirimlere göre tasarımını düzelterip tekrardan değerlendirmeye gönderebilir. Aynı zamanda, yaptığı tasarım üzerinden sınıf içerisinde eğitimci ve diğer arkadaşlarıyla etkileşime geçerek tartışabilir.

4.3.2 Fiziksel hareket

Fiziksel hareket kullanıcının gerçek dünyadaki belirlenen ve kısıtlanan hareketlerini kapsamaktadır. Kullanıcı belirlenen yarıçap içinde gerçek dünyada yaptığı eğilme, zıplama, kafasını çevirme gibi hareketleri yapabilir. Kafaya takılan başlık ve leap motion sayesinde gerçek dünyadaki fiziksel hareketler eş zamanlı olarak aktarılabilir. Bu sayede önerilen ortamda kullanıcının tasarlanması öngörülen sistem, gerçek dünyadan alınan fiziksel verilerle birlikte sanal dünyada oluşturulabilir. Şekil 4.23'te “Leap motion” kontrolörünün ve başa takılan cihazın (HMD) birlikte çalışma mantığı gösterilmiştir.



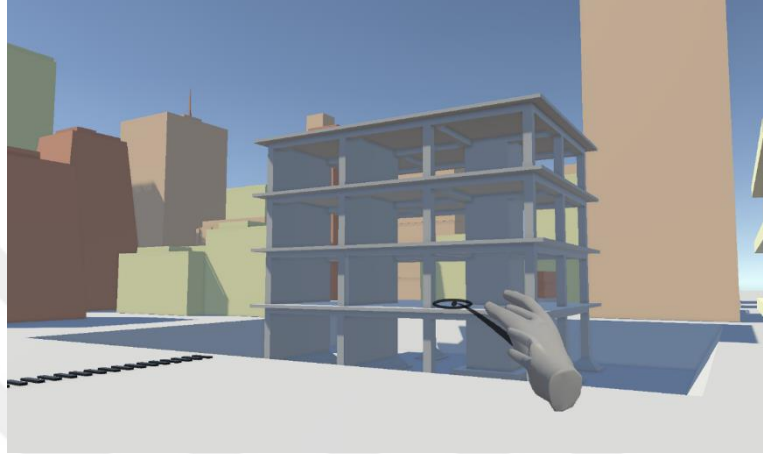
Şekil 4. 23 : Leap motion ve başa takılan cihazın (HMD) birlikte çalışması (Nimbol vd., 2018).

4.3.3 Dijital hareket ve etkileşimler

Sanal sahne içerisindeki hareket gerçek dünyadaki fiziksel harekete bağlıdır. Gerçek dünyadaki fiziksel hareketlerin bazıları sanal dünyadaki ortamdaki hareketlere atanmıştır. Bu hareketler insanların günlük hayatta dokunmatik ekranlardan alışkın oldukları hareketler göz önüne alınarak belirlenmiştir.

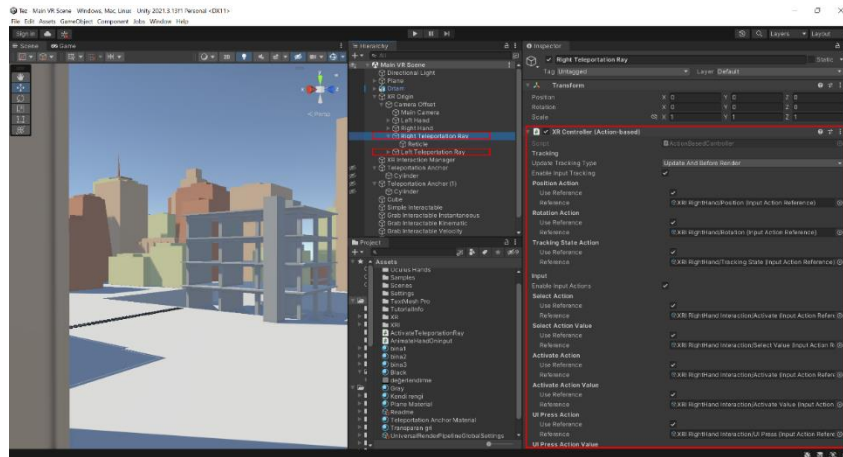
4.3.3.1 Kullanıcı hareketi

Kullanıcı sanal ortamdaki hareketi diğer hareketlerde olduğu gibi ellerini ve parmaklarını kullanarak yapılmaktadır. Kullanıcı, bir yerden bir yere hareket etmek için işaret parmağı ile gitmek istediği yeri parmağından çıkan ışınla birlikte işaret eder ve o noktada bir işaret çıkar. Kullanıcı gitmek istediği yer o noktaysa parmağını işaret ettiği noktadan çeker ve oraya ışınlanır (Şekil 4.24).



Şekil 4. 24 : Sanal konum değişimi – Işınlanma.

Eğer gitmek istediği nokta bir önceki işaret ettiği nokta değilse parmağını o noktadan çekmeden ışını yönlendireceği yeni bir nokta seçmelidir.

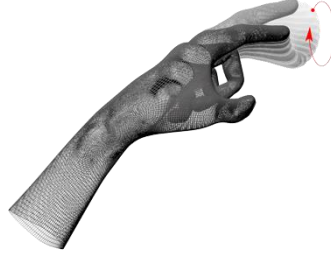


Şekil 4. 25 : Işınlanma hareketinin unity ekranındaki ayarları.

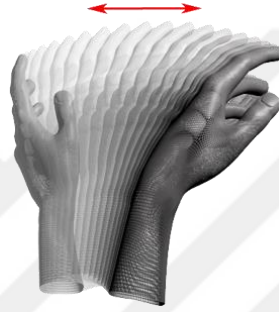
Kullanıcının sanal evrende kaybolmaması adına hareket edebileceği belirli bir bölge bulunmaktadır. Belirlenen bölgenin sınırsız görünmemesi ve kullanıcının dikkatinin dağılması için ise sanal sahneye ölçekli yapılar ve nesneler yerleştirilmiştir. Bu aynı zamanda kullanıcının sonsuz bir evrende bulunması sebebiyle göz yorgunluğunu azaltmak için düşünülmüştür.

4.3.3.2 Kullanıcının nesnelerle etkileşimi ve hareketler

Leap Motion yazılımı, belirli hareket modellerini kullanıcının komutunu gösterebilecek hareketler olarak tanır. Aşağıdaki hareket modelleri Leap Motion yazılımı tarafından tanınır (URL 33).



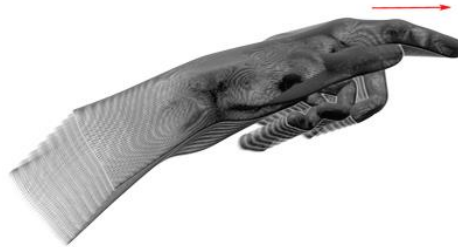
Şekil 4. 26 : Bir daireyi izleyen tek bir parmak (URL 33).



Şekil 4. 27 : Bir parmağın uzun, doğrusal hareketi (URL 33).



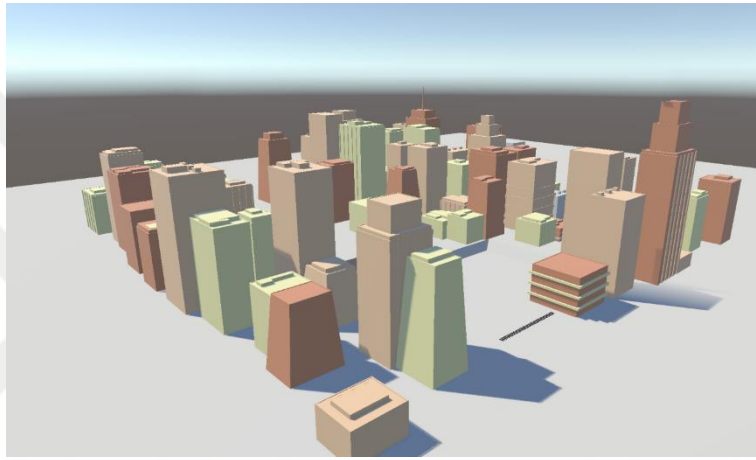
Şekil 4. 28 : Bir klavye tuşuna dokunuyormuş gibi parmakla yapılan bir dokunma hareketi (URL 33).



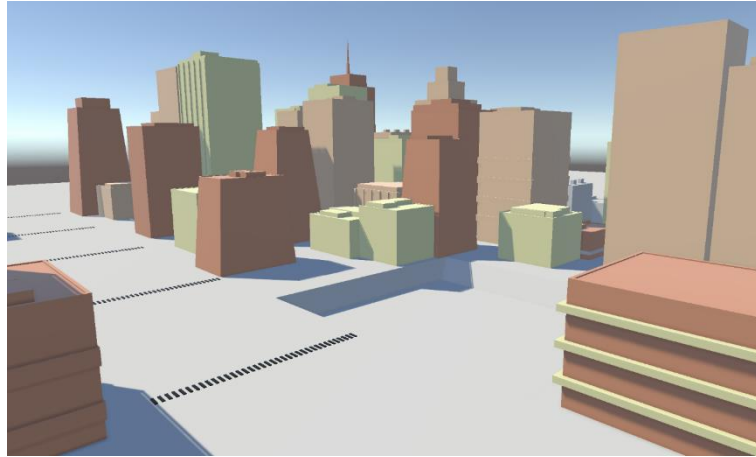
Şekil 4. 29 : Dikey bir bilgisayar ekranına dokunuyormuş gibi parmakla yapılan bir dokunma hareketi (URL 33).

Bu hareketler Şekil 4.26'dan Şekil 4.29'a gösterilmiştir. Kullanıcının diğer bütün hareketlerinin temelleri olarak düşünülebilir. Leap motion sayesinde kullanıcı günlük hayatta alışkın olduğu hareketler ile sanal ortamı deneyimleyebilir. Bu sayede kullanıcının ortama alışması daha kolay ve rahat olması beklenmektedir.

Sahne kullanıcı kendi oluşturacağı tasarımın ölçeğini anlayabilmesi için sabit yapılar ve boş arazi bulunmaktadır (Şekil 4.30, Şekil 4.31). Kullanıcı öncelikle çalışmak istediği araziye seçer. Tasarlamak istediği yapının oturacağı alanın ölçülerini sisteme girer. Buna göre sahne güncellenir. Daha sonra kullanıcının üreteceği bütün taşıyıcı sistem bileşenleri bu arazi üzerinde birleştirilecektir.



Şekil 4. 30 : Sanal ortamın uzaktan görünüşü.

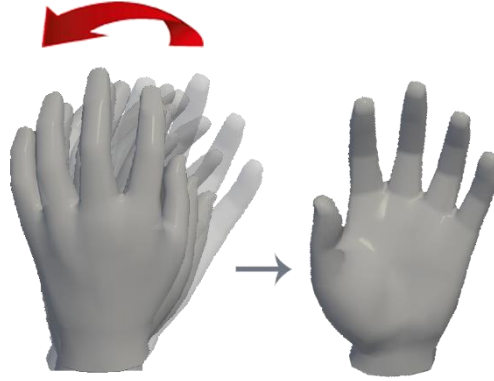


Şekil 4. 31 : Sanal ortamın yakından görünüşü.

*Nesne oluşturma

Kullanıcı sol elini ters çevirerek sol elinin üstünde menüyü ortaya çıkarabilmektedir. Şekil 4.10'da gösterilen girdi sistemine menüde ilerleyerek ulaşabilmektedir. Karşısına ilk çıkan menü seçenekleri, hangi taşıyıcı sistemi üzerinde çalışacağını seçmesini istemektedir. Betonarme taşıyıcı sistem, çelik taşıyıcı sistem, ahşap taşıyıcı

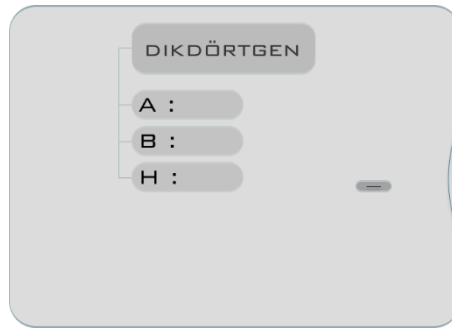
sistem olmak üzere üç ayrı kütüphane bulunmaktadır. Bu çalışma özelinde betonarme taşıyıcı sistem üzerinde çalışılmıştır.



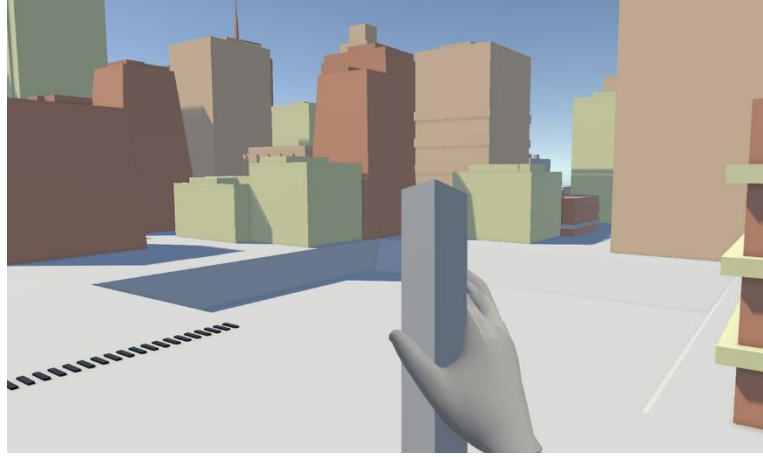
Şekil 4. 32 : Sol el menüsünü açma hareketi.



Şekil 4. 33 : Menü görünümü.



Şekil 4. 34 : Nesne oluşturma.

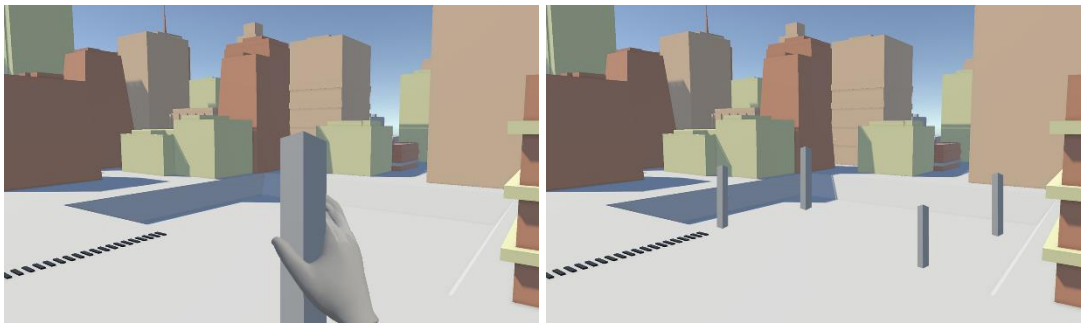


Şekil 4. 35 : Elde nesnenin oluşması.

Kullanıcı Şekil 4.32, Şekil 4.33, Şekil 4.34 ve Şekil 4.35'te görüldüğü gibi menüde ileri geri giderek taşıyıcı sistem bileşenlerini oluşturmaya başlar. Bunun için 1:1 ölçekte olacak şekilde her nesne için belirlenen parametreleri girmelidir. Kullanıcı nesneleri oluşturdukça boş araziye yerleştirmelidir.

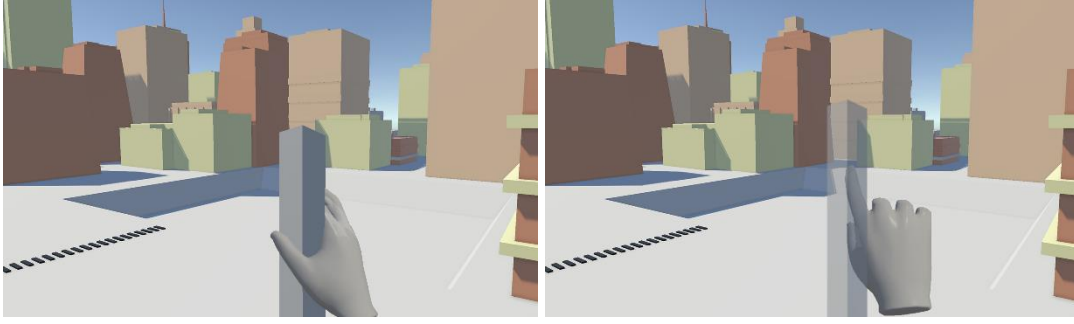
***Nesne seçme ve taşıma**

Günlük hayatta fiziksel olarak bir nesneyi seçmek için kavrama hareketiyle nesne tutulur ve yine günlük hayatta bir nesne bir yerden başka bir yere nasıl götürülüyorsa aynı şekilde taşıma hareketi gerçekleştirilir (Şekil 4.36). Nesneler kullanıcının elindeyken 1:100 ölçekte gösterilir fakat araziye yerleştirilince 1:1 ölçekli olarak güncellenir. Bu karar, kullanıcının elinde 30*30*300 cmlik bir yapı elemanını tutmasının ölçeksel açıdan rahatsızlık yaratabileceği düşünülerek verilmiştir.

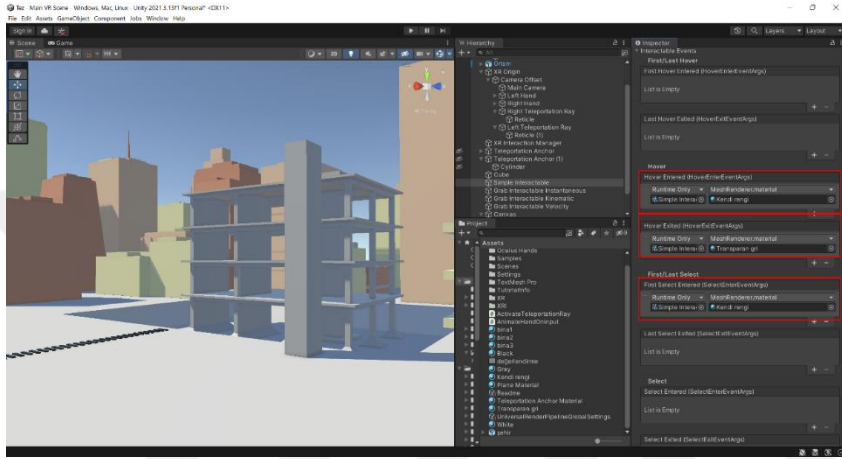


Şekil 4. 36 : Nesnenin kullanıcının elinde görünümü ve arazide görünümü.

Nesnenin sahneye bulunduğu etkileşime göre rengi veya durumu değişiklik gösterir. Bu sayede kullanıcı, nesneye dokunup dokunmadığını veya tutup tutmadığını anlar. Nesne ortamda kendi halinde bulunurken transparanlığı %100'dür. Kullanıcının nesneye dokunmasıyla nesnenin transparanlığı %70'e düşer. Kullanıcı nesneyi tuttuğunda ise nesnenin transparanlığı tekrar %100'e yükselir (Şekil 4.37, Şekil 4.38).



Şekil 4. 37 : Nesnenin tutulduğunda transparanlığı ve dokunulduğunda transparanlığı.



Şekil 4. 38 : Nesnenin farklı etkileşimlerde renginin değişmesiyle ilgili Unity ekran görünümü.

- Ölçekleme

Ölçekleme hareketi öncelikle bir önceki bölümde belirtilen nesnenin kullanıcının elinde ve arazide farklı ölçeklerde bulunmasıyla ilgilidir. İkincil olarak ise tasarımını bitiren kullanıcının bütün tasarımı daha iyi görebilmesi için büyütüp küçültebilmesiyle ilgilidir. Kullanıcı bunun için – günlük hayatta dokunmatik ekranlarda da kullanılan – işaret ve baş parmaklarını nesnenin üzerinde dışa doğru – büyütmek için – ve içe doğru – küçültmek için – hareket ettirir (Şekil 4.39).



Şekil 4. 39 : Ölçekleme hareketi.

Bu sayede kullanıcının tasarladığı sisteme daha hakim olması amaçlanmaktadır.

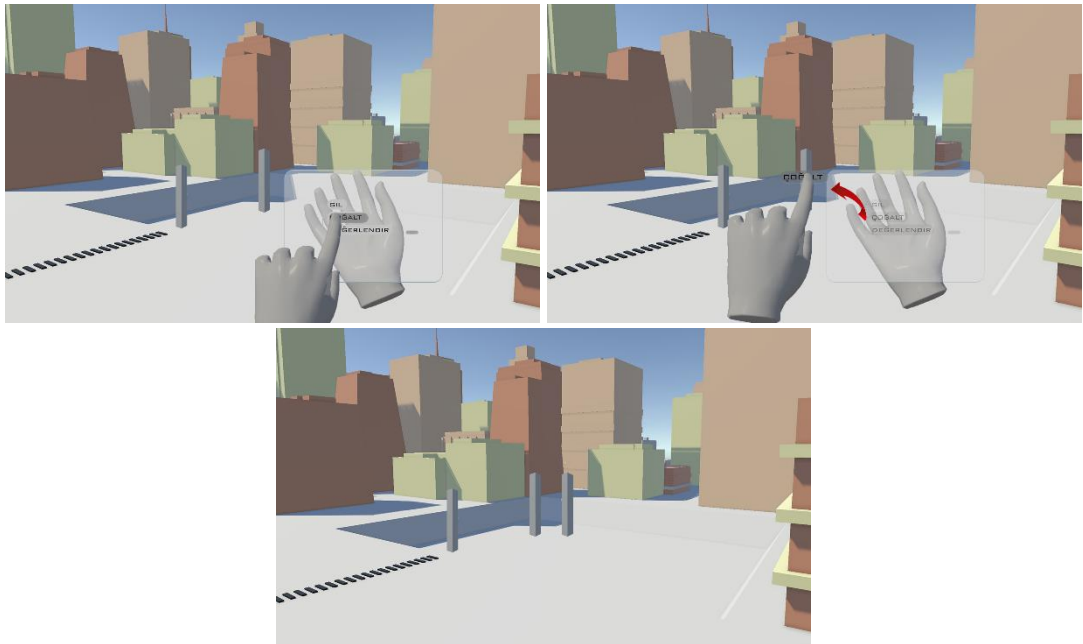
- Çoğaltma

Çoğaltma seçeneği Şekil 4.40'dan Şekil 4.42'ye kadar gösterildiği gibi kullanıcının aynı boyutta üreteceği giriş, kolon gibi bileşenleri tekrar tekrar menüde girdi sistemi ile üretmesiyle vakit kaybetmesini önler. Kullanıcı sağ elini ters çevirerek menüde çoğalt seçeneğine ulaşabilmektedir. Bu seçeneği sol eliyle tutarak çoğaltacağı nesnenin üzerinde bırakır ve yeşil bir tik işareti çıkar. Bu sayede nesne bir (1) kere çoğaltılır.



Şekil 4. 40 : Sağ el menüsünü açma hareketi.

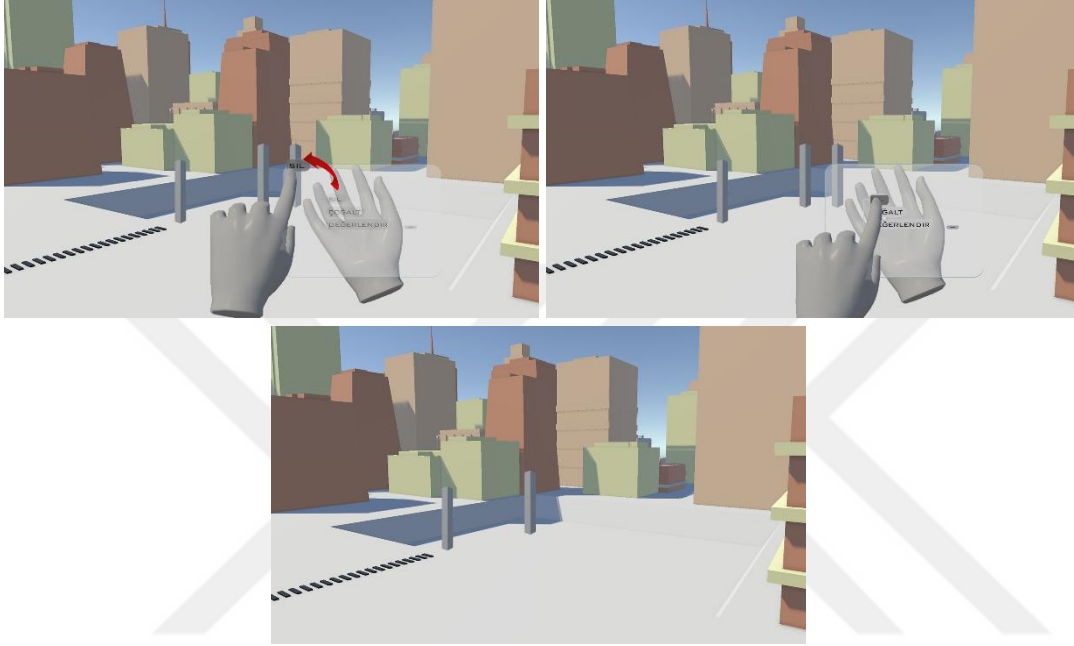
Şekil 4. 41 : Sağ el menüsü.



Şekil 4. 42 : Çoğaltma işleminin aşamaları.

- Silme

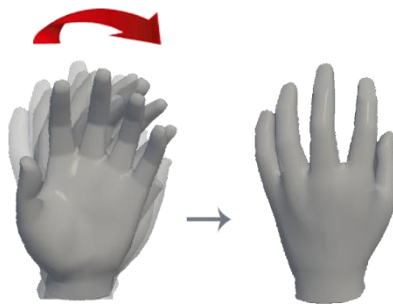
Kullanıcının yanlış veya fazladan ürettiği nesneler için kullanılır. Çoğaltma seçeneğinde olduğu gibi kullanıcı, sağ elini ters çevirerek menüde silme seçeneğine ulaşabilmektedir. Bu seçeneği sol eli ile tutarak silmek istediği nesnenin üzerine getirir ve seçilen nesne silinir (Şekil 4.43).



Şekil 4. 43 : Silme işleminin aşamaları.

- Kapatma

Kapatma seçeneği menülerin kapatılması olarak düşünülmektedir. Bunun için menünün açıldığı elin ters tarafa döndürülmesi yeterli olacaktır (Şekil 4.44).

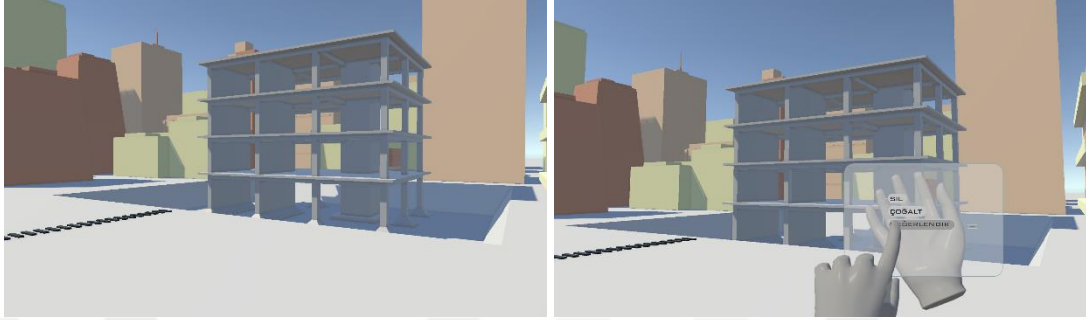


Şekil 4. 44 : Sol el menüsünü kapatma hareketi.

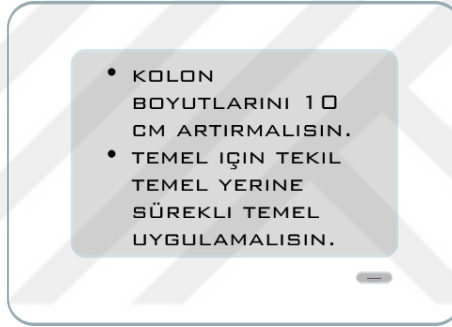
- Değerlendirme

Kullanıcı tasarımını bitirdikten sonra tasarımını değerlendirmeye sokmalıdır. Bu sayede tasarımıyla ilgili sistem üzerinde geri bildirim alabilecektir. Kullanıcı, sağ elini

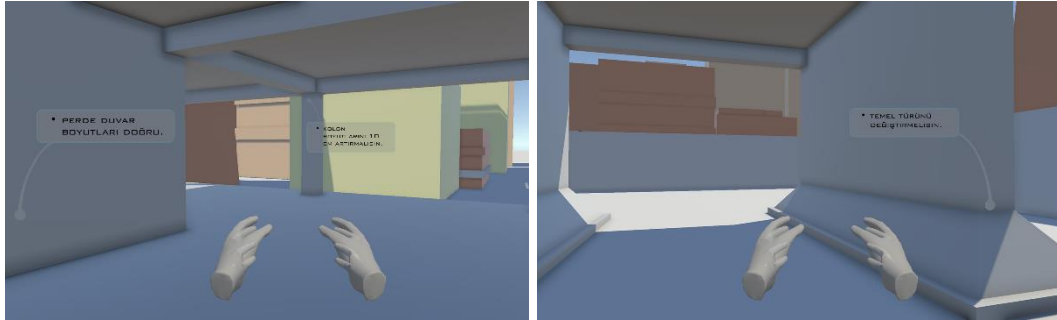
ters çevirerek menüde değerlendir seçeneğine dokunarak sistemini değerlendirmeye tabi tutabilir (Şekil 4.45, Şekil 4.46 ve Şekil 4.47). Bu değerlendirme sonuçları isteğe göre aynı zamanda eğitmenin ve diğer öğrencilerin de sistemine düşebilir. Böylece tasarımı yapan kullanıcının tasarımı üzerinden tartışmalar ve geri bildirimler sınıf ortamında da alınabilir.



Şekil 4. 45 : Yapısal tasarımın bitmiş halinin değerlendirmeye sokulması.



Şekil 4. 46 : Değerlendirme sonucu örneği.



Şekil 4. 47 : Değerlendirme sonrası yapısal tasarımın keşfedilmesinden görüntüler.

Kullanıcı tasarımını bitirip değerlendirme sonuçlarını aldıktan sonra yapısal tasarımının içini gezebilir. Şekil 4.47’de gösterildiği gibi değerlendirmeye göre hatalarını inceleyebilir. Bu şekilde sanal gerçeklik ortamında ve deneyip yanılarak bir oyun mantığında önerilen sistem sayesinde kullanıcının yani öğrencinin bilgiyi daha iyi kavraması ve bilginin akılda kalıcılık oranının artması beklenmektedir.

4.4 Önerilen sanal gerçeklik ortamının değerlendirilmesi

Önerilen sanal ortamın çerçevesi ve tasarımı daha önce yapılan literatür araştırmalarına göre kurgulanmıştır. Nesenbergs ve arkadaşlarının inceledikleri çalışmaların olumlu ve olumsuz çıkarımlarına göre sanal ortam önerisinin dersin tamamının yerini almasındansa ders destek materyali görevinde olmasına karar verilmiştir. İncelenen sanal gerçeklik uygulamaları örneklerinin sonuçlarına göre uygulamanın sadece bir simülasyon mantığında olmasındansa bir değerlendirme içermesinin ve hızlı bir geribildirim vermesinin amaç doğrultusunda daha iyi bir karar olacağı düşünülmüştür.

Sanal gerçeklik teknolojisi incelendiğinde donanım bileşenlerinden giriş çıkış cihazları seçiminde 'leap motion' kontrolörünün kullanılmasına karar verilmiştir. Çünkü 'leap motion' kontrolörünün giriş çıkış cihazlarının az olması ve kullanıcının aklını karıştırmayacak basitlikte el hareketleri sağlama konusunda diğer cihazlara göre daha iyi bir potansiyel sunduğu belirlenmiştir. El hareketleri ve dijital etkileşimler belirlenirken günümüz kullanıcılarının alışkın olduğu dokunmatik ekranda kullanılan el hareketleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu sayede kullanıcının sanal ortamla olan deneyiminin ilk andan itibaren anlaşılır ve verimli olması amaçlanmıştır.

Yapılan araştırmalar sonucunda sanal gerçeklik ortamlarının ortam ve arayüz olmak üzere iki ögeden oluştuğu görülmüştür. Ortam tasarlanırken daha önce araştırılan sanal gerçeklik teknolojisinin ya etkilerine bakılmıştır. Tespit edilen baş dönmesi ve göz yorgunluğu gibi yan etkiler düşünüldüğünde ortamda kullanıcının ölçek kaybı yaşamaması ve yorulduğunda gözünü dinlendirebileceği sabit noktaların olması planlanmıştır. Bunun için kullanıcının sanal evrenin sonsuzluğunda kaybolmaması adına bir şehir arazisi tasarlanmıştır. Bir diğer önemli öge olan arayüz tasarımı için ise kullanıcının buradalık algısının ve dalmışlık hissinin yüksek düzeyde tutulması amaçlanarak ortamda sabit bir arayüz kurgulanmamasına karar verilmiştir. Bu sayede kullanıcının oluşabilecek dikkat dağınıklığının minimum seviyede tutulması amaçlanmıştır. Yine kullanıcının kafa karışıklığı en aza indirmek için sistem akışının ve girdi sisteminin basit tutulmasına karar verilmiştir. Böylece çalışmanın amacına uygun olacak şekilde ve çalışmanın önceki bölümlerinde yapılan literatür taramalarının sonucunda kararlar verilmiştir ve bir sanal ortam önerisi ve çerçevesi belirlenmiştir.

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Yapılandırmacı eğitim yaklaşımı, keşifsel bir yolla öğrencinin katılımını aktifleştirmesini sağlayan pedagojik bir yaklaşımdır. Bilişsel gelişim teorisi de benzer bir yaklaşımla öğrencinin birden fazla duyusuyla öğrenme ortamına katıldığı ve etkileşim içinde bir öğrenme ortamını destekler. Öğrencinin yaparak öğrenme ve deneyip yanılarak kendi bilgisini inşa etmesini kapsar. Bahsedilen kavramları, ortak noktada buluşturma potansiyeline sahip sanal gerçeklik teknolojisi bir eğitim aracı olarak değerlendirilebilir. Sanal gerçeklik üç boyutlu düşünmeyi kolaylaştırır ve bu nedenle mimari tasarım ile strüktür sistemi arasındaki ilişkiyi açıklar. Strüktür sisteminin, mimari tasarımı, formu ve mekânsal algıyı nasıl etkilediği bu ilişkinin önemli bir parçasıdır. Sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımı sayesinde strüktür tasarımının bileşenleri ve mekânsal algısı arasındaki ilişkiler yorumlanabilir ve anında değerlendirebilir. Eğitim ortamında eğitmen merkezli eğitimden öğrenci merkezli eğitime geçmek, öğrenci etkileşimini ve bilginin alınma-tutulma kapasitesini artırabilir.

Tez çalışması kapsamında mimarlıkta strüktür eğitimi özelinde sanal gerçeklik teknolojisinin potansiyellerinden yararlanmak adına bir sanal eğitim ortamı tasarlanmış ve çerçevesi belirlenmiştir. Öncelikle eğitimde pedagojik yaklaşımlar ve sanal gerçeklik teknolojisi aynı noktada buluşturulmuştur. İkincil olarak mimarlıkta strüktür eğitimi anlamak için literatür taramaları yapılmış ve ulusal / uluslararası mimarlık eğitimi veren okulların strüktür eğitimi müfredatları incelenerek ders işleyişi ve içeriği bakımından analiz edilmiştir. Mimarlıkta strüktür eğitiminin mimarlık eğitiminde nasıl bir noktada olduğu görülmüş ve eksiklikleri belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak mimarlık eğitiminde strüktür bilgisi verilen derslerin pasif bir öğrenme ortamı sunduğu tespit edilmiştir. Öğrenci tasarım bilgisini ve strüktür bilgisini iki farklı bilgi çeşidi olarak gördüğü anlaşılmıştır. Bu yüzden öğrencinin bu bilgileri ortak paydada birleştiremediği ve mimarlık eğitiminde tasarlanan eğitim kurgusunun çalışmadığı düşünülmektedir. Analizlerin son aşaması olarak konuyla ilgili belirlenen anahtar kelimelerle yapılan araştırmalar sonucunda daha önce yapılmış olan çeşitli

uygulamalar belli bir süzgeçten geçirilerek incelenmiştir. Mimarlıkta strüktür eğitimi ve sanal gerçeklik başlığı gibi başlıklarla bulunan bu uygulamaların analizleri sonucu sanal gerçeklik teknolojisinin mimarlıkta strüktür eğitimine katkı sağlayabileceği sonucuna varılmıştır. Fakat bu uygulamalarda geliştirilen ortamların sadece varolan bir simülasyonu izleme üzerine olduğu görülmüştür. Oysaki bilişsel gelişim teorisinden yola çıkarak öğrencinin bilgiyi akılda tutabilmesi için deneyip yanılma yoluyla tecrübe kazanması gerekmektedir. Bu noktada literatürde keşfedilen bu boşluğun doldurulması amaçlanmıştır. Bu noktada daha önce yapılandırmacı eğitim ve bilişsel gelişim teorileriyle bağdaştırılan sanal gerçeklik teknolojisinin potansiyellerinin mimarlıkta strüktür eğitiminin eksiklikleri konusunda yardımcı olabileceği fark edilmiştir ve farklı bilgi türü içeren dersler arasındaki bu ilişkilerin anlaşılmasını kolaylaştırması öngörülmüştür.

Önerilen sanal ortamın dersin yerini almasındansa ders içinde bir destek materyali olması öngörülmektedir. Eğitiminin ders müfredatına paralel olarak içeriğe katması beklenmektedir. Sanal ortamdaki ana amaç öğrencinin strüktür bilgisini tasarım bilgisiyle kesiştirmesini sağlayacak gelişmiş hesaplamalarla kafasını karıştırmayacak basitlikte bir deneyim sunmaktır. Bunun için öncelikle leap motion kontrolörü seçilmiştir. Bu sayede kullanıcı, günümüzde günlük hayattan alışkın olduğu hareketlerle ve fiziki olarak bir tuşa basmadan sanal ortamı deneyimleyebilir. Bu da kullanıcının kendi için yeni bir deneyim olan sanal ortama alışmasını kolaylaştıracaktır. Ayrıca ortamda bulunurken göz yorgunluğu, konsantrasyon zorluğu ve ölçek belirsizliği gibi oluşabilecek olumsuzluklara karşın belirli ölçekte ve sabit nesne / yapıların bulunduğu bir ortam tasarlanmıştır. Sabit arayüz bulunmaması ile kullanıcıda oluşabilecek dikkat dağınıklığı önlenmeye çalışılmıştır. Deneyim boyunca kullanıcının sürekli ulaşabildiği menü yardımıyla taşıyıcı sistem bileşenlerini oluşturan ve yerleştiren kullanıcı, sistem tasarımını bitirir ve değerlendir butonuna basar. Sonucunda da tasarımıyla ilgili anında bildirim alır. Bu noktada anında bildirim alması önerilen ortamın önemli özelliklerindendir. Sonrasında ise gerek eğitimci gerek diğer öğrenci arkadaşlarıyla sorunları tartışabilir, birlikte geri bildirim üzerinden sistemde düzeltmeler yapabilir. Bu da sınıf içi etkileşimi artırarak dersin tamamen pasif bir dersten aktif bir derse doğru yönelmesini sağlayabilir. Böylece dersteki bilgilerin akılda kalma oranlarının artması, tasarım bilgisi temelli derslerle bağ kurulmasının kolaylaşması beklenmektedir.

Tez kapsamında önerilen sanal ortam için kullanılacak donanımlar, girdi sisteminin altyapısı açıklanmıştır. Tasarlanan arayüzler ve etkileşimleri ve uygulamanın çalışma akışı anlatılmıştır. Belirlenen arayüzler ve akışa göre ortamın nasıl görüneceği ile ilgili görseller hazırlanmıştır.

Araştırmada önerilen sanal ortamın Versiyon 1 olduğu kabul edilirse, gelecek çalışmaları için farklı versiyonlar kurgulanabilir.

- Versiyon 2 : Uygulamanın sonundaki yapısal analiz değerlendirmesi için girdi olarak kullanılan temel şartname verilerinin öğrenciye geri bildirim olarak verilmesi. Böylece öğrenciye verilen geri bildirimlerin nedeninin öğrenci tarafından anlaşılır olabilir.
- Versiyon 3 : Uygulama kütüphanesinin farklı taşıyıcı sistem türleri (ahşap – çelik vb.) ile geliştirilmesi. Farklı taşıyıcı sistem derslerinde uygulanarak daha fazla veri toplanabilir.
- Versiyon 4 : Eğitimci ve öğrencinin dersin uygulama kısmında sanal ortama girmesi ve varolan bir yapı üzerinden taşıyıcı sistem boyutlarını değiştirmesi. Böylece sistemden her boyut değiştirildiğinde veya isteğe göre bütün değişiklikler tamamlandığında geri bildirim alınması. Böylece ders esnasında öğrenci dersin teorik bölümünde anlatılan bilgiyi daha hızlı bir şekilde kavrayabilir.
- Versiyon 5 : Öğrencinin tasarım stüdyosunda geliştirdiği projesini uygulamada oluşturarak yapısal özellikleriyle ilgili geri bildirim alabilmesi. Müfredatın amacı olan strüktürel bilginin verildiği derslerin tasarımsal bilginin verildiği dersleri beslemesi, bu noktada sağlanabilir.

Versiyonlar üzerinden gerçekleştirilen uygulamaların mimarlık öğrencilerine belirlenen kütüphane bağlamındaki derslerde uygulanması ve sonuçlarının analiz edilmesi düşünülmektedir. Böylece çalışma boyunca altyapısı oluşturulmuş ve tasarlanmış sanal ortamın kullanılabilirliği ile ilgili bir analiz yapılabilir ve belirtilen faydaları ne noktada karşıladığı belirlenebilir. Ayrıca çalışmanın benzer çalışmalar için bir kaynak niteliğinde olabileceği beklenmektedir.



KAYNAKLAR

- Abdelhameed, W.** (2013). Virtual Reality Use in Architectural Design Studios: A case of studying structure and construction, International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education Virtual, Vol25, ss. (220-230).
- Achten, H.H., Roelen W., Boekholt J.T., Turksma A.E., Jessurun A.J.** (1999). Virtual reality in the design studio : the Eindhoven perspective, In A. Brown, M. Knight & P. Berridge (Eds.), Architectural Computing - Turing to 2000. Proceedings of the 17. eCAADe Conference. Liverpool, UK. 15-17 Eylül, 169-176.
- Achten, H., Turksma, A.** (1999). Virtual Reality in Early Design: The Design Studio Experiences, 2. AVOCAAD Conference, Brussels.
- Ağırbaş, A.** (2020). Teaching construction sciences with the integration of BIM to undergraduate architecture students, *Frontiers of Architectural Research*, 9, (4), 940-950.
- Aiello, P., D'elia, F., Di Tore, S., Sibilio, M.** (2012). Constructivist Approach to Virtual Reality for Experiential Learning. *E-Learning and Digital Media*. 9 (3), 317-324.
- Alcınia Z. S., Pedro G. H.** (2007). Building activities visualized in virtual environments.
- Alcınia Z. S., Octavio P. M.** (2014). The application of virtual reality technology in the construction of bridge: The cantilever and incremental launching methods, *Autom. Constr.* 37, (ss. 58-67). <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.10.015>.
- Alvarado R. G., Holzapfel R. H., Parra, J. C.** (1999). Virtual Design for Innovative Timber Structures,” 2nd. AVOCAAD Conference, Brussels.
- Al-Qawasmi J.** (2006). Changing trends in architectural design education, (ss. 205-215).
- Andersen, M.** (1992). Intelligence and development: A cognitive theory. Blackwell Publishing.
- Aparicio, A.C. ve Ruiz-Teran, A.M.** (2007). Tradition and innovation in teaching structural design in civil engineering. *J. of Professional Issues in Engng. Educ. and Practise*, 133, 4, (ss. 340-349).
- Applebae, S., Deruette, A.** (2017). Getting Started with VR Interface Design. *Smashing Magazine*. Erişim Tarihi: 31.07.2021, <https://www.smashingmagazine.com/2017/02/getting-started-with-vr-interface-design/>

- Bamodu, O., Ye, X.** (2013). Virtual Reality and Virtual Reality System Components. *Proceedings of the 2nd International Conference On Systems Engineering and Modeling (ICSEM-13)*. Fransa: Paris.
- Bricken, W.** (1991). Extended abstract: A formal foundation for cyberspace, Beyond the vision: The technology, research and business of virtual reality. *Proceedings of the second annual conference of virtual reality, artificial reality and cyberspace*, San Francisco, ABD.
- Brown, J.S., Collins, A. ve Duguid, P.** (1989) Situated Cognition and the Culture of Learning, Educational Researcher, 32-42. Erişim: <http://www.johnseelybrown.com/Situated%20Cognition%20and%20the%20culture%20of%20learning.pdf>.
- Boud, A. C., Haniff D. J., ve Steiner, S. J.** (1999). Virtual reality and augmented reality as a training tool for assembly tasks, *Uluslararası Bilgi Görselleştirme Konferansı Bildirileri*, (ss. 32-36).
- Bountrogianni, M.** (2015). Virtual Teaching Tools Take Learning Outside the Classroom. *Huffpost Living*. Erişim: http://www.huffingtonpost.ca/dr-marie-bountrogianni/virtual-classroom-technology_b_8547166.html
- Bozgeyikli, E., Raij, A., Katkooi, S., Dubey, R.** (2019). Locomotion in virtual reality for room scale tracked areas. *International Journal of Human-Computer Studies*, 122, 38–49.
- Burdea, G. C., & Coiffet, P.** (2003). *Virtual reality technology*, New York: John Wiley & Sons.
- Byrne, C.** (2007). Virtual Reality and Education.
- Can, T. ve şimşek, İ.** (2016). Eğitimde yeni teknolojiler: Sanal gerçeklik. Eğitim Teknolojileri Okumaları, 2016. *The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET)*, 21, 351-363.
- Chan, C.S.** (1997). Virtual Reality in Architectural Design, Tasarım Bölümü, Iowa Üniversitesi, ABD.
- Chang, E., Kim, H.T., ve Yoo, B.** (2020). Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *Uluslararası İnsan-Bilgisayar Etkileşimi Dergisi*, 36 (17). 1658-1682. <https://doi.org/10.1080/10447318.2020.1778351>
- Chittaro, L. ve Buttussi, F.** (2015). Assessing knowledge retention of an immersive serious game vs. a traditional education method in aviation safety. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 21(4), 529- 538.
- Chittaro, L., & Ranon, R.** (2007). Web3D technologies in learning, education and training: motivations, issues, opportunities. *Computers & Education*, 49, 3–18.
- Cipresso P., Giglioli I.A.C., Raya M.A., ve Riva G.** (2018). The Past, Present, and Future of Virtual and Augmented Reality Research: A Network and Cluster Analysis of the Literature. *Frontiers in Psychology*. 9, (2086). doi: 10.3389/fpsyg.2018.02086
- Çoruh, L.** (2011). Sanat tarihi dersinde bir öğrenme modeli olarak sanal gerçeklik uygulamasının etkililiğinin değeriendirilmesi: Erciyes Üniversitesi

Mimarlık ve Güzel Sanatlar Fakülteleri örneği uygulaması. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü. Ankara.

- Darken, R.P., Sibert, J.L.** (1993). A Toolset for Navigation in Virtual Environments. *The ACM symposium on User interface software and technology*.
- Demirel, Ö.** (2000). Eğitimde Program Geliştirme, Pegem A Yayınevi, Ankara.
- Dewey, J.** (1916). Democracy and education. New York.
- Donath, D., Regenbrecht, H.** (1997). Architectural Education and Virtual Reality Aided Design, Designing Digital Space, D. Bertol, Ed. J.Wiley, New York.
- Dvorák, J., Hamata, V., Skácilík, J. and Beneš. B.** (2005). Boosting up Architectural Design Education with Virtual Reality, Central European Multimedia and Virtual Reality Conference.
- Emdanat, S.** (1999). Using Virtual reality to teach Principles of Design, Structure and Computer, CAADRIA'99 Conference, China.
- Erbaş, Ç. ve Demirer, V.** (2015). Eğitimde sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamaları. Eğitim Teknolojileri Okumaları, 2015. The Turkish Online Journal of Educational Technology (TOJET), 7, 131-148.
- Erdoğan, N. Ş., Özdoğan, M., Korkmaz, S. Z.** (2021). Review of architectural education processes applied by Turkey and member countries of the European Unions. *IDA: International Design and Art Journal*, 3 (1), 101-116.
- Felder R. R. M., and Silverman L. K. L.** (1988). Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 674–681.
- Flach, J.M., Holden, J.G.** (1998) The Reality of Experience, *Presence*, 7, 90-95.
- Foug, C. A.** (2000). PERSPECTA: Reading Structures, MIT Press, 31.
- Fonseca, D., Marti, N., Redondo, E., Navarro, I., Sanchez, A.** (2014). Relationship between student profile, tool use, participation, and academic performance with the use of Augmented Reality technology for visualized architecture models. *Computers in Human Behavior*. 31, 434-445. doi: <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.03.006>
- Fonseca, D., Valls, F., Redondo, E., Villagrasa, S.** (2016). Informal interactions in 3D education: Citizenship participation and assessment of virtual urban proposals, *Computers in Human Behavior*, 55 (A), 504-518. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.05.032>
- Fonseca, D., Cavalcanti, J., Peña, E., Valls, V., Sanchez-Sepúlveda, M., Moreira, F., Navarro, I., Redondo, E.** (2021). Mixed Assessment of Virtual Serious Games Applied in Architectural and Urban Design Education. *Sensors*, 21 (3102). Erişim tarihi: 07.05.2021. Erişim: <https://doi.org/10.3390/s21093102>.
- Fritsch, D., Kada, M.** (2004). Visualisation Using Game Engines.
- Fuchs, P., Moreau, G., Berthoz A.** (2006). Le traité de la réalité virtuelle. 5, 40-41. Erişim tarihi: 07.05.2021. Erişim:

https://www.researchgate.net/publication/278815513_Le_traite_de_la_realite_virtuelle_volume_1_L'Homme_et_l'environnement_virtuel

- Furness, T.A.** (1986). The super cockpit and human factors challenges, WA: Human Interface Technology Laboratory Technical Report HITL-M-86-1, Seattle.
- Ghonim, M.** (2017). Toward calibrating architectural education: an approach to promote students' design abilities, *International Journal Architecton Spatial Environmental Design*, 11 (4), 37-62.
- Gregory, A., Herrmann, M., Miller, B., Moss, J.** (2013). Integrated Practice and Architecture Education: The Evolution of a Pedagogy. Ed: C. Jarrett, K.H. Kim, N. Senske, The Visibility of Research, University of North Carolina at Charlotte, 310-320. doi: <https://doi.org/10.17831/rep:arcc%25y184>
- Gündeş, S., Atakul, N.** (2017). An empirical study of internship practices in architectural education: Student perspectives. *Megaron*, 12 (3), 355-364. doi: 0.5505/MEGARON.2017.86094
- Hasol, D.** (2012). Ansiklopedik mimarlık sözlüğü. YEM Yayınları.
- Heilig, M.** (1992). Enter the Experimental Revolution. *Proceeding of Cyberarts Conference*, 292-305. Pasadena: Ekim.
- Herr, C. M.** (2013). Qualitative structural design education in large cohorts of undergraduate architecture students. *Global Journal of Engineering Education*. 15 (2), 96-102.
- Horne M, Thompson, M. E.** (2008). The Role of Virtual Reality in Built Environment Education, *Journal for Education in the Built Environment*, 3 (1), 5-24, doi: 10.11120/jebe.2008.03010005.
- Huang, H.M., Rauch, U., Liaw, S.S.** (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*. 55, 1171-1182.
- Huang, Y., Shaky, S., Odeleye, T.** (2019). Comparing the functionality between virtual reality and mixed reality for architecture and construction uses. *Journal of Civil Engineering and Architecture*, (13) , 409-414.
- Hussein, M., Natterdal, C.** (2015). The Benefits of Virtual Reality in Education A Comparison Study, Yazılım Mühendisliği ve Yönetimi Lisans Tezi, Bilgisayar Bilimi ve Mühendisliği Bölümü Chalmers Teknoloji Üniversitesi, Göteborg, İsveç.
- Ilkovic, J., Ilkovicova, L., Spacek, R.** (2014). To think in architecture, to feel in structure: Teaching Structural Design in the Faculty of Architecture, *Global Journal of Engineering Education*, 16, (2), 59-65.
- Janowicz- Gębczyńska A.** (2020). Virtual reality technology in architectural education. *World Transactions on Engineering and Technology Education*, 18, (1), 24-28.
- Jonassen, D.H.** (1991). Evaluating constructivist learning. *Educational Technology*, 28 (11), 13-16.

- Jonassen, D. H.** (1994). Thinking technology: toward a constructivist design model. *Educational Technology*, 34(2), 34–37.
- Jones, E.** (2017), The Cone of Experience by Edgar Dale, The e-learning Network.
- Kalisperis, L.N., Otto, G., Muramoto, K., Gundrum, J.S., Masters, R., Orland, B.** (2002). Virtual reality/space visualization.Design education: the VR-desktop initiative. *eCAADe 20 [design e-ducation] Education and Curricula, Traditional and E-ducation Areas*, (ss. 64-71). ABD: The Pennsylvania State University.
- Kandemir, C. , Atmaca Demir, B.** (2020). EĞİTİMDE SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARI ÜZERİNE: “SİNİFTA BEN DE VARIM” PROJESİ . *Turkish Online Journal of Design Art and Communication* , 10 (4) , 339-354 . Erişim: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tojdac/issue/56985/778693>
- Kelly, D.H.** (1972). Flicker; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, ss. 273–302.
- Kim, Y.M., Rhiu, I.** (2021). A comparative study of navigation interfaces in virtual reality environments: A mixed-method approach. *Applied Ergonomics*. 96. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2021.103482>
- Kharoub, H., Lataifeh, M., Ahmed, N.** (2019). 3D User Interface Design and Usability for Immersive VR. *Applied Scince*. 9, 4861. doi:10.3390/app9224861.
- Kugler, L.** (2021). The State of Virtual Reality Hardware, *Communications of the ACM*. Erişim Tarihi: 31.07.2021, <https://cacm.acm.org/magazines/2021/2/250071-the-state-of-virtual-reality-hardware/fulltext> .
- Kumaraswamy, S. B., De Wilde, P.** (2015). Simulation in education: Application in architectural technolgy design projects, Uluslararası Bina Performans Simülasyonu Derneği 14. Konferansı, Hyderabad, India.
- Kurt, S.** (2011). Use of constructivist approach in architectural education, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15(1):3980-3988
- Lewis, C.** (2018). The Negative Side Effects of Virtual Reality. *Resource*. Erişim Tarihi: 15.10.2021, <http://resourcemagonline.com/2018/03/the-negative-side-effects-of-virtual-reality/87052/>
- Loomis, J. M.** (1992). Distal attribution and presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 1(1), 113-119.
- Louis, C. S., Hamam, A.** (2021). Survey of Haptic Technology and Entertainment Applications, SoutheastCon. doi:10.1109/SOUTHEASTCON45413.2021.9401939.
- Lopez, J.** (2019). The Virtual Reality and Augmented Reality Playbook. <https://cdn2.hubspot.net/hubfs/2908975/The%20Virtual%20and%20Augmented%20Reality%20Playbook-1.pdf> Erişim Tarihi: 10.11.2020
- Maghool, S. A. H., Moeini, S. H., Arefazar, Y.** (2018). An Educational Application Based on Virtual Reality Technologies for Learning Details: Challenges and Benefits. *Archnet-IJAR: International Journal of Architectural Research*, 12 (3), 246-272.

- Marr, B.** (2020). The Future of Virtual Reality, *Forbes*. Erişim Tarihi: 28.07.2021, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2020/12/18/the-future-of-virtual-reality-vr/?sh=6e196d2c27be> .
- May I. M., Johnson D.** (2008). The Teaching of Structural Analysis - A Report to the Ove Arup Foundation, The Arup Foundation.
- Messner, J. I. & Horman, J. M.** (2003). Using advanced visualisation tools to improve construction education. *Proceedings of CONVR 2003 Conference*, 145-155.
- Messner J. I., Yerrapathruni, S. C. M., Baratta, A.J., Whisker V. E.** (2003). *Annual Conference*, Pennsylvania, ABD, The Pennsylvania State University.
- Morton, D.** (2014). Augmented reality in architectural studio learning: how augmented reality can be used as an exploratory tool in the design learning journey. *32nd eCAADe Conference*, 343-356. İngiltere: Northumbria University at Newcastle.
- Nash, E.B., Edwards, G.W., Thompson, J.A., Barfield, W.** (2000). A review of presence and performance in virtual environments. *International Journal Human Computer Interaction*. 12 (1), 1–41.
- Needleman, S. E.** (2018). Virtual Reality, Now With the Sense of Touch. The Future of Everthing. Erişim tarihi: 06.11.2022.
- Nesenbergs, K., Abolins, V., Ormanis, J., Mednis, A.** (2020). Use of Augmented and Virtual Reality in Remote Higher Education: A Systematic Umbrella Review. *Education Science* 2021, 11, 8. <https://doi.org/10.3390/educsci11010008>.
- Nimbol, R.A., Thomas, M., Paul, R.J.** (2018). New type of communication: Immersive telepresence with OSVR and LeapMotion. *International Journal of Conceptions on Computing and Information Technology*, 6, (2), 42-47.
- Onat, E.** (1985). Sormaca Mimarlık. 85,(8), 29-31.
- Ornstein, A. C., Hunkins, F. P.** (1998). Curriculum: Foundations, principles, and issues. Erişim: http://daneshnamehicsa.ir/userfiles/file/manabeh/francis_p_hunkins_alan_c_ornstein.pdf.
- Oxman R.** (1990). The Computability of Architectural Knowledge. In: McCullough M., Mitchel W.J., Purcell P. (eds.) CAAD Futures Proc., The Electronic Design Studio. Architectural Knowledge and Media in the Computer Era, Boston, (ss. 171-185).
- Paranandi, M. ve Sarawgi, T.** (2009). Virtual Reality in Arhitecture : Enabling Possibilities, Mimarlık ve İç Mimarlık Bölümü, Miami Üniversitesi, İç Mimarlık Bölümü, Kuzey Karolina Üniversitesi, ABD.
- Park, C.S., Le, Q.T., Pedro, A., Lim, C.R.** (2015). Interactive building anatomy modeling for experiential building construction education. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 142, 3. doi: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000268.

- Perkins, D.** (1999), The Many Faces of Constructivism, Educational Leadership, 6-11.
- Piaget, J.** (1998) The Origin of Intelligence in the Child. Erişim: https://www.pitt.edu/~strauss/origins_r.pdf.
- Popovic-Larsen O., Tyas A.** (2003). Conceptual structural design: bridging the gap between architects and engineers. London.
- Portman, M.E., Natapov, A., Fisher-Gewirtzman, D.** (2015). To go where no man has gone before: Virtual reality in architecture, landscape architecture and environmental planning. *Computers Environment Urban Systems*. doi: 10.1016/j.compenvurbsys.2015.05.001
- Rhiu, I., Kim, Y.M., Kim, W., Yun, M.H.** (2020). The evaluation of user experience of a human walking and a driving simulation in the virtual reality. *International Journal Industrial Ergonomics*. 79. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.103002>.
- Riva, G., Vatalaro, F. & Zaffiro, G.** (2009) Tecnologie della presenza. Concetti e applicazioni, Mondo Digitale, 3, 32-45.
- Rojas, V.G., Rebolledo, G.M.** (2014). Virtual reality interface devices in the reorganization of neural networks in the brain of patients with neurological diseases. *Neural Regeneration Research*. 15;9 (8), 888-896.
- Samarasinghe, D.A.S., Latif, S.A., Banghaei, N.** (2019). Virtual Reality Models for Promoting Learners Engagement in Construction Studies, *2019 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)*, United Arab Emirates, Dubai, 8-19 Nisan.
- Sampaio A. Z., Ferreira M. M., Rosário D. P., Martins O. P.** (2010). 3D and VR models in Civil Engineering education: Construction, rehabilitation and maintenance. *İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık, Lizbon Teknik Üniversitesi, Lizbon, Portekiz*.
- Sampaio, A. Z., Henriques P. G.** (2007). Building Activities visualized in Virtual Environments, *İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Bölümü, Lizbon Teknik Üniversitesi, Lizbon, Portekiz*.
- Sampaio, A. Z., Henriques P. G., Martins, O. P.** (2010). Virtual Reality Technology Used in Civil Engineering Education, *The Open Virtual Reality Journal*, 2, 18-25.
- Sampaio, A. Z., Martins, O. P.** (2014). The application of virtual reality technology in the construction of bridge: The cantilever and incremental launching methods.
- Sandaker, B.N., Eggen, A.P. and Cruvellier, M.R.** (2011). The Structural Basis of Architecture. Erişim: https://www.researchgate.net/publication/333348563_The_Structural_Basis_of_Architecture.
- Sastry, L., Boyd, D.R.S.** (1998). Virtual Environments for Engineering Applications, *Virtual Reality*, 3, 226-234. <http://dx.doi.org/10.1007/BF01408704>

- Schall, G., Schmalstieg, D., Junghanns, S.** (2010). Vidente - 3D Visualization of Underground Infrastructure using Handheld Augmented Reality. *Integr. GIS Water*, 1, 1–17.
- Schlaich, J.** (1996). On the Conceptual Design of Structures - an Introduction, in IASS 1996. Conceptual design of structures, IASS organizing committee (eds.), Institut für Konstruktion und Entwurf II, Universität Stuttgart, (ss. 15–25).
- Schön, D.** (1985). The Design Studio: An Exploration of its Traditions and Potentials. London: RIBA Publications Limited, s. 99.
- Schuemie, M.J., van der Straaten P., Krijn M., van der Mast CAPG.** (2001). Research on Presence in Virtual Reality: A Survey. *Cyberpsychology and Behaviour*, 4, (ss. 183-202).
- Sirror, H., Abdelsattar, A., Dwidar, S., Derbali, A.** (2021). A Review on Virtual Reality for Architecture Education, *Proceedings of the 11th Annual International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Singapore : Mart 7-11.
- Spalter, A.M., Stone P.S., Meier, B.J., Miller, T.S., Simpson, R.M.** (2000). Interaction in anIVR Museum of Color: Constructivism Meets Virtual Reality. *7th Annual International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, (ss. 41-44). ABD: New Orleans.
- Suma, E.A., Finkelstein, S.L., Clark, S., Goolkasian, P., Hodges, L.F.** (2010). Effects of Travel Technique and Gender on a Divided Attention Task in a Virtual Environment. *The 2010 IEEE Symposium on 3D User Interfaces (3DUI)*.
- Sutherland, I.** (1965). The ultimate display. *Proceedings of the IFIP Congress*, (2), (ss. 506-508).
- Süral, İ.** (2008). Yeni teknolojiler ışığında uzaktan eğitimde açıklık, uzaktanlık ve öğrenme. XIII. Türkiye’de İnternet Konferansı Bildirileri, 31-34. Ankara: Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Swinhart, D.** (2021). Virtual reality has real problems. Here’s how game developers seek to delete them. *The Washington Post*. Erişim Tarihi : 15.10.2021 , <https://www.washingtonpost.com/video-games/2021/01/21/virtual-reality-2021/>
- Tanjung, K., Nainggolan, F., Siregar, B., Panjaitan, S., Fahmi, F.** (2019). The Use of Virtual Reality Controllers and Comparison Between Vive, Leap Motion and Senso Gloves Applied in The Anatomy Learning System. *International Conference on Science and Technology*. doi: 10.1088/1742-6596/1542/1/012026
- Theriault, L., Robert, J.M., Baron, L.** (2014). Virtual Reality Interfaces for Virtual Environments. *Virtual Reality International Conference*. Fransa: Laval. 6 Ocak.
- Velev, D., Zlateva, P.** (2017). Virtual Reality Challenges in Education and Training. *International Journal of Learning and Teaching*, 3 (1), (ss. 33-37).
- Vergara, D., Rubio, M.P., Lorenzo, M.** (2017). New Approach for the Teaching of Concrete Compression Tests in Large Groups of Engineering Students,

Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 143, (2). doi: 10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000311.

- Vrontissi, M.** (2015). The physical model in structural studies within architecture education: paradigms of an analytic rationale?. Proceedings of the International Association for Shell and Spatial Structures (IASS) Symposium. Amsterdam, The Netherlands.
- Yaşar, Ş.** (1998). Yapısalıcı Kuram ve Öğrenme-öğretme Süreci, VII. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi Konya: Selçuk Üniversitesi, (ss. 695-701).
- Yazıcı G., Erkan Yazıcı, Y.** (2012). The Use of Finite Element Applications in Architectural Education, *International Journal on New Trends in Education and Their Implications*, 3(4), 148.
- Yücel, V.** (2018). VRiC: Mimarlıkta Yapı Bilgisi Öğreniminde Kullanılabilecek Bir Sanal Ortam Önerisi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, İstanbul.
- Walley, J.** (2018). 3 Ways Virtual Reality Training Is Producing Better Outcomes.
<<https://trainingindustry.com/articles/learning-technologies/3-ways-virtual-reality-training-is-producing-better-outcomes/>> Erişim Tarihi : 15.11.2020
- Wang, J., Wang, X., Shou, W., Xu, B.** (2014). . Integrating BIM and augmented reality for interactive architectural visualisation, *Construction Innovation*. 14, 453-476. Doi: <https://doi.org/10.1108/CI-03-2014-0019>
- Wang P., Wu P., Wang J., Chi H., Wang X.** (2018). A Critical Review of the Use of Virtual Reality in Construction Engineering Education and Training, *Uluslararası Çevre Araştırmaları ve Halk Sağlığı Dergisi*, (ss. 15-16).
- Webster A, Feiner S., MacIntyre B., Massie W., Krueger T.** (2000). Augmented Reality in Architectural Construction, Inspection, and Renovation, Computing in Civil Engineering, Georgia Teknoloji Enstitüsü, Georgia, ABD.
- Wilkinson, N. and Salama, A.M.A.** (2007). Design Studio Pedagogy: Horizons for the Future. Gateshead, UK: *The Urban International Press*.
- Winn, W.** (1993). A Conceptual Basis for Educational Applications of Virtual Reality, Human Interface Technology Laboratory, Washington Technology Center, University of Washington Washington.
- Zahorick, P. & Jenison, R.L.** (1998) Presence as Being in the World, *Presence*, 7, (ss. 78-89). <http://dx.doi.org/10.1162/105474698565541>
- Zhang Z.C.J., Liu W.S.** (2011). Research on VR-Based Experiment Space for Complex Electromagnetic Environment. *Advanced Materials Research*, (ss. 403-408: 2923-2926).

Url-1

<https://kpssnotlar.com/Default.aspx?ad=kpss_bilgi_detay&bilgi_id=6024#:~:text=E%C4%9Fitim%20%E2%80%93%20%C3%B6%C4%9Fretim%20aras%C4%B1ndaki%20farklar%20E%C4%9Fitim%20%C3%B6%C4%9Fretim%20g%C3%B6re%20daha%20kapsaml%C4%B1d%C4%B1r.&text=E%C4%9Fitimde%20bilgi%20d%C3%A2hil%20her%20t%C3%BCrl%C3%BC,%C3%B6%C4%9Fretimde%20planl%C4%B1%2C%20programl%C4%B1%20ve%20g%C3%BCd%C3%BCml%C3%BCd%C3%BCr.> Erişim Tarihi: 10.01.2021.

Url-2

<http://materyaltasarimi.weebly.com/uploads/4/8/5/0/4850273/h2_2_egitim_ogrenme_ogretim.pdf> Erişim Tarihi: 10.01.2021.

Url-3 <<https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2020/architecture>> Erişim Tarihi: 01.02.2021.

Url-4

<<https://www.sis.itu.edu.tr/TR/ogrenci/lisans/ders-planlari/plan/MIM/201810.html>> Erişim Tarihi: 15.02.2021.

Url-5

<<http://www.bologna.yildiz.edu.tr/index.php?r=program/view&id=50&aid=38>> Erişim Tarihi: 16.02.2021.

Url-6 <<http://www.mim.yildiz.edu.tr/mim/4/Lisans/26>> Erişim Tarihi: 16.02.2021.

Url-7 <<https://www.metu.edu.tr/tr/system/files/programs/mimarlik.pdf>> Erişim Tarihi: 19.02.2021.

Url-8 <<http://archweb.metu.edu.tr/en/bachelor-architecture>> Erişim Tarihi: 19.02.2021.

Url-9 <<https://w3.bilkent.edu.tr/web/adaybilgi/brosur/mimarlik.pdf>> Erişim Tarihi: 19.02.2021.

Url-10 <http://arch.bilkent.edu.tr/program/undergrad_tr.html> Erişim Tarihi: 19.02.2021.

Url-11

<https://architecture.mit.edu/sites/architecture.mit.edu/files/attached_files/2020-2021_March%20Curriculum_AM_WWB_1.pdf> Erişim Tarihi: 20.02.2021.

Url-12 <<https://architecture.mit.edu/subjects>> Erişim Tarihi: 20.02.2021.

Url-13 <<https://arch.ethz.ch/en/studium/studienangebot/bachelor-architektur/bsc-studien-stundenplan.html>> Erişim Tarihi: 20.02.2021.

Url-14

<<http://www.vvz.ethz.ch/Vorlesungsverzeichnis/sucheLehrangebotPreview?lang=de>> Erişim Tarihi: 20.02.2021.

Url-15 <<https://www.tudelft.nl/en/education/programmes/bachelors/bk/bachelor-of-architecture-urbanism-and-building-sciences/curriculum/>> Erişim Tarihi: 20.02.2021.

Url-16

<<http://guide.berkeley.edu/undergraduate/degreeprograms/architecture/#sampleplanofstudytext> > Erişim Tarihi: 21.02.2021.

Url-17 < <http://guide.berkeley.edu/courses/arch/> > Erişim Tarihi: 21.02.2021.

Url-18

<<https://www.ucl.ac.uk/bartlett/architecture/programmes/undergraduate/bsc-architecture> > Erişim Tarihi: 21.02.2021.

Url-19

<https://www.architektur.tuberlin.de/fileadmin/i41/KVV/200409_KVV_BA_A_SOSE2020_korrigiert.pdf > Erişim Tarihi: 24.02.2021.

Url-20

<https://www.architektur.tuberlin.de/menue/studium/studiengaenge/bachelor_architektur/ > Erişim Tarihi: 24.02.2021.

Url-21 < <https://www.bdcnetwork.com/virtual-site-visits-help-control-infection-project-sites> > Erişim Tarihi: 03.07.2021.

Url-22 < <https://www.fi.edu/virtual-reality/history-of-virtual-reality> > Erişim Tarihi: 29.07.2021.

Url-23 < <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr> > Erişim Tarihi: 29.07.2021.

Url-24 < <https://commons.pratt.edu/virtualreality/history-background> > Erişim Tarihi: 29.07.2021.

Url-25

<https://www.researchgate.net/publication/220982799_The_CaveUT_system_Immersive_entertainment_based_on_a_game_engine/figures?lo=1 > Erişim Tarihi: 31.07.2021.

Url-26 < <https://www.iberdrola.com/innovation/virtual-reality> > Erişim Tarihi: 31.07.2021.

Url-27 < http://www.hitl.washington.edu/projects/learning_center/pf/whatvr1a.htm > Erişim Tarihi: 01.08.2021.

Url-28 < <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/courses/547-96/askew/vr/comp.html> > Erişim Tarihi: 01.08.2021.

Url-29 < <https://www.g2.com/categories/vr-sdk> > Erişim Tarihi: 02.08.2021.

Url-30 < <https://www.starsandstrikes.com/different-types-of-virtual-reality/> > Erişim Tarihi: 03.08.2021.

Url-31 < <https://webrazzi.com/2017/07/19/leap-motion/> > Erişim Tarihi: 11.03.2022.

Url-32 < <https://www.ultraleap.com/company/news/blog/how-hand-tracking-works/#:~:text=Hand%20tracking%20software,-Once%20the%20image&text=The%20Leap%20Motion%20Service%20is,what%20the%20device%20%E2%80%9Csees%E2%80%9D.> > Erişim Tarihi: 13.03.2022.

Url-33

<https://developerarchive.leapmotion.com/documentation/csharp/devguide/Leap_Gestures.html > Erişim Tarihi: 19.03.2022.

Url-34 < <http://wedesignvirtual.com/when-will-vr-become-affordable/> > Erişim
Tarihi: 28.12.2022.

Url-35

<[https://www.msgsu.edu.tr/Assets/UserFiles/doc_bolum_icerik_mimfa
k/mimarlik/2019-
2020/mimarlik_somesterlildersplani_tr_2019_09_12.pdf](https://www.msgsu.edu.tr/Assets/UserFiles/doc_bolum_icerik_mimfa
k/mimarlik/2019-
2020/mimarlik_somesterlildersplani_tr_2019_09_12.pdf)> Erişim
Tarihi: 02.01.2022.

Url-36

<[https://www.msgsu.edu.tr/Assets/UserFiles/doc_bolum_icerik_mimfa
k/mimarlik/mim_lisansogretim_plani.pdf](https://www.msgsu.edu.tr/Assets/UserFiles/doc_bolum_icerik_mimfa
k/mimarlik/mim_lisansogretim_plani.pdf)> Erişim Tarihi: 02.01.2022.



ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Nisanur ÖZÇELİK

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans : 2014-2019**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü.
- **Yüksek Lisans : 2019-2022**, İstanbul Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilişim Anabilim Dalı, Mimari Tasarımda Bilişim.

DENEYİM:

- **2021- Günümüz** - Fenerbahçe Üniversitesi – Araştırma Görevlisi
- **2022** - Oyun ve Uygulama Akademisi (Google&Teknoloji ve Sanayi Bakanlığı) – Bursiyer
- **2019 - 2021** - HIVE Tasarım ve Teknoloji Ofisi - Mimar
- **2018** - HIVE Tasarım ve Teknoloji Ofisi - Stajyer
- **2017** - Bütüner Mimarlık – Stajyer
- **2017** - Fırat Dema ZMK – Stajyer

YAYINLAR:

- Ozdemir, N. ve Şener, S.M. (2022), Proposal of an Interactive Virtual Education Environment that Increases the Knowledge of Structure in Architectural Design Education. *International Graduate Research Symposium*, İstanbul, Türkiye.