

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK EĞİTİMİNDE YAPI ÜRÜNLERİ ÖĞRETİMİ
İÇİN SARMALAYICI SANAL GERÇEKLİK SİSTEMİNİN
İNCELENMESİ: BİR ÖĞRETİM MODELİ YAKLAŞIMI

Hasan TAŞTAN

DOKTORA TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Danışman

Doç Dr. Togan TONG

Temmuz, 2023

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK EĞİTİMİNDE YAPI ÜRÜNLERİ ÖĞRETİMİ
İÇİN SARMALAYICI SANAL GERÇEKLİK SİSTEMİNİN
İNCELENMESİ: BİR ÖĞRETİM MODELİ YAKLAŞIMI

Hasan TAŞTAN tarafından hazırlanan tez çalışması 19.07.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Togan TONG
Yıldız Teknik Üniversitesi
Danışman

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Togan TONG, Danışman
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Şefika Feza ORHAN, Üye
Bahçeşehir Üniversitesi

Doç. Dr. Güven ÇATAK, Üye
Bahçeşehir Üniversitesi

Prof. Dr. Şayeste Tülin GÖRGÜLÜ, Üye
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent Onur TURAN, Üye
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

Danışmanım Doç. Dr. Togan TONG sorumluluğunda tarafımca hazırlanan “Mimarlıkta Yapı Ürünleri Öğretimi için Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik Sisteminin İncelenmesi: Bir Öğretim Modeli Yaklaşımı” başlıklı çalışmada veri toplama ve veri kullanımında gerekli yasal izinleri aldığımı, diğer kaynaklardan aldığım bilgileri ana metin ve referanslarda eksiksiz gösterdiğimi, araştırma verilerine ve sonuçlarına ilişkin çarpıtma ve/veya sahtecilik yapmadığımı, çalışmam süresince bilimsel araştırma ve etik ilkelerine uygun davrandığımı beyan ederim. Beyanımın aksinin ispatı halinde her türlü yasal sonucu kabul ederim.

Hasan TAŞTAN

İmza



*Aileme
ve
eşime*

TEŞEKKÜR

Sarmalayıcı sanal gerçeklik teknolojisinin mimarlık eğitimindeki kullanımı için önerdiğim bu tezde, öğretim modeli önerisi üzerinde yaptığım çalışmaların sonuçlanmasında bana destek olan danışmanım Doç. Dr. Togan Tong'a teşekkürlerimi iletmek isterim. Aynı zamanda tez jürisi üyeleri Prof. Dr. Şefika Feza Orhan, Doç. Dr. Güven Çatak, Prof. Dr. Şayeste Tülin Görgülü ve Doç. Dr. Bülent Onur Turan'a da içten teşekkürlerimi iletmek istiyorum. Değerli eleştirileri ve geri bildirimleri sayesinde çalışmamı geliştirebildim ve daha derinlemesine bir anlayış kazanabildim. Sizin zorlu sorularınız ve deneyimleriniz, tezim üzerinde düşünme becerimi geliştirmeme yardımcı oldu.

Ayrıca öğretim modeli önerisinin geliştirilme sürecinde, teorik ve pratik yapının oluşturulmasına değerli katkılarını sunan Doç. Çetin Tüker, Dr. Erdal Devrim Aydın ve Doç. Dr. Polat Darçin'e teşekkür ederim. Dahası, desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen eşim Pınar Sünbül Taştan ve aileme de en içten teşekkürlerimi sunmak istiyorum. Sizin sevgi dolu destekleriniz ve anlayışınız, bu zorlu süreçte beni motive ederek başarıya ulaşmamı sağladı. Son olarak, tüm hocalarıma ve çalışma arkadaşlarıma da teşekkür etmek istiyorum. Sizinle birlikte çalışmak ve fikir alışverişinde bulunmak benim için büyük bir şanstı. Sizlerin desteği, çalışmalarımı daha zengin ve anlamlı kıldı.

Hasan TAŞTAN

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	iv
SİMGE LİSTESİ	vii
KISALTMA LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ	ix
TABLO LİSTESİ	xi
ÖZET	xii
ABSTRACT	xiv
1 GİRİŞ	16
1.1 Amaç ve Kapsam	22
1.2 Yöntem	24
2 MMİİ/TY EĞİTİMİNDE SSG LİTERATÜRÜNÜN SİSTEMATİK BİÇİMDE İNCELENMESİ	27
2.1 Teorik Arkaplan	32
2.2 Araştırma Tasarımı	41
2.3 Literatür İncelemesi Bulguları	45
2.4 Bölüm Tartışması	57
3 MİMARİ TEKNİK ÇİZİM VE DOKUMENTASYON DEĞERLENDİRMESİ İÇİN RUBRİK GELİŞTİRİLMESİ	67
3.1 Teorik Arkaplan	69
3.2 Mimari Tasarımda Teknik Çizim ve Dokümantasyon	72
3.3 Araştırma Tasarımı	77
3.4 Bulgular	79
3.5 Bölüm Tartışması	85
4 SSG-TABANLI UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ	89
4.1 SSG-tabanlı Uygulama 1'in Oluşturulması	92
4.2 Mimari Detay Tasarlama Yöntemleri ve Yapı Ürünleri Sınıflandırmaları	102
4.3 SSG-tabanlı Uygulama 2'nin Oluşturulması	115
4.4 Bölüm Tartışması	122
5 SSG-TABANLI ÖĞRETİM MODELİ UYGULAMASININ TASARLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ	124
5.1 Dört Bileşenli ve On Aşamalı Öğretim Modeli	128
5.2 SSG-Tabanlı Yapı Ürünleri Öğretimini Etkileyen Olası Faktörler	131
5.3 Çalışma Metodolojisi	139

5.4 4B/10A Modele Dayanan Ders Materyali.....	142
5.5 Ölçüm Yöntemleri	147
5.6 Bulgular	152
5.7 Bölüm Tartışması.....	156
6 SONUÇ	165
KAYNAKÇA	175
A Etik Kurulu Raporu	199
B Son Versiyon MTÇ-DPA Formu	200
C Deneylerde Kullanılan Ölçekler	204
TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR	207



SİMGELİSTESİ

k	Kappa değeri
N	Toplam sayı
P_c	Şans anlaşması olasılığı
p	İstatiksel fonksiyon
T	t istatistiği



KISALTMA LİSTESİ

BYT	Bilişsel Yük Teorisi
IVR	Immersive Virtual Reality
İGİ	İçerik Geçerlilik İndeksi
EK	Ekranlı Kask
MMİİ/TY	Mimarlık Mühendislik İnşaat İşletme ve Tesis Yönetimi
MÖBDT	Medya ile Öğrenmenin Bilişsel Duyuşsal Teorisi
MTÇ-DPA	Mimari Teknik Çizim Değerlendirmesi için Dereceli Puanlama Anahtarı
SG-GSÇ	Sanal Gerçeklikte Eylem Öğreniminin Girdi-Süreç-Çıktı Modeli
SKÖ	Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği
SLİ	Sistematik Literatür İncelemesi
SÖBDM	Sarmalayıcı Öğrenmenin Bilişsel-Duyuşsal Modeli
SSG	Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik
WoS	Web of Science
YBM	YBM
4B/10A	Dört Bileşenli ve On Aşamalı Öğretim Modeli

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1	Araştırma süreci şeması.....	26
Şekil 2.1	Sanal gerçeklik türleri.....	28
Şekil 2.2	SSG'de öğrenmenin girdi-süreç-çıktı aşamaları (SG-GSÇ) modeli ([65]'den uyarlama)	39
Şekil 2.3	İnceleme süreci.....	44
Şekil 2.4	Seçilen 79 çalışmanın yayın tipleri ve yayın yılları	45
Şekil 2.5	SSG kullanım durumları için çalışma sayıları	46
Şekil 2.6	Farklı disiplinlerde bir tasarım/inşaat destek aracı olarak SSG	47
Şekil 2.7	Öğrenme teorilerini/modellerini ve türlerinin uygulanma durumu	48
Şekil 2.8	Kullanım durumları için değerlendirilen temel faktörler.....	50
Şekil 2.9	Çalışmaların karma metot kullanım durumları	55
Şekil 2.10	Çalışmaların deneysel desen özellikleri.....	56
Şekil 2.11	MMİİ/TY eğitiminde SSG'nin faydaları ve zorlukları	57
Şekil 3.1	Çizgisel ifade lejantı.....	73
Şekil 3.2	Malzeme temsilinin tarama biçimi örnekleri	74
Şekil 3.3	Ölçülendirmenin yapılma biçimi.....	75
Şekil 3.4	Mimari teknik çizimde yazı niteliği	75
Şekil 3.5	Mimari teknik çizimde referans işaretler ve semboller	76
Şekil 3.6	MTÇ-DPA formundan kriterler için öneri hata-eksik baremi	85
Şekil 4.1	SSG-tabanlı uygulama kullanımı için öneri öğretim kurgusu	91
Şekil 4.2	SSG-tabanlı uygulamanın ilk versiyonunda işlem adımları	93
Şekil 4.3	SSG-tabanlı uygulama 1 ve 2'nin geliştirilme aşamaları	94
Şekil 4.4	Katılımcıların demografik bilgileri ve deney anları	95
Şekil 4.5	SSG-tabanlı uygulama 1'in kullanım akış diyagramı	96
Şekil 4.6	Sanal mekanlar arasında ve sanal mekan içerisinde gezinme.....	96
Şekil 4.7	SSG-tabanlı uygulama 1'de montaj işlemleri	97
Şekil 4.8	SSG-tabanlı uygulama 1 için SKÖ derecelemesi [231]	98
Şekil 4.9	Detay geliştirmenin adımları [24]	103
Şekil 4.10	VDI 2221, 2222 yapı elemanı tasarım yöntemi [26]	104
Şekil 4.11	Yapı elemanı tasarlama prensipleri [233]	105
Şekil 4.12	Mimari detaylandırma yöntemi [27], [199]	106
Şekil 4.13	9+1 adımlı detay tasarım metodu [28].....	107
Şekil 4.14	Yapı ürünleri sınıflandırması [29], [30].....	109

Şekil 4.15 Tip detaylarda fonksiyonel bileşenler [31]	110
Şekil 4.16 Tip detaylarda tamamlayıcı bileşenler [31]	110
Şekil 4.17 Yapı ürünleri sınıflandırması, [29]–[31]’e dayalı yeni sınıflandırma	111
Şekil 4.18 Yapı ürünleri sınıflandırmasında öğeler	112
Şekil 4.19 Yapı ürünleri sınıflandırmasında fonksiyonel bileşenler	113
Şekil 4.20 Yapı ürünleri sınıflandırmasında tamamlayıcı bileşenler	114
Şekil 4.21 Yapı ürünleri sınıflandırmasında detay türleri	114
Şekil 4.22 Yeni yapı ürünlerinin sınıflandırmasının bir uygulaması, [29]–[31]’den uyarlama	115
Şekil 4.23 SSG’de öğretim görevlerinin gerçekleştirildiği sanal öğrenme çevresi.....	117
Şekil 4.24 Arayüz eğitimi sürecinde kullanıcılara öğretilen özellikler	118
Şekil 4.25 SSG-tabanlı uygulama 2’de montaj işlemleri	119
Şekil 4.26 SSG versiyon 2 için SKÖ puan derecelemesi [231].....	120
Şekil 5.1 Literatürdeki eğitimsel amaç sınıflandırmaları [13]–[15]	125
Şekil 5.2 Yapı ürünleri öğretiminde bilgi ve becerinin aktarım süreci	127
Şekil 5.3 Dört-bileşenli öğretim modeli [240].....	129
Şekil 5.4 Deney süreci.....	142
Şekil 5.5 SSG-tabanlı öğretim modeli için yönerge enformasyonları	145
Şekil 5.6 SSG-tabanlı öğretim modeli için tanımlayıcı enformasyon	146
Şekil 5.7 SSG-tabanlı öğretim modelinde grafiksel destek verilme biçimi	147

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1 Mevcut literatür incelemeleri.....	30
Tablo 2.2 MMİİ/TY eğitiminde SSG kullanım durumları.....	33
Tablo 2.3 Veri toplama yöntemleri (Radianti vd. [103]’den adaptasyon)	40
Tablo 2.4 Çalışma odağının anahtar kelimeleri	43
Tablo 2.5 SSG'nin MMİİ/TY eğitimindeki pratik etkileri	63
Tablo 3.1 Durum belirleme ve değerlendirme karşılaştırılması [17]	70
Tablo 3.2 Ön versiyon MTÇ-DPA formu	80
Tablo 3.3 Birinci tur sonuçları	82
Tablo 3.4 İkinci Tur Sonuçları	84
Tablo 4.1 SSG-tabanlı uygulama 1 için SKÖ değerlendirme sonuçları.	99
Tablo 4.2 Nitel veri analizinde ortaya çıkan problemler ve potansiyel çözümler	100
Tablo 4.3 Detay üretim sürecinin 8 aşamalı eylemler dizesi [24]	102
Tablo 4.4 Detay tasarlama yöntemlerinin karşılaştırması.....	108
Tablo 4.5 SSG versiyon 2 için SKÖ değerlendirme sonuçları.....	121
Tablo 5.1 On adımın dört bileşenle modelde tanımlanması [239]	131
Tablo 5.2 Uzamsal Beceri ve Alt Faktörleri	133
Tablo 5.3 SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin 4B / 10A temelinde tasarlanması	142
Tablo 5.4 Kullanılabilirlik ortalama puanları ve standart sapmaları	153
Tablo 5.5 Bilişsel yük düzeyleri ortalama puanları ve standart sapmaları	154
Tablo 5.6 NASA-RTLX ve diğer değerler arasındaki Pearson korelasyon testi	154
Tablo 5.7 Öz-yeterlik ve içsel motivasyon ortalama puan farkları ve standart sapmaları.....	155
Tablo 5.8 Algılanan keyif sıralar ortalaması.....	155
Tablo 5.9 Öğrenme çıktıları ortalama puanları ve standart sapmaları	156
Tablo 5.10 SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretimi için öneriler	157

Mimarlık Eğitiminde Yapı Ürünleri Öğretimi için Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik Sisteminin İncelenmesi: Bir Öğretim Modeli Yaklaşımı

Hasan TAŞTAN

Mimarlık Anabilim Dalı

Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Togan TONG

Birçok uygulamalı alanda olduğu gibi mimarlık eğitiminde de sarmalayıcı sanal gerçeklik (SSG) sistemleri, etkili ve verimli bir öğretim aracı olarak kabul edilmektedir. Ancak SSG uygulamalarının mimarlık eğitime olan etkisine ilişkin kapsamlı kanıtlara ulaşmak için (i) bu sistemlerin mevcut bilimsel çalışmalardaki etkilerini incelemek, (ii) bu incelemeler doğrultusunda kanıta dayalı yeni uygulamalar geliştirmek ve (iii) geliştirilen uygulamaların etkililiğini test etmek önemlidir. SSG uygulamaları mimarlık eğitimi ilişkisindeki güncel durumu ortaya koymak için bu doktora tezi, birden fazla amacı ve yöntemi benimser. Bölüm 2’de öğrenme teorileri/modelleri, ilgili tüm temel faktörler (pedagojik ve teknik faktörler) ve mevcut çalışmaların deneysel tasarımları dahil olmak üzere mimarlık, mühendislik, inşaat, işletme ve tesis yönetimi (MMİİ/TY) alanlarında SSG kullanım durumlarına ilişkin en son bulgular incelenir. SSG üzerine daha somut ve geniş kapsamlı literatür kanıtlarına ulaşmak için bu bölümde literatür incelemesi kapsamına, mimarlık eğitiminin yanı sıra inşai faaliyetleri ilgilendiren mühendislik, inşaat, işletme ve tesis yönetimi alanları dahil edilir. Sistematik literatür

incelemesiyle 2013-2022 yılları arasındaki toplam 79 adet makale ve konferans bildirisi analiz edilir. Bölüm 3'te, mimari teknik çizim ve dokümanların belirli ölçütlere uygun olarak değerlendirilmesine olanak sunan dereceli puanlama anahtarının (rubrik) oluşturulması hedeflenir. Bu bölümde önerilen rubrik, Bölüm 5'te incelenen SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinde öğrencilerin öğrenme çıktılarının nesnel biçimde değerlendirilebilmesine imkan tanımaktadır. Rubrik formunun geliştirilme sürecinde alan uzmanları görüşleri, değiştirilmiş Delphi metodu, açık uçlu sorular aracılığıyla üç türlü bir biçimde değerlendirilir. İki turun sonunda, rubrik formunun son hali sunulur. Bölüm 4'te yapı ürünleri öğretimi için oluşturulan SSG sisteminin teknik açıdan incelenmesi amaçlanır. Bu bölümde, oluşturulan SSG versiyon 1 sisteminin kullanılabilirliği ilgili alan uzmanlarıyla incelenir, ardından literatürdeki mevcut mimari detay tasarlama metotları ve yapı ürünleri sınıflandırmaları doğrultusunda yeni bir yapı ürünleri sınıflandırması sunulur ve sonrasında oluşturulan SSG versiyon 2'nin kullanılabilirlik çalışmaları yine uzmanlarla yürütülür. Her SSG versiyonu için ortaya çıkan bulgular doğrultusunda, SSG sisteminin geliştirme çalışmaları sürdürülür. Bölüm 5'te, SSG uygulamasının teknik yönlerine ek olarak pedagojik etkilerine odaklanılmaktadır. Öncelikle, dört bileşenli ve on adımlı öğretim modeline dayanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin içeriği sunulur. Ardından bu modelin verimliliği, öğrencilerin yüksek ve düşük uzamsal beceri düzeylerine göre kullanılabilirlik faktörü ve bilişsel/duyuşsal faktörler üzerinden araştırılır. Bu bölümdeki bulgulara göre, yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrenciler arasında öğrenme çıktıları açısından anlamlı bir farklılık vardır. Ancak kullanılabilirlik, bilişsel yükler (dışsal, içsel ve etkili bilişsel yük) ve duyuşsal faktörler açısından (içsel motivasyon ve öz-yeterlik ön-test son-test puan farkları ile algılanan keyif) anlamlı bir farklılık yoktur.

Anahtar Kelimeler: Sarmalayıcı sanal gerçeklik; mimarlık eğitimi; uzamsal beceri; yapı ürünleri; bilişsel yük; ölçme ve değerlendirme

Investigation of Immersive Virtual Reality System for Building Products Teaching in Architectural Education: An Instructional Model Approach

Hasan TAŞTAN

Department of Architecture

Doctor of Philosophy Thesis

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Togan TONG

As in many applied fields, immersive virtual reality (IVR) systems are recognized as an effective and efficient instructional tool in architectural education. However, to obtain comprehensive evidence regarding the impact of IVR applications on architectural education, it is important to (i) examine the effects of these systems in existing scientific studies, (ii) develop evidence-based new applications based on these examinations, and (iii) test the effectiveness of the developed applications. This doctoral thesis adopts multiple objectives and methods to present the current state of IVR applications in relation to architectural education. Chapter 2 reviews the latest findings on the use cases of IVR in the fields of architecture, engineering, construction, operation and facilities management, including learning theories/models, all relevant key factors (pedagogical and technical factors) and experimental designs of existing studies. In order to reach a more concrete and wide-ranging literature evidence on IVR, the literature review in this section includes engineering, construction, operation and facility management fields as well as architectural education that are relevant to construction activities. A systematic literature review is conducted, examining a total of 79 articles and conference papers between 2013 and 2022. In Chapter 3, the aim is to create a rubric

that allows the evaluation of architectural technical drawings and documents according to specific criteria. The proposed rubric enables the objective assessment of students' learning outcomes in the IVR-based instructional model on building products discussed in Chapter 5. During the development process of the rubric form, expert opinions are evaluated through a three-round modified Delphi method using open-ended questions. At the end of the two rounds, the final version of the rubric form is presented. Chapter 4 aims to examine the technical aspects of the IVR system developed for building products teaching. In this chapter, the usability of the developed IVR version 1 system is analyzed with relevant domain experts. Then, a new building products classification is presented based on the existing architectural detail design methods and building product classifications in the literature. Subsequently, the usability of the developed IVR version 2 is evaluated with domain experts. In line with the findings of each IVR version, the IVR system is developed further. In Chapter 5, in addition to the technical aspects of the IVR application, the focus is on its pedagogical effects. Firstly, the content of the IVR-based instructional model for building products based on a four-component and ten-step instructional model is presented. Then, the efficiency of this model is investigated through the usability factor and cognitive/affective factors in terms of students' high and low spatial ability levels. According to the findings in this chapter, there is a significant difference between high and low spatial ability students in terms of learning outcomes. However, there is no significant difference in terms of usability, cognitive loads (extraneous, intrinsic, and germane cognitive loads), and affective factors (intrinsic motivation and perceived enjoyment with pre-test and post-test score differences, and perceived self-efficacy).

Keywords: Immersive virtual reality; architectural education; spatial ability; building products; cognitive load; assesment and evaluation

1 GİRİŞ

Birçok uygulamalı alanda olduğu gibi mimarlık alanı da bilgi ve iletişim araçlarındaki son gelişmelerin neden olduğu değişimlerden sürekli etkilenmektedir. Bu süreçte modernizasyon, mimarlık ve inşaat endüstrisinin karşılaştığı en büyük zorluklardan biriydi [1]. Çünkü mimarlık ve inşaat endüstrisi üretim araç ve metotlarını güncel dünyanın ihtiyaçlarına adapte etme çabalarına başladı. Bu çabalar, sadece pratik üretimde değişimlere sebep olmamış aynı zamanda endüstrinin eğitim alanında da değişimlere sebep oldu. Modernizasyonun ortaya çıkardığı yeniliklere cevap verebilmek için, mimarlık eğitiminde École des Beaux-Arts ve Bauhaus ekolü olmak üzere iki ayrı anlayış ortaya çıktı. Dünyadaki birçok mimarlık okulunun hala yaygın olarak kabul ettiği bu geleneksel anlayışlarda tasarım stüdyoları eğitimin merkezinde yer alır ve bu tasarım stüdyolarında, yaparak öğrenme (learning-by-doing) ve deneyimsel öğrenme (experiential learning) metotları eğitim sürecinde sıklıkla uygulanır [2]. Bu tasarım stüdyolarına ek olarak, 1960'larda vaka problemi modeli, analogik model ve etkileşimli model gibi alternatif stüdyo modelleri ile 1990'larda eleştirel sorgulama ve süreç odaklı tasarım pedagojisinin ortaya çıkmasına rağmen; mevcut tasarım öğretim yaklaşımları, geleneksel Beaux-Arts ve Bauhaus modellerinin etkisi altında geliştirilen ilke, kural ve uygulamaları takip etmeye devam etmektedir [3], [4]. Mimarlık eğitiminde yaygın olarak uygulanan bu yaklaşımlarda, eğitmenin bireysel görüşleri ya da kendi deneyimsel bilgisi ağırlık kazanmaktadır. Fakat bu durum, eğitim bilimleri alanındaki güncel bilimsel yaklaşımlar açısından tartışmalıdır.

Mimarlık eğitiminde önemli şekilde yer bulan yaparak öğrenme ve deneyimsel öğrenme yöntemleri, teorik düzeyde davranışsal [5] ve yapılandırmacı [5] [6] öğretim teorilerinin eksenindeki yöntemleri barındırır. Davranışsalcılık, öğrenme çıktılarının önemine odaklanır ve pekiştirmeyi takip eden tepkilerin gelecekte tekrarlanma olasılığının daha yüksek olduğunu belirtir [5]. Bu teoriye göre, öğrenenin kendisi ve çevresel faktörler önemli kabul edilse de çevresel koşulların önemi daha çok vurgulanır. Yapılandırmacılığa göre ise, öğrenenler bilgiyi dış dünyadan hafızalarına aktarmazlar; bunun yerine kişisel deneyimlere ve etkileşimlere dayalı olarak dünyadaki olguların bireysel yorumlarını oluştururlar

[5]. Bu nedenle bir öğrenme alanındaki gerçekçi görevlerin önemi oldukça büyüktür. Yapılandırmacılık farklı alanlarda (i) probleme dayalı, (ii) projeye dayalı ve (iii) sorgulamaya dayalı öğrenme modelleriyle uygulanmaktadır [6]. Bu teorilerin yanı sıra bilişsel teoriler, öğrencilerin öğrenme süreçlerinin kavramsallaştırılmasına odaklanır ve bilginin zihin tarafından nasıl alındığı, organize edildiği, saklandığı ve geri çağrıldığı konularına atıfta bulunur [5]. Bilişsel yaklaşımlar, öğrenenin zihinsel aktivitelerine ve sürecin kendisine odaklanır. Davranışsalcılık ve yapılandırmacılık, öğrencide yeni yerleşik bilgi oluşturmak için onların benzersiz önceki deneyimlerinden ve öğrenme stillerinden yararlanarak kılavuzsuz veya minimal düzeyde kılavuzlu öğretim yaklaşımları sunar [7]. Üstelik bu teoriler, insanın bilişsel mimarisini oluşturan yapıları ve son yarım yüzyıldaki ampirik çalışmalardan elde edilen kanıtları açık şekilde incelemeler [7], [8]. Diğer yandan bilişselci teoriler [9] ve ona dayalı metotlar (örneğin dört bileşenli/10 aşamalı metot [10]) insan bilişsel mimarisini deneysel yöntemlerle incelerler. Ancak bu deneysel bulgulara dayanan teori ve metotlar, mimarlık eğitiminde kendine yeterince yer bulamamaktadır.

Bir diğer problem olarak mimarlık bilgisinin yapısı, aktarım ve değerlendirme biçimlerinden bahsedilebilir. Mimarlıkta açık yani belirli bir sistematik ve nedensellik ilişkisi içerisinde olan bilgi türünün yerine örtük [11], [12] yani karşı tarafa aktarılması ve bireysel düzeyde kalan bilgi türünün ağırlık kazanması, tasarım eğitiminin bütüncül ve değerlendirilebilir metotlarla yürütülmesi açısından durumu problemli hale getirir. Örtük bilgi, sembolize edilebilmesi için tam olarak dil kullanımının yeterli olmadığı bilgi türüdür. Problem çözme için gerekli yaratıcılık, duyguların herhangi bir biçimde karşı tarafa aktarımı gibi birtakım faaliyetlerde bilgi tam olarak sembolize edilemez. Açık olan bilgi türü ise akademik üretime yönelik olan, belirli bir sistematik içerisinde aktarılabilen ve test edilebilen disiplinel bilgiyi kapsar. Bu bilgi türü mimarlığın fen bilimleri ve sosyal bilimler ile etkileşimini de sağlayan bilgi türüdür. Bu bilgi türlerini daha detaylı biçimde kavrayabilmek için bilginin kendisi ve onunla ilişkili aktivitelerin tanımlandığı eğitimsel amaç sınıflandırmaları incelemek gerekir. 1950’li yıllardan itibaren, eğitim birçok alanda yönünü eğitici-odaklı olmaktan öğrenci-odaklı olmaya ve açık bilginin ölçülebildiği tarafa çevirdi. Eğitici-odaklı öğretimde, eğiticinin bireysel odaklı düşünceleri önemli iken, öğrenci-odaklı öğretim ölçülebilir amaçlı ve sonuç

odaklıdır. Bu öğrenci-odaklı öğretim için eğitim bilimleri alanında farklı eğitimsel amaç sınıflandırmaları yapıldı [13]–[15]. Eğitimsel amaçlar üzerine yapılan ve eğitimle ilgili bilimsel çalışmalarda sıklıkla değinilen üç sınıflandırma incelendiğinde [13]–[15], her biri önceki sınıflandırmaları detaylandırarak yeni bir sınıflandırma geliştirdiler. Bu sınıflandırmalar genel olarak, gerekli hedeflere uygun biçimde eğitim görevlerini parçalara ayırır ve öğrenme hedefleri doğrultusunda parça-görevlerin her biri için istenen sonuçları sınıflandırılan öğrenme hedeflerinde tanımlarlar [16]. Özetle bu üç sınıflandırmanın ana amacı, bilgi/becerin türlerine, kullanım süreçlerine (bildirimsel, prosedürel bilgiler ve psikomotor beceriler) odaklanmaları ve öğrenenin bu bilgileri nasıl kazanacağını genel bir yapısını sunmalarıdır. Bu sınıflandırmalar doğrultusunda mimarlık eğitimi incelendiğinde, öğretim metotlarının kullanımı ve geliştirilmesinin yanı sıra öğretim amaçları doğrultusunda öğrenim kazanımlarının değerlendirilmesi konularında kısıtlılıklar bulunmaktadır. Mimarlık eğitiminin açık nedensel bilginin yerine örtük bilginin merkezinde şekillenmesinden ve sistematik öğretim metotların yetersizliklerinden dolayı, mimarlık eğitimindeki farklı konuların öğretilmesinde nesnel değerlendirme yöntemlerini inceleyen [17]–[20] nispeten az sayıda çalışma bulunmaktadır.

Tüm bunlara ek olarak, mimarlık okullarındaki tasarım stüdyosu eğitimi, gerçek yapıyı çevrenin sorunlarından soyutlanmakta ya da doğrudan inşaat sektörünün beklentilerine yönelik yaklaşımlara yönelmektedir [21]. Ancak mimarlık eğitimi ne sadece soyut formları ne de sadece inşai faaliyetleri üretme alanıdır [22]. Bu nedenle mimarlık eğitiminde iyi yapılandırılmış tasarım problemlerinin ve nihai ürün olan yapıyı çevre oluşturma çabasındaki birçok aşamanın bütüncül şekilde ele alındığı bilimsel kanıtlara dayanan öğretim metotlarının tasarlanması önemlidir. Örneğin medikal eğitimi, programlama eğitimi gibi uygulamalı alanlarda, alanın otantik yapısının incelendiği ve bunun sonucunda öğrenenin bilişsel yapısına uygun otantik öğretim metotları geliştirilme çabası vardır [16]. Bu otantik metotlar, ilgili alanlardaki eğitim sürecinin alana özgü yöntemlerini geliştirmek için profesyonel yaşamdaki gerçek görevlere dayalı yaklaşımlar geliştirmektedir. Mimarlık okullarında çoğunlukla form üretme biçimine odaklanırken diğer yandan profesyonel mimari pratiğin nihai ürünü olan yapı ya da benzeri ürünlerinin güncel yöntemlerle inşai üretim süreçleri gelişmeye devam etmektedir [23]. Literatürde

inşai üretim süreçlerinin nesnel biçimde öğretilmesine imkan tanıyabilecek mimari detay tasarlama yöntemleri [24]–[28] ve yapı ürünleri sınıflandırmaları [29]–[31] bulunmaktadır. Fakat bunların mimarlık eğitimiyle profesyonel pratiğin ihtiyaçlarını bir arada ele alan kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır [31]. Bu nedenle soyut tasarım evresinden yapıli çevrenin üretilmesine kadarki birçok aşamanın öğretilmesinde profesyonel yaşamdaki gerçek görevlere dayalı bütüncül, metodolojik ve pedagojik yöntemlere ihtiyaç olduğu açıktır.

Son olarak, teknoloji araç ve yöntemlerinin mimarlık eğitimindeki rolünden bahsetmek gerekir. Mimarlık eğitiminde, teknoloji araç ve yöntemlerinin kullanılma biçimleri tasarım sürecinde teknolojinin destek araçları olarak kullanılması ve çoklu medyalarda öğretim metotlarının uygulanması olarak iki başlıkta incelenebilir. Farklı teknoloji araçları kullanılarak nesnel amaçlı tasarım metotları uygulama çabaları, mimarlıkta kısıtlı bir biçimde hesaplamalı tasarım alanında kendisine yer bulmaktadır. Ancak hesaplamalı tasarım alanında, teknolojinin hızlı gelişiminden kaynaklı tasarım metotlarının tanımlanması ve lisans müfredatına dahil edilmesi konularında problemler bulunur. Parametrik, üretken ve algoritmik tasarım gibi kavramlar ve bu kavramlara yönelik metotlar hala tanımlanmaya çalışılmaktadır [32]. Dahası, hesaplamalı tasarım derslerinin ya da yöntemlerinin mimarlık eğitimi müfredatında nasıl yer alabileceği da net değildir [33]. Seniz mimarlık müfredatındaki temel özelliği eleştirel düşünme ve normların sorgulanması olan matematik derslerinin, akademik toplum tarafından göz ardı edildiğinden bahsetmektedir [34]. Teknoloji yöntemlerinin çoklu medyalarda öğretim metotlarını destekleyen uygulamalar incelendiğinde ise sarmalayıcı teknolojilerin eğitime entegrasyonu çabalarının çok daha yeni bir konu olduğu görülmektedir. Son yıllarda sarmalayıcı sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik gibi sarmalayıcı teknolojiler birçok alanda olduğu gibi mimarlık eğitiminde de kullanım alanı bulmaya başlamıştır [35]. Bu sarmalayıcı teknolojiler, farklı öz-nitelikleri ve sağladıkları olanaklılıkla mimarlık eğitimindeki birtakım problemlerin çözümünde farklı imkanları sunabilir. Dahası, bu sarmalayıcı teknolojilerin deneysel bulgulara dayanan öğretim teori ve modelleriyle entegrasyonu, bu araç ve metotların mimarlık eğitimindeki kullanım verimliliğini artırarak nesnel bir eğitim sürecini ortaya çıkarabilir. Çeşitli kanıtlara dayanan öğretim teorileri ve modelleri, öğrenme stratejilerinin etkililiğine oldukça önem

verir. Eğitim bilimleri alanında, bilişsel yük teorisi (BYT) [9], medya ile öğrenmenin bilişsel-duyuşsal teorisi (MÖBDT) [36] ve sarmalayıcı öğrenmenin bilişsel-duyuşsal modeli (SÖBDM) [37] gibi öğrenme teorileri/modelleri, farklı eğitim alanlarına yön gösterecek şekilde çoklu medya araçlarının eğitimdeki rolünü deneysel bulgularla ve bilişsel, duyuşsal ve kullanılabilirlik faktörleriyle incelerler. Ancak tüm bu teori ve modellerin deneysel bulguları, mimarlık eğitime yaygın bir şekilde yansımamaktadır. Ummihusna ve Zairul [38]'un sarmalayıcı teknolojilerin mimarlık eğitiminde kullanımıyla ilgili literatür incelemesi çalışması, çok az sayıda çalışmanın eğitim teorileri ve modellerini temel aldığını gösterir.

Yukarıda tartışılan ve mimarlık eğitimi üzerine yapılan farklı eleştiriler doğrultusunda ortaya çıkan problemler ve ihtiyaçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Mimarlık eğitiminde yapılandırmacı ve davranışsal öğrenme teorilerinin baskın olması ve bu teorilerin öğrenme kazanımı için ampirik kanıtlarındaki kısıtlılıkları
- Bilimsel kanıtlara dayanan eğitim teorileri ve metotlarının mimarlık eğitiminde kendine yeterince yer bulamaması
- Mimarlık eğitiminin, açık nedensel bilginin yerine örtük bilginin merkezinde şekillenmesi
- Mimarlık eğitiminde örtük bilgiye ağırlık verilmesi ve sistematik öğretim metotları yetersizliklerinden dolayı nesnel değerlendirme yöntemlerinin oluşturulmasındaki kısıtlılıklar
- Soyut tasarım evresinden yapılı çevrenin üretilmesine kadar olan aşamaların öğretilmesinde profesyonel yaşamdaki gerçek görevlere dayalı bütüncül, metodolojik ve pedagojik yöntemlere olan ihtiyaç
- Hesaplamalı tasarım alanında teknolojinin hızlı gelişiminden kaynaklı kavramsal tanımlamanın sürmesi ve bu alanın lisans müfredatına dahil edilmesi konularında problemler
- Sarmalayıcı teknolojilerin mimarlık eğitiminde verimli biçimde yer almasına etki edebilecek çoklu medya teori ve modellerinin ilgili mimarlık araştırmalarında yer verilmemesi

Tüm bunlar, birçok okulda bilimsel kanıtlara dayanan evrensel bir mimarlık eğitime engel oluşturmaktadır. Mimarlık eğitimi programlarının güncel eğitim

stratejilerine uygun ve etkili hale getirilebilmesi için tüm derslerin eğitim bilimlerindeki metodolojik yaklaşımlara ve tasarım metodolojilerindeki araştırmalara uygun olarak verilmesi gerekmektedir.

Bu tezin diğer bölümlerinde, SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin oluşturulabilmesi için birbiriyle ilişkili bir dizi aşama bulunmaktadır. Çalışmanın ikinci bölümünde SSG-tabanlı önceki çalışmalardaki faydaları ve zorlukları belirlemek için sistematik literatür incelemesi yürütülür. Bu literatür incelemesiyle mimarlık eğitimindeki SSG uygulamalarını ilgilendiren teknik ve pedagojik faktörlerin tespiti yapılır. Literatür incelemesi sürecinde, SSG uygulamalarıyla ilgili daha genel bulgulara ulaşmak için literatür incelemesinin kapsamı mimarlık eğitiminden mimarlık, mühendislik, inşaat, işletme ve tesis yönetimi (MMİİ/TY) eğitimine genişletilir.

İkinci bölümdeki literatür incelemesi sonucundaki mevcut bulgular, SSG uygulamalarında öğrenme performansının değerlendirilmesi için nesnel veri değerlendirme yöntemlerine olan ihtiyacı göstermektedir. Bu nedenle, çalışmanın üçüncü bölümünde SSG uygulaması sonrasında mimarlık öğrencilerinin öğrenme çıktılarını objektif biçimde değerlendirebilmek için bir dereceli puanlama anahtarı (rubrik) geliştirilir. Bu dereceli puanlama anahtarı, SSG uygulamasıyla sunulan eğitim sonrasında ilgili yapı ürünleri konusunun öğrenci tarafından ne derece öğrenildiğini belirlemede teknik çizimin niteliğini değerlendirmek için kullanılır.

Çalışmanın dördüncü bölümü, SSG-tabanlı sanal öğrenme ortamının etkili biçimde oluşturulma süreçlerini kapsamaktadır. Yapı ürünleri öğretimi için oluşturulan bu sanal öğrenme ortamının tasarlanma sürecinde, ikinci bölümdeki literatür incelemesindeki mevcut teknik bulgular, insan-bilgisayar etkileşimi ve çoklu ortamda öğrenme alanlarındaki kullanılabilirlik faktörlerine uygunluk göz önünde bulundurulur.

Çalışmanın beşinci bölümünde, SSG-tabanlı uygulamanın öğretim tasarımı ilkelerine uygun biçimde sunulabilmesi için eğitim teori ve modellerine dayalı bir öğretim metodu belirlenir. Dört bileşenli ve on adımlı bu metoda dayalı olarak SSG-tabanlı öğretim uygulamasının içeriği sunulur. Ardından bu öğretim uygulamasının, yarı deneysel bir desende öğrencilerle deneyleri yürütülür. Bu deney sürecinde araştırılan ilgili pedagojik ve teknik faktörler, ikinci bölümdeki sistematik literatür

incelemesindeki bulgular doğrultusunda belirlenir. Deney sürecinin son aşamasında, öğrencilerin deney sonrasındaki yaptıkları teknik çizimin değerlendirmesi üçüncü bölümde geliştirilen dereceli puanlama anahtarıyla (rubrik) yapılır.

Tezin beşinci bölümünde ise önceki bölümlerdeki deneysel bulgular, önceki literatür bulgularıyla tartışılarak değerlendirilir. Ayrıca bu bölümdeki tartışma, SSG-tabanlı gelecek çalışmalarda incelenmesi gereken teknik ve pedagojik faktörler açısından yol gösterici olmayı hedefler.

1.1 Amaç ve Kapsam

Bilim ve teknolojiye artan ivmelenme sonucunda birçok alan, insanlığın yeni ihtiyaçlarına karşılık aramaya devam etmektedir. Son zamanlarda mimarlık alanı da bu ihtiyaçların karşısında yenilikçi teknolojilere sürekli olarak maruz kalmaktadır. Bunlardan biri olan sarmalayıcı teknolojiler (sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve genişletilmiş gerçeklik), mimarlık alanı tarafından kabul gören ve gelişmeye devam eden araçlardır. Mimarlık alanı bu teknolojileri, profesyonel pratiğinin yanı sıra eğitim uygulamalarına dahil etmektedir. Bu sarmalayıcı teknolojiler arasında, sarmalayıcı sanal gerçeklik (SSG) araçları diğer türlere göre daha fazla görsel konfor, etkileşim deneyimi [39], sarmalayıcı etki [40], mesafe algısı [41] ve bulunuşluluk [42] sunar. Sarmalayıcı sanal gerçeklik araçları bir önceki bölümde ele alınan mimarlık eğitimindeki problemler ve ihtiyaçlar karşısında uygulamalı konuların pratik biçimde ve tehlikesiz ortamda tekrarlarla öğretilmesi (örneğin inşai montaj süreçleri), gidilmesi zor yerlerdeki yapıların etkileşimli biçimde deneyimlenmesi (uzak bir yerdeki yapının öğrenci tarafından analiz edilmesi) vb. konularda farklı olanaklılıkları sunabilir. Ancak SSG araçlarının oldukça yeni bir teknoloji olmasından dolayı (ör. Oculus Rift™ dk1'in 2013'te kullanıma sunulması) bu teknolojinin eğitimde verimli şekilde yer alabilmesi için bilimsel kanıtlara ihtiyaç vardır.

Eğitimde dijital araçların araştırılması yeni bir konu değildir. Çoklu medyada eğitim araştırmaları on yıllardır, dijital öğrenme araştırmalarına ilişkin, bilişsel yük teorisi (BYT) [9], medya ile öğrenmenin bilişsel-duyuşsal teorisi (MÖBDT) [36] ve sarmalayıcı öğrenmenin bilişsel-duyuşsal modeli (SÖBDM) [37] gibi teori ve modeller birbirlerinden edindikleri mirasla çalışmalarını sürdürmektedir. Tobias

vd. [43] sanal ortamların eğitim ve öğretimdeki kullanımıyla ilgili araştırmaları dört kategoride ele almışlardır: (1) öğretimsel bir yaklaşımda yer alan belirli bir taktik veya özelliğin (örneğin sözlü geri bildirim, fotoğraf gösterimi) yokluğu veya varlığı nedeniyle öğrenme üzerindeki etkileri değerlendiren katma değerli araştırma; (2) farklı öğretim stratejilerinin öğrenme üzerindeki etkisini karşılaştıran öğretim stratejisi araştırması (örneğin, derse karşı oyun); (3) bir öğretim yaklaşımının etkilerini kendi başına değerlendiren bilişsel etkiler araştırması (örneğin, oyun ile öğretim yok); ve (4) kişisel bir özellik (örneğin, cinsiyet, bilgisayar oyunu oynama sıklığı) ile bazı ilgi yeterlikleri arasındaki ilişkiyi ölçen korelasyonel araştırma. Bu dört kategoriye ek olarak, sarmalayıcı teknolojilerin kullanılabilirliği grafiksel arayüz kontrolü, etkileşim araçları ve gezinme gibi özelliklerle on yıllardır araştırılmaktadır [44], [45]. Bu tez çalışması, SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin oluşturulabilmesi için sistematik literatür incelemesi, kullanılabilirlik, öğretim metodu tasarlama ve korelasyonel yönleri içeren bir araştırma türünü amaçlar. Bu doğrultuda, tezin amaçlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- Mimarlık, mühendislik, inşaat, işletme ve tesis yönetimi (MMİİ/TY) eğitiminde mevcut SSG kullanımlarının sistematik bir biçimde incelenmesi
- Yapı ürünleri öğretiminde mimari teknik çizim değerlendirmesi için dereceli puanlama (rubrik) anahtarının (MTÇ-DPA) uzman görüşleri doğrultusunda, değiştirilmiş Delphi metodu [46]–[48] ve nitel analiz yöntemleriyle geliştirilmesi
- İnsan-bilgisayar etkileşimi, eğitim teknolojileri, çoklu ortamda öğrenme ve mimarlık alanlarının kesişiminde mimarlıkta yapı ürünleri öğretimi için SSG-tabanlı uygulamanın tasarlanması ve kullanılabilirliğinin incelenmesi
- Dört bileşenli ve on adımlı öğretim modeline [10] dayanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin oluşturulması
- Oluşturulan bu öğretim modelinin verimliliğinin farklı pedagojik faktörler ve kullanılabilirlik faktörleriyle incelenmesidir.

Yukarıda belirtilmiş olan amaçlara uygun biçimde çalışmanın kapsamı, mimarlık eğitiminin önemli konularından birisi olan yapı ürünleri öğretimi için SSG-tabanlı bir öğretim modelini bilimsel bulgular ışığında oluşturmaktır. Çalışmanın geri kalan kısmında, Bölüm 2’de önce sistematik literatür incelemesi gerçekleştirilir. Bu

sistemantik literatür incelemesi SSG’de öğrenmenin girdi-süreç-çıkı aşamaları (GSÇ-SSG) modeline [49] göre yapılmaktadır. Bu literatür incelemesi, 79 adet önceki makale ve bildirinin deneysel bulgularındaki potansiyelleri ve sınırlılıkları belirlemeye yöneliktir. Bölüm 3’te bu çalışma kapsamında tasarlanacak öğretim modelinin verimlilik etmenlerinden birisi olan öğrencilerin öğrenme performansını test etmek amacıyla mimari teknik çizim değerlendirmesi için dereceli puanlama (rubrik) anahtarı oluşturulur. Bu dereceli puanlama anahtarının kriterleri, literatürdeki mevcut çalışmalarda belirtilen [24], [50], [51] analizlere dayanır. Ardından bu kriterler, 13 alan uzmanının (akademisyen) görüşleri doğrultusunda geliştirilir. Bölüm 4’te SSG-tabanlı uygulama versiyon 1’in kullanılabilirliği 8 alan uzmanı, versiyon 2’nin kullanılabilirliği 12 alan uzmanı ile sistem kullanılabilirlik ölçeği [52] ve nitel analiz yöntemleriyle incelenir. Bölüm 5’te, oluşturulan SSG-tabanlı öğretim modeliyle bir ters teras çatı-duvar bileşim detayı örneği, çeşitli detay tasarımı kaynaklarına [24], [53]–[55] göre hazırlanır. Bu öğretim modeli, önce pilot testte 3 sonrasında yarı deneysel bir yapıda 32 mimarlık öğrencisiyle test edilir.

1.2 Yöntem

SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin geliştirilmesine yönelik bu çalışmanın süreçleri Şekil 1.1’de özetlenmiştir. Çalışma “ilgili literatürün sistemantik biçimde incelenmesi”, “mimarlıkta teknik çizim ve dokümantasyon değerlendirme için rubrik geliştirme”, “SSG-tabanlı uygulamanın geliştirilmesi ve analizi”, “SSG-tabanlı öğretim modeli uygulamasının tasarlanması ve değerlendirme” olmak üzere dört temel modülden oluşmaktadır. Araştırmanın yöntemi insan-bilgisayar etkileşimi, eğitim teknolojileri, çoklu ortamda öğrenme modelleri ve mimarlık alanlarının kesişiminde geliştirilmiştir.

Birinci aşamada literatür incelemesi sistemantik bir yöntemle gerçekleştirilir. İlgili literatür incelemesi, mimarlık, mühendislik, inşaat, işletme ve tesis yönetimi (MMİİ/TY) eğitiminde SSG uygulamalarının kullanımına odaklanır. SSG kullanımı için literatür incelemesinde kapsam, mimarlık eğitiminden MMİİ/TY eğitime genişletilerek bu teknolojinin etkileri daha geniş bir çerçevede analiz edilir. Sistemantik literatür incelemesi, sanal gerçeklikte öğrenmenin girdi-süreç-çıkı aşamaları (SG-GSÇ) modelinden [49] adapte edilmiş olan metodolojiyle

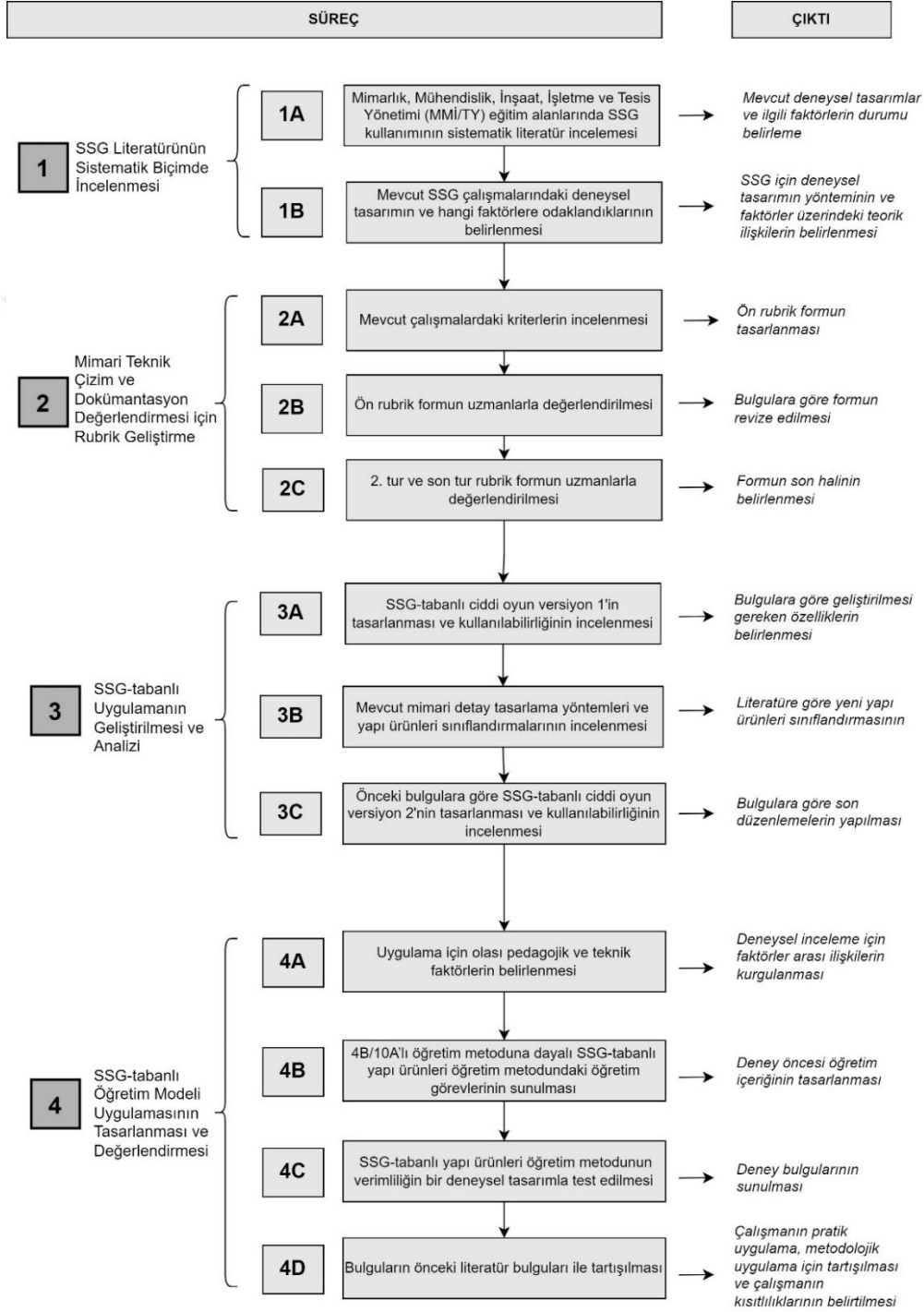
SSG'nin teknolojik özellikleri, SSG'nin sunduğu olanaklılık, bilişsel/duyuşsal faktörler, öğrenme alanı, kullanılabilirlik ve yan etkiler faktörlerine odaklanır. Sistematik İncelemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri kılavuzuna [56] uygun olarak 2013 ve 2022 yılları arasındaki 79 adet makale ve konferans bildirisi incelenir. Bu bölümdeki bulgulara, mevcut çalışmalarda deneysel tasarımın durumuna ve çalışmaların inceledikleri faktörlere odaklanılır. Bu bölümdeki tartışma, SSG-tabanlı sistemin tasarlanması ve SSG-tabanlı öğretim metodunun verimliliğinin incelenmesinde deneysel tasarımların içeriği ve odaklanması gereken faktörler konularında yol göstericidir.

İkinci aşamada, mimari detay oluşturma üzerine mevcut çalışmalarda belirtilen [24], [50], [51] kriterler doğrultusunda mimari teknik çizim değerlendirmesi için dereceli puanlama (rubrik) ön formu oluşturulur. Bu ön form değiştirilmiş Delphi metodu [46]–[48] ve açık uçlu sorular aracılığıyla 13 alan uzmanının (akademisyen) görüşleri doğrultusunda üç türlü biçimde geliştirilir. Bu dereceli puanlama anahtarı, çalışmanın dördüncü aşamasındaki, SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin deneysel uygulamasında öğrencilerin öğrenme performanslarının değerlendirilmesine katkı sağlar.

Üçüncü aşamada, öncelikle SSG'de yapı ürünleri öğretimine odaklanan önceki çalışmalar doğrultusunda öğrenciye geri besleme sağlayan ve öğrenciyi yönlendiren SSG-tabanlı uygulama versiyon 1'in tasarım süreci ve kullanılabilirliği akademisyenler ve profesyonel mimarlardan oluşan alan uzmanlarıyla incelenir. Bu bulgular ışığında SSG sisteminin versiyon 2, mimari detay tasarlama yöntemleri [24]–[28] ve yapı ürünleri sınıflandırmaları [29]–[31] temel alınarak tasarlanır. Tasarlanan SSG sisteminin versiyon 2'nin kullanılabilirliği yine alan uzmanlarla incelenir.

Dördüncü aşamada, SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeli uygulaması ve değerlendirmesi için etki edebilecek olası faktörler, birinci aşamadaki incelemelerin katkısıyla belirlenir. Bu faktörler uzamsal beceri, bilişsel yük, duyuşsal faktörler (içsel motivasyon, öz-yeterlik ve algılanan keyif), öğrenme çıktıları ve kullanılabilirlik olmak üzere beş ana başlıkta toparlanır. Sonrasında, SSG-tabanlı öğretim metodolojisindeki öğretimsel görev dizgeleri ise 4B/10A'lı öğretim metodunda belirtilen öğretim görevleri (bileşen 1), destekleyici bilgiler (bileşen 2), prosedürel enformasyon (bileşen 3) ve kısmi görev uygulamaları

(bileşen 4) bileşenleri [10] temelinde oluşturulan bir senaryoda belirtilir. Ardından öğretim modelinin verimliliği ve belirlenen faktörlerin ilişkileri deneysel bir çalışmada test edilir. Sonrasında çalışmanın bulguları önceki literatür bulgularıyla pratik uygulama, metodolojik uygulama için tartışılır ve çalışmanın kısıtlılıkları belirtilir.



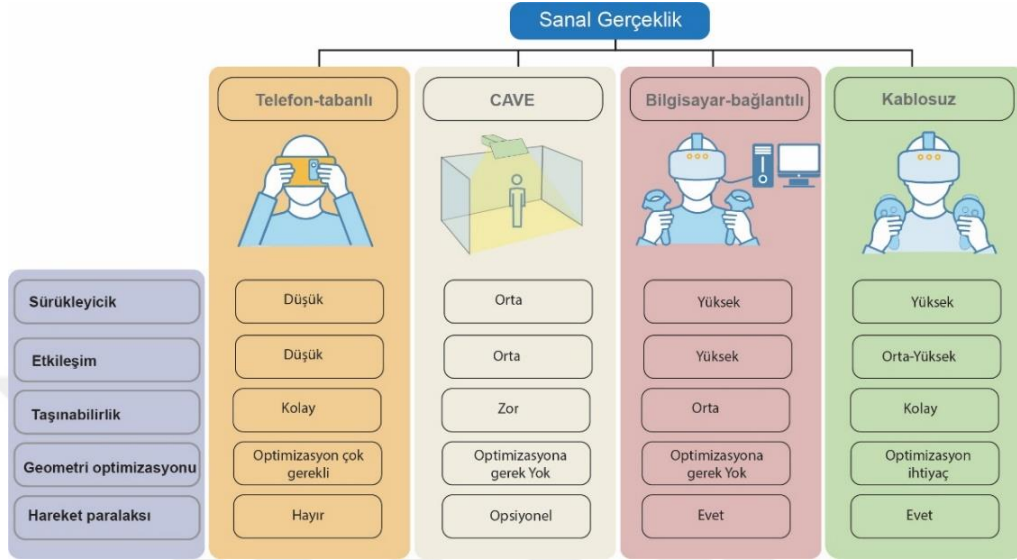
Şekil 1.1 Araştırma süreci şeması

MMİİ/TY EĞİTİMİNDE SSG LİTERATÜRÜNÜN SİSTEMATİK BİÇİMDE İNCELENMESİ

Son yıllarda mimarlık, mühendislik, inşaat, işletme ve tesis yönetimi (MMİİ/TY) endüstrisi, sarmalayıcı teknolojileri profesyonel uygulamaların yanı sıra eğitim uygulamalarına da hızla dahil etmektedir. Bu endüstri, sanal ortamların olanaklılıklarından yararlanmak için eğitim uygulamalarını sanal gerçekliğe ve diğer sarmalayıcı teknolojilere uyarlamaya çalışmaktadır. Bu uyarlama sürecinde sarmalayıcı teknolojilerin MMİİ/TY eğitimi üzerindeki etkisini anlamak oldukça önemlidir. Çünkü bu alandaki eğitimcilerin, öğrencilere en güncel dijital becerileri sağlamak ve öğrencilerin hızla değişen ortamda daha geniş beceriler geliştirme yeteneklerini teşvik etmek için müfredatlarını güncelleme sorumlulukları bulunmaktadır [57]. Bu güncel teknolojilerin MMİİ/TY alanlarına adaptasyon süreci, geleceğin profesyonel çalışanı olacak öğrenciler için özellikle gereklidir. MMİİ/TY endüstrisindeki eğitim araştırmaları, sanal gerçekliğin özgün karakteristiklerini sanal ortamlardaki kullanıcı deneyimleri aracılığıyla incelemektedir. Günümüzde, sanal gerçeklikte iki tür sanal ortam bulunmaktadır (Şekil 1): (i) monitör veya diğer iki boyutlu ekranlarda (telefon-tabanlı sanal gerçeklik) bilgisayar grafiklerini kullanan düşük sarmalayıcı sanal gerçeklik; ve (ii) başa takılan ekranlı kasklar (EK) ya da Cave automatic virtual environment (CAVE) gibi kullanıcıyı çevreleyen cihazların geliştirilmesiyle ortaya çıkan yüksek sarmalayıcı sanal gerçeklik (SSG) [58]. EKların gelişmiş görsel kalitesi ve uygun fiyatlı olması durumu (örneğin, 2013 yılında Oculus Rift™ dk1'in piyasaya sürülmesi) MMİİ/TY'de eğitim araştırmalarının artan popüleritesine katkıda bulunmaktadır.

Bu son teknoloji ürünü EK'ların kablosuz ve PC-bağlantılı olmak üzere iki biçimi bulunmakta ve bunlar sürekli olarak geliştirilmektedir [59]. Bu EK'lar CAVE ile karşılaştırıldığında fiziksel ve teknik açılardan daha etkilidir. İlk olarak, bu EK'lar daha uygun fiyatlı, taşınabilir ve bakımı daha kolaydır [60]. İkinci olarak, son teknoloji EK'lar hareket paralaksına sahiptir. Hareket paralaksı, sanal bir nesnenin konumunun farklı bir noktadan bakıldığında değişmesi durumunda oluşur; ancak

CAVE’de bu etki kullanıcının tercihine bağılı olarak sisteme eklenebilir [61]. Kısacası, son teknoloji EK’lar CAVE veya telefon tabanlı sanal gerçeklikten daha yüksek görsel konfor, etkileşim deneyimi [39], sarmalayıcı etki [40], mesafe algısı [41] ve bulunuşluluk [42] sunar (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Sanal gerçeklik türleri

Sanal gerçekliğin eğitimde kullanım durumuna daha genel bir çerçeveden bakıldığında, öğretim teknolojisi ve eğitim psikolojisi alanları sanal gerçeklik türlerini ve bunların eğitim amaçlı gelişim süreçlerini analiz etmek için öğrenme teorilerini/modellerini uygularlar. Bilişsel yük teorisi (BYT) [9], medya ile öğrenmenin bilişsel-duyuşsal teorisi (MÖBDT) [36] ve sarmalayıcı öğrenmenin bilişsel-duyuşsal modeli (SÖBDM) [37] gibi öğrenme teorileri/modelleri, sanal gerçekliği farklı iç ve dış faktörler üzerinden değerlendirirler. Ayrıca bu modellere dayanan sanal gerçeklikte eylem öğreniminin genişletilmiş girdi-süreç-çıktı modeli (SG-GSÇ) [49], eylem öğrenimi bağlamında rol oynayabilecek farklı faktörlere daha genel bir bakış açısı kazandırır. Bu öğrenme teori ve modellerinin tümü, farklı disiplinler için SSG-tabanlı uygulamalara ilişkin genel ve ampirik bulgular sunmaktadır. Sarmalayıcı teknolojiler, bu teoriler/modeller aracılığıyla teknolojik özellikler/olanaklıklar, bilişsel/duyuşsal faktörler, öğrenme çıktıları ve deneysel araştırma tasarımı gibi temel faktörler açısından kapsamlı bir şekilde incelenmektedir. Bu teoriler/modeller, etkili bir öğrenme stratejisi belirlemek ve temel faktörler arasındaki ilişkileri anlamak için rehber niteliğindedir. SSG ile ilgili tüm temel faktörlerin ve bunlar arasındaki ilişkilerin öğrenme teorileri/modelleri aracılığıyla analiz edilmesi, MMİİ/TY eğitimi için farklı fırsatlar sunmaktadır.

Kapsamlı bir analiz, etkili ve verimli SSG-tabanlı talimatların geliştirilmesinin yanı sıra gelecekteki SSG uygulamalarının pratik ve hızlı tasarımı için gereklidir. Bu bağlamda, MMİİ/TY eğitiminde SSG'yi analiz eden toplam yedi sistematik literatür incelemesi (SLİ) bulunmaktadır. Bunlardan 4'ü inşaat güvenliği üzerine odaklanmıştır [62]–[65]. Bunları, sarmalayıcı teknolojilerde iletişim ve etkileşim türleri üzerine bir literatür incelemesi [66], mimarlık eğitimi üzerine bir inceleme [38] ve kaynakçılık becerilerinin kazanımı üzerine başka bir literatür çalışması [67] takip etmektedir. Tablo 2.1'de gösterildiği gibi, mevcut SLİ'lerin çoğu belirli temel faktörlere veya belirli bir alana odaklanmaktadır. Ancak, MMİİ/TY eğitimi bu kullanım alanlarından çok daha fazlasına sahiptir. Dahası, SSG'nin bir destek aracı veya öğrenme ortamı olarak ne kadar etkili kullanıldığını potansiyel olarak etkileyebilecek daha fazla sayıda ilgili temel faktör vardır.

Yukarıda incelemelere göre, SSG'nin MMİİ/TY eğitiminde kullanımı için aşağıdaki bilimse araştırma boşlukları tanımlanabilir:

- Mevcut literatür incelemeleri, çoğunlukla belirli bir kullanım durumundaki sarmalayıcı teknolojiye odaklanmıştır. Bu kullanım durumlarının yanı sıra, özellikle tasarım/inşaat destek aracı olarak SSG kullanım durumları (Tablo 2.2) tüm MMİİ/TY'yi ilgilendiren konuları kapsar. Bu nedenle, MMİİ/TY eğitiminde SSG'nin tüm kullanım durumları için incelenmesi, fırsatlar ve sınırlamalar açısından genel durumun anlaşılmasına yardımcı olabilir.
- Literatür incelemeleri arasında sadece bir çalışma [38], öğrenme teorilerini/modellerini değerlendirmiştir. Öğrenme teorileri/modelleri, öğrenme sürecini etkileyen iç ve dış faktörlere odaklanarak öğrencilerin nasıl öğrendiklerini çeşitli şekillerde açıklar. Bu teori ve modeller, öğrencilerin yeni beceri ve bilgileri nasıl öğrendikleri üzerinde büyük bir etkiye sahip oldukları için önemlidir.
- Mevcut incelemelerin bulgularındaki temel faktörler incelendiğinde (bkz. Tablo 2.1), sınırlı sayıda faktör ve bunların ilişkileri ortaya çıkmıştır. Bu durum, incelemelerin niteliklerinden bağımsız olarak, belirli bir kullanım durumuna odaklanmalarından kaynaklanır. Örneğin sadece bir çalışma [67], zihinsel iş yükünün (bilişsel faktör) kullanılabilirliği ve sarmalayıcılık düzeyini etkileyebileceğini göstermiştir. SSG-tabanlı öğrenme modellerine göre, zihinsel iş yükü diğer bir faktör olan öğrenme performansı ile da

ilişkili olabilir. BYT [9], MÖBDT [36] ve SÖBDM [37] gibi öğrenme teorileri/modelleri, SSG-tabanlı bir öğretim uygulamasında bir faktörün birden fazla faktörü etkileyebileceğini ve birden fazla faktörün öğrenme performansını etkileyebileceğini gösterir.

- Kassem vd. [65]'nin çalışması dışındaki mevcut SLİ'ler, ilgili çalışmalardaki deneysel araştırma tasarımının çeşitli yönlerini ele almışlar, ancak veri değerlendirme yöntemlerini incelememiştir. Oysaki, veri değerlendirme yöntemleri eğitim araştırması bulgularının bilimsel titizliği açısından kritik öneme sahiptir [68].

Tablo 2.1 Mevcut literatür incelemeleri

İnceleme	Yayın sayısı	Kullanım durumu	Teori/model	Girdi faktörleri	Süreç faktörleri	Çıktı faktörü
[67]	42	Kaynak becerileri	Yok	Kullanılan cihazlar ve etkileşim yöntemleri (Kontrol faktörleri) Temsili uygunluk	Bulunurluluk Kullanılabilirlik Yan etkiler Zihinsel aşırı yüklenme (Bilişsel faktör) Duyuşsal faktörler	Performans puanları, Sertifikasyon oranı Psikomotor ve bilişsel beceriler
[62]	21	Yüksekte çalışma (sağlık ve güvenlik)	Yok	Temsili uygunluk	Bulunurluluk Kullanılabilirlik Yan etkiler Duyuşsal faktörler	Öğrenme performansı: bilgi, beceri ve tutumlar
[38]	19	Mimarlık eğitimi	Var	Sarmalayıcılık Bireysel farklılıklar (acemi/uzman)	Kullanılabilirlik Duyuşsal faktörler	Öğrenme performansı
[66]	41	Sanal gerçeklik aracılığıyla kolaylaştırılmış iletişim	Yok	Sarmalayıcılık Temsili uygunluk Kullanılan cihazlar ve etkileşim yöntemleri (Kontrol faktörleri)	Kullanılabilirlik Eylemlilik Bulunurluluk	

Tablo 2.1 Mevcut literatür incelemeleri (devamı)

İnceleme	Yayın sayısı	Kullanım durumu	Teori/model	Girdi faktörleri	Süreç faktörleri	Çıktı faktörü
[63]	46	İnşai güvenlik	Yok	Kullanılan cihazlar ve etkileşim yöntemleri (Kontrol faktörleri) Bireysel farklılıklar Temsili uygunluk	Kullanılabilirlik Eylemlilik	Bilgi türleri Öğrenme performansı
[64]	49	İnşai güvenlik	Yok	Bireysel farklılıklar Sarmalayıcılık Temsili uygunluk	Bulunurluluk Duyusal faktörler	Öğrenme performansı
[65]	28	İnşai güvenlik	Yok	Bireysel farklılıklar		Bilgi türleri Öğrenme performansı

Bu bağlamda, bu SLİ MMİİ/TY eğitimindeki tüm kullanım durumlarını kapsayarak SSG'yi (PC-bağılantılı ve kablolu) daha kapsamlı şekilde analiz etmeyi amaçlar. Bu incelemeyle MMİİ/TY eğitiminde SSG üzerine bütünlük kanıtlara ulaşılabilir. Yukarıdaki araştırma boşluklarını doldurmak ve MMİİ/TY eğitiminde SSG'nin kapsamlı bir incelemesini sağlamak için, araştırma soruları sanal gerçeklikte öğrenmenin girdi-süreç-çıkış aşamaları (SG-GSÇ) modelinden [49] bir uyarlamaya göre sınıflandırılır:

- MMİİ/TY eğitiminin hangi kullanım durumları için SSG uygulamaları incelenmiştir?
- MMİİ/TY eğitimindeki temel faktörleri değerlendirmek için hangi öğrenme teorileri/modelleri uygulanmıştır?

- MMİİ/TY eğitimindeki SSG uygulamalarında hangi temel faktörler incelenmiştir?
- MMİİ/TY eğitimindeki temel faktörleri değerlendirmek için hangi çalışma türleri, veri toplama yöntemleri, her gruptaki katılımcı sayısı ve değerlendirme yöntemleri uygulanmıştır?

Bu SLİ'nin bulguları ilgili öğrenme teorileri/modelleri ve önceki ampirik bulgular doğrultusunda tartışıldığından, bu çalışma tüm MMİİ/TY eğitiminin mevcut durumunun daha net anlaşılmasına katkıda bulunabilir ve gelecekteki araştırmalara rehberlik edebilir. Bu çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir: Bölüm 2.1'de araştırma sorularının teorik arka planı sunulmaktadır. Bölüm 2.2'de bu sistematik incelemede kullanılan araştırma yöntemleri açıklanmaktadır. Bölüm 2.3'de bulgular ve bunların farklı ilişkilerle haritalandırılması yer almaktadır. Bölüm 2.4, faydalar, zorluklar, pratik çıkarımlar ve sınırlamalar da dahil olmak üzere bulguların tartışmasından oluşmaktadır.

2.1 Teorik Arkaplan

MMİİ/TY eğitiminde SSG kullanımına ilişkin ilgili literetür incelemeleri, veri tabanlarında bir arama yapıldıktan sonra belirlendi. Çalışmaların özetleri okunduktan sonra bu çalışmanın kapsamıyla ilgili olarak yedi sistematik literatür incelemesi tespit edildi [38], [62]–[67]. Ayrıca, bulguları tanımlayıcı istatistiksel bir yol yerine anlatı yoluyla analiz eden mevcut beş eleştirel incelemeye ulaşıldı [69]–[73]. Önceki SLİ'lerin kısıtlılıkları, yukarıda daha ayrıntılı olarak tartışılmıştır (Tablo 2.1). Önceki SLİ'lerden farklı olarak bu çalışma, SSG'nin etkililiğini uygulanan temel faktörleri ve öğrenme teorileri/modellerini tüm MMİİ/TY kullanım durumları için kapsamlı bir şekilde inceleyerek değerlendirmektedir.

2.1.1 MMİİ/TY eğitiminde SSG kullanım durumları

Önceki SLİ'ler, sarmalayıcı teknolojiyi belirli bir MMİİ/TY kullanım durumu altında analiz etmiştir. Onların aksine bu SLİ, MMİİ/TY eğitiminin tüm kullanım durumları için SSG'de eğitimin etkinliğini kapsamlı bir şekilde değerlendirir. Bu önceki literatür incelemeler arasında Wang vd. [72], inşaat mühendisliği eğitim ve öğretiminde sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik kullanım durumlarını dört tema

altında tanımlamıştır: mimari ve tasarım görselleştirme, inşai sağlık/güvenlik öğretimi, ekipman ve operasyonel görev öğretimi ve strüktür analizi. SSG çalışmalarını kapsamlı bir şekilde sınıflandırmak amacıyla, MMİİ/TY eğitimindeki sarmalayıcı teknolojilerle ilgili önceki birçok çalışma derinlemesine incelenmiştir: Froehlich ve Azhar'dan [74] iki ana tema, Delgado vd. [75] altı tema, Khan vd. [76] sekiz tema ve Safikhani vd. [77] üç ana tema. Tüm bu çalışmalar temel alınarak daha genel ve detaylı bir kategorizasyon Tablo 2.2'de sunulur. Bu kategorizasyonda, SSG kullanım durumları iki ana tema altında toplanmıştır: bir öğrenme ortamı olarak SSG ve bir tasarım/inşaat destek aracı olarak SSG. Bir öğrenme ortamı olarak SSG altı alt kullanım alanında, tasarım destek aracı olarak SSG dört alt kullanım alanında incelenir. Sonraki bölümlerde tüm bu SSG kullanım durumları araştırma soruları kapsamında detaylı olarak analiz edilmektedir.

Tablo 2.2 MMİİ/TY eğitiminde SSG kullanım durumları

Ana kullanım alanları	Alt kullanım alanı	Tanım
Bir öğrenme ortamı olarak SSG		SSG'nin MMİİ/TY'de belirli konuların öğretilmesi için bir öğrenme ortamı olarak kullanılması
	Mimari detay tasarımı	Detaylar, pencere ve kapı şemaları, hizmetleri planı ve inşaat projeleri ve şartnameleri
	Strüktür, malzeme analizi /harita ölçme prosedürleri	Binaların statik ve malzeme davranışlarının veya harita ölçüm prosedürlerinin öğretilmesi
	Aydınlatma / ısıtma / havalandırma tasarımı	Aydınlatma, ısıtma ve havalandırma tasarımının entegrasyonunu etkileyen temel ilkeler ve etkileri ile tasarım stratejileri/performansı

Tablo 2.2 MMİİ/TY eğitiminde SSG kullanım durumları (devamı)

	Mimari/kültürel miras	Manevi, kültürel, fiziksel, bozulmamış, teknik veya tarihi açıdan özgün değeri olan, tek veya bir dizi yapıdan oluşan binalar veya kalıntılar
	İnşai sağlık/güvenlik eğitimi	İnşaat çalışanlarının inşai sağlık ve güvenlik riskleri konusunda eğitilmesi
	Operasyonel görevler için eğitim	Yapı unsurlarının makine ve montaj işlemlerinde inşaat işçilerinin desteklenmesi veya robot ve makinelerin teleoperasyonu
Bir tasarım/inşaat destek aracı olarak SSG		SSG'nin tasarım ve inşaat sürecinde bir destek aracı olarak kullanılması
	2B çizim/3B modelleme	2D çizim, 3D modelleme ve etkileşimli destekleyici simülasyonlar üzerinde teknik ve geometrik prosedürler
	Tasarım incelemesi	Önceki faaliyetlerin sonuçlarını doğrulamak ve sorunları belirlemek amacıyla tasarımcılar ve/veya mühendisler tarafından tasarım gereksinimlerinin değerlendirilmesi süreci
	Paydaş katılımı	Tasarımcılar ve/veya mühendisler ve/veya müşteriler arasında tasarım amacına yönelik sözlü ve sözsüz iletişim
	Yangın/güvenlik/erişim değerlendirmesi	Bina tasarımının, tekerlekli sandalye, baston ve mobilite scooter kullanan kişiler ile görme ve işitme engelli kişiler de dahil olmak üzere herkes için kullanıcı dostu olması veya binalarda yangın güvenliğinin iyileştirilmesine ilişkin yönetmelik, uygulama ve ayrıntılı stratejiler kapsamında korunması

2.1.2 SSG’de Öğrenme Teorileri ve Modelleri

Öğrenme teorileri, öğrenme metotları, bağlam ve öğrenenin karakteristikleri arasındaki ilişkilerin daha iyi entegrasyonu hakkında bilgi sağlar ve seçilen öğretim stratejilerinin etkinliği hakkında güvenilir tahminlere olanak tanır [78]. Davranışçılık, bilişselcilik ve yapılandırmacılık literatürdeki üç temel öğrenme teorisi [5]. Bunlar arasında yapılandırmacılık, kalıcı nesnelerin yaratılması, somutlaştırılmış sosyal bulunuşluluk vb. gibi çok çeşitli algılanan eğitim olanaklarından yararlandığı için sarmalayıcı teknolojilerde en çok uygulanan teorilerden biridir [79]. Yapılandırmacılığın üç alt dalı vardır: (i) probleme dayalı, (ii) projeye dayalı ve (iii) sorgulamaya dayalı öğrenme [6]. Bu dallar, çeşitli eğitim araştırmalarında sarmalayıcı teknolojilere uygulanmaktadır. MMİİ/TY eğitiminde ise teorik modelleri/yöntemleri analiz eden az sayıda çalışma vardır. Puolitaival ve Kestle [80] ve Besné vd. [81]’nin çalışmaları, MMİİ/TY eğitiminde öğrenme teorilerini/modellerini gözden geçirmiş ve sınırlı sayıdaki yapı bilgi modellemesi (YBM) çalışmasının davranışçılık ve yapılandırmacılık ile ilgili teorileri/modelleri uyguladığını göstermiştir. Bu teoriler, öğrenenlerin hedeflerine ulaşmalarını sağlayacak yeni yerleşik bilgiyi inşa etmek için öğrencinin benzersiz önceki deneyimlerden ve öğrenme stillerinden yararlanırlar ve öğrenenlerin doğal süreçlerini engelleyen rehbersiz veya asgari düzeyde rehberli öğretim yaklaşımları sunarlar [7]. Dahası, bu teoriler hem insan bilişsel mimarisini oluşturan yapıları hem de son yarım yüzyıldaki ampirik çalışmalardan çıkarılan kanıtları nispeten ihmal etmektedirler [7], [8].

Sarmalayıcı teknolojilerdeki hızlı gelişmeler nedeniyle dijital öğrenme araştırmaları öğrenmede bilişsel süreçlerin önemini vurgulamaktadır. Bilişsel yük teorisi (BYT), bilginin uzun süreli belleğe aktarılması için çalışan bellek sistemi içinde bir öğrenme süreci sırasında işlendiğini varsayar [9]. BYT’ye dayalı olarak, medya ile öğrenmenin bilişsel-duyuşsal teorisi (MÖBDT) [36] farklı faktörlerin çoklu medyadaki etkileri üzerine bir teorik çerçeve sunmaktadır. MÖBDT’nin yayınlanmasından bu yana, çok sayıda sanal gerçeklik çalışması ortaya çıkmış ve sanal gerçekliğin tanımlayıcı özellikleri hakkında daha fazla bilgi ortaya çıkmıştır [82]. Yapılandırmacı ve bilişsel yaklaşımlara dayanan sarmalayıcı öğrenmenin bilişsel duyuşsal modeli (SÖBDM) ise, SSG’de öğrenme deneyimleri oluşturmak için kanıta dayalı bir çerçeve sunmaktadır [82].

MMİİ/TY eğitiminde SSG kullanımı üzerine mevcut literatür incelemeleri arasında, sadece bir mevcut SLİ [38] SSG çalışmalarında uygulanan belirli öğrenme teorileri/modelleri hakkında bilgi içermektedir. Bu bilginin yokluğu, araştırmacıların MMİİ/TY eğitiminde SSG'nin gelecekteki gelişimini tahmin etmelerini zorlaştırmaktadır. Bu bağlamda bu SLİ, seçilen MMİİ/TY çalışmalarındaki öğrenme teorilerini/modellerini analiz etmektedir.

2.1.3 Temel Faktörler

Eğitimde SSG'yi etkileyen temel faktörleri belirlemek, mevcut çalışmaların bulgularını incelemek için dikkate alınması gereken gereksinimler nedeniyle karmaşık olabilir. Bu nedenle, çok boyutlu bir bakış açısı, yaklaşımları organize etmek ve sınıflandırmak için olduğu kadar faktörlerin son durumunu tasvir etmek için de yararlıdır. SSG-tabanlı MMİİ/TY eğitime ilişkin mevcut çalışmaları analiz etmek için, sanal gerçeklikte öğrenmenin girdi-süreç-çıkı aşamaları (SG-GSÇ) modelinden [49] uyarlanan model kullanılır. Bu model, sarmalayıcı teknoloji öğrenme alanındaki önceki araştırma bulgularına ve SÖBDM'e [82]–[86] dayanmaktadır. Modele göre, girdi faktörleri bireysel farklılıklar ve teknolojik özellikler olarak ikiye ayrılabilir. Bu girdi faktörleri öğrenme çıktıları üzerinde, doğrudan ya da süreç faktörleri aracılığıyla dolaylı bir etkiye sahiptir [49]. Kullanılabilirlik, yan etkiler, teknolojik olanaklılık ve bilişsel/duyuşsal faktörler süreç faktörlerinin bileşenleridir. Bu süreç faktörleri öğrenme alanını (çıkı faktörleri) olumlu ya da olumsuz yönde etkiler.

Tüm bu temel faktörlerin etkisi öğrenme teorileri/modellerine göre belirlenir. Literatürde bulunan daha önceki teori ve modellere göre faktörleri sentezleyen SG-GSÇ modelinin sunduğu temel faktörler Şekil 2.2'de listelenir. Belirli SSG kullanım durumlarına dayanan mevcut SLİ'lerin bulguları, sınırlı sayıda faktörü ve bunların ilişkilerini ortaya koymuştur (Tablo 2.1). Bunların aksine bu SLİ, SSG'nin özelliklerini ve teknolojik olanaklılıklarını, bilişsel/duyuşsal faktörleri, öğrenme alanını, kullanılabilirlik ve yan etkileri dahil ederek SSG'de eğitimin etkililiğini verimliliğini kapsamlı bir şekilde değerlendirmektedir.

SSG teknolojik özelliklere (sarmalayıcılık, temsili uygunluk, kontrol faktörleri) ve bilişsel ve duyuşsal faktörleri etkileyen psikolojik olanaklılıklara (affordances)

(bulunuşluluk ve eylemlilik) sahiptir. Ek olarak, kullanılabilirlik ve yan etkiler, SSG uygulamalarının sistem tasarımını etkileyen diğer önemli faktörlerdir. Tüm bu temel faktörler, çoğunlukla diğer alanlardaki SSG'yle ilgili ampirik çalışmalara dayanmaktadır. Bunların MMİİ/TY alanlarındaki farklı öğretim yöntemleriyle nasıl etkileşime girebileceğini anlamak için bu faktörlerin detaylı bir şekilde incelenmesi önemlidir. Ayrıca, tüm MMİİ/TY alanlarındaki SSG uygulamalarının, bu faktörlerin etkilerini dahil eden bir öğretim yöntemi ile geliştirilmesi, uygulamanın etkililiğine katkı sağlayabilir.

Bazı çalışmalar, sanal ortamların pedagojik faydalarını eleştirel olarak incelemek için teknolojik özelliklerini ve olanaklılıklarını belirlemeye çalıştılar. Dalgarno ve Lee [87], üç boyutlu (3B) sanal öğrenme ortamlarının bir dizi benzersiz özelliğe, öğrenme olanaklılıklarına sahip olduğuna dikkat çekerler. Makransky ve Petersen [37] sarmalayıcı öğrenmenin bilişsel duyuşsal modeliyle (SOBDM) teorik bir çerçeve sunarak mevcut bulguları sentezlerler. Bu çerçeve, ilgili faktörleri SSG özellikleri, SSG'nin sağladığı olanaklılıklar, bilişsel-duyuşsal faktörler ve öğrenmenin alanı olmak üzere dört kategoride tanımlar.

Sarmalayıcılık, SSG'nin duyu modalitesi, ortam zenginliği, çoklu ortamda sunum, çoklu ortamda bilgilerin tutarlılığı gibi duyuşsal faktörlere bağlı olan teknik bir özelliğidir. [88]. Kontrol faktörleri, SSG'lerin başka bir özelliğidir. Giriş/çıkış donanım cihazları ve 3B etkileşim teknikleri ile ilişkilendirilirler [45]. EK'lar genellikle insan görsel ve işitsel sistemi aracılığıyla kullanıcıya görsel bilgi sunmak için çıktı cihazları olarak kullanılırken, el tipi kumandalar ve eldivenler kullanıcının sanal nesneler, ortam ve kullanıcı arayüzü ile iletişim kurmasını sağlamak için giriş cihazları olarak kullanılırlar. Bu giriş/çıkış cihazları, 3 boyutlu etkileşimi (eylemlilik) mümkün kılar. Bowman vd. [44], bu kontrol faktörleri tekniklerini etkileşim olarak üç kategoriye ayırır: gezinme (sanal ortamda hareket), sanal bir nesnenin seçimi/manipülasyonu ve 3B grafiksel kullanıcı arayüzü için sistem kontrolü. Dalgarno and Lee [87] ise üç ek kontrol faktörüne dikkat çekerler: (a) çevre niteliklerinin ve davranışların kontrolü, (b) nesnelerin inşası ve nesne davranışlarının kodlanması, (c) sözlü ve sözlü olmayan iletişim. Ancak sözlü ve sözlü olmayan iletişim sanal ortamların bir özelliği değildir. Bu Makransky vd.'nin [89] sosyal bulunuşluluk kavramı ile ilişkilendirilebilir. Temsili uygunluk sanal ortamda gerçekliğin bir derecesidir [90]. Gerçekçiliğin derecelendirilmesi (a)

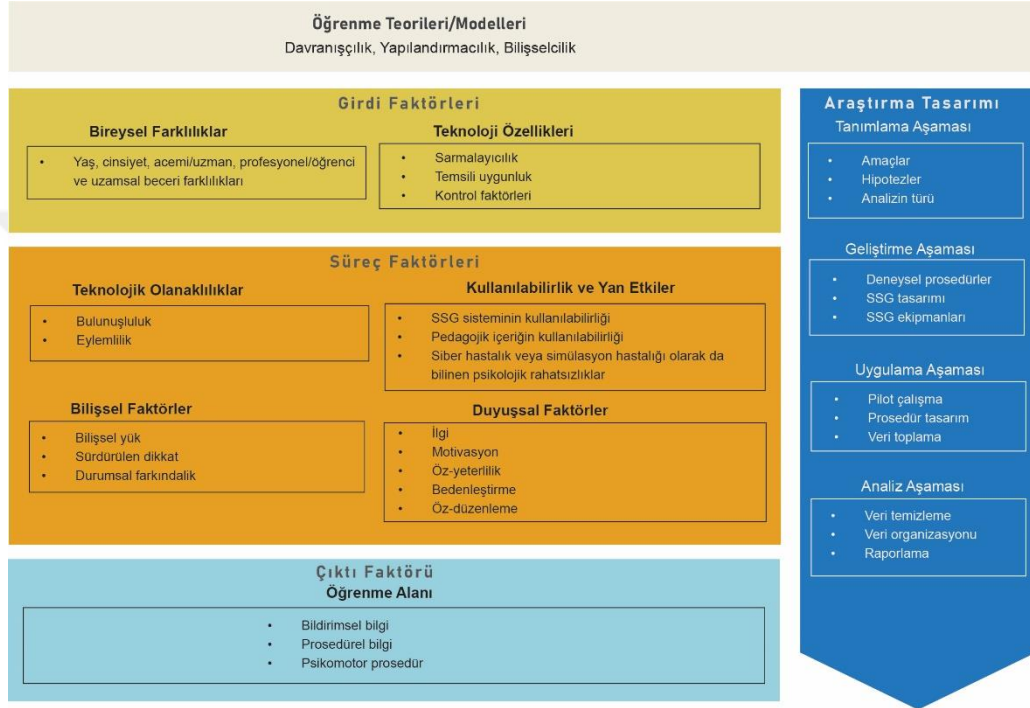
ortamın gerçekçi gösterimi, (b) görünüm değişikliklerinin ve nesne hareketinin düzgün gösterimi, (c) nesnelerin gerçekçi bir şekilde veya modellenen fikirlerle tutarlı bir şekilde davrandığı nesne davranışının tutarlılığı, (d) kullanıcının avatar/aracı olarak tasvirini içeren kullanıcı temsili, (e) uzamsal ses ve (f) kinestetik ve dokunsal kuvvet geri bildirimi özellikleriyle sağlanır [87].

Bulunışluluk (presence) duygusu, sarmalayıcılık, kontrol faktörleri ve temsili uygunluk özelliklerinden pozitif bir şekilde etkilenir. Farklı teorik modeller, farklı teknolojik özellikleri bağlamlaştırarak bulunuşluluğu araştırmışlardır [88], [91]–[95]. Makransky vd. [89] ve Lee [96] bulunuşluluğu 3 kateogoride inceleyer: (i) sanal fiziksel nesnelerin deneyimlendiği psikolojik bir durum olarak fiziksel bulunuşluluk, (ii) sanal sosyal aktörlerin deneyimlendiği psikolojik bir durum olarak sosyal bulunuşluluk (sözlü ve sözlü olmayan iletişim) ve (iii) sanal benliğin/benliklerin deneyimlendiği psikolojik bir durum olarak öz-bulunışluluk. Bunlar duysal veya duysal olmayan şekillerde deneyimlenirler. Makransky ve Petersen [37], eylemlilik (agency) duygusunu (olumlu olarak kontrol faktörleriyle ilişkili) eylemleri üretme ve kontrol etme duygusu olarak tanımlanan bir başka psikolojik olanaklılık olarak ifade etmektedirler. Bu olanaklıklar bilişsel-duyuyuşsal faktörleri etkiler ve bu faktörler de öğrenme performansının yanı sıra öğrenme transferinde etkili olabilirler [37]. Beş duyuşsal faktör, öğrenme alanını olumlu yönde etkilerken, bilişsel yük olumsuz yönde etkiler. Farklı eğitim ve öğretim alanlarında SSG üzerine bu etkileri tanımlayan bazı ampirik çalışmalar yürütülmüştür [83]–[86].

Öğrenme alanı çeşitli bilgi ve beceri türlerini içerir: bildirimsel bilgi, prosedürel bilgi ve psikomotor prosedürler [15]. Bildirimsel bilgi, belirli olgusal şeyleri öğretmeyi amaçlayan çalışmalarla ilgilidir. Prosedürel bilgi, öğrenciye belirli bir görevi nasıl gerçekleştireceğini öğretmeyi amaçlar. Psikomotor prosedürler, bir öğrencinin iş ve eğlence için karmaşık fiziksel aktivitelere katıldığı fiziksel prosedürlerden oluşur. Psikomotor prosedürler fiziksel işlevler, refleks fonksiyonları ve yorumlayıcı hareketlerle bağlantılıdır [97].

Kullanılabilirlik, kullanıcı performansı ve sistem etkileşiminden kaynaklanan memnuniyeti ölçülebilen kapsayıcı bir faktördür. Düşük seviyede kullanılabilirlik, navigasyon hataları nedeniyle varlığın kesintiye uğramasına neden olabilirken, sanal nesnelerin seçimi/manipülasyonu nedeniyle kontrollerini sınırlandırarak

kullanıcıların eylemlilik duygusunu da zayıflatabilir [37]. Bu kısıtlamalar öğrenme sonucunu da olumsuz etkileyebilir. Kullanılabilirlik değerlendirmesinin çeşitli öznel ve nesnel yöntemleri bulunmaktadır [98]; ayrıca hem kullanıcı performansını hem de memnuniyetini ölçen farklı ölçekler [99] sıklıkla kullanılmaktadır. SSG'nin yan etkileri incelendiğinde, siber-hastalık veya simülasyon hastalığı olarak da bilinen fiziksel ve fizyolojik rahatsızlıklar, SSG kullanımını etkileyen bir diğer yaygın faktördür [100].



Şekil 2.2 SSG'de öğrenmenin girdi-süreç-çıkış aşamaları (SG-GSÇ) modeli ([65]'den uyarlama)

2.1.4 Deneyel Araştırma Yöntemi

Deneyel araştırma tasarımı tüm bu faktörleri inceleyen dört aşamadan oluşmaktadır. Heydarian ve Becerik-Gerber [101] ve Gómez-Tone vd. [102] MMİİ/TY'de araştırma tasarımının aşamalarını benzer şekilde tanımlamaktadır: (i) tanımlama, (ii) geliştirme, (iii) uygulama ve (iv) analiz aşamaları. Analizin amacı, SSG'de eğitim ve öğretimin geliştirilmesine katkıda bulunan öğretim yöntemlerinin başarı düzeyini belirlemek veya izleyicinin tanımlanan hedeflere ne ölçüde ulaşabildiğini tespit etmektir. Değerlendirme hedefi, teorik modellere/yöntemlere dayalı olarak belirlenir. Değerlendirme hedef(ler)ine ulaşmak için veri toplama araçları gibi deneyel prosedürler belirlenmelidir. SSG-tabanlı çalışmalarda kullanılan veri toplama yöntemleri farklı literatür taramalarında birkaç kez

sunulmuştur [58], [103], [104]. Hem nitel hem de nicel çalışmalarda kullanılan veri toplama yöntemleri Tablo 2.3'te kategorize edilir.

Tablo 2.3 Veri toplama yöntemleri (Radianti vd. [103]'den adaptasyon)

Veri toplama yöntemleri	Tanım
Anket	Likert ölçekli anketlerden veri toplayan bir yöntem.
Test	Öğrencilerin bilgilerini çoktan seçmeli sorular dahilinde değerlendiren bir yöntem.
Mülakat, odak grup görüşmesi	Sözlü veya açık uçlu sorularla bir grubun üyeleri arasında açık bir tartışmaya izin veren tutumları, görüşleri veya algıları toplayan veya araştıran bir yöntem. Bireysel deneklerden görüş toplayan çalışmalar da buraya dahildir.
Video kaydı	Video aracılığıyla bilgi toplayan ve kaydeden bir yöntem
Tamamlanma zamanı	Tamamlama süresini kaydederek veri toplayan bir yöntem.
Uygulamada etkileşim kayıtları	Geliştirilmiş bir sanal gerçeklik uygulamasından veri toplayan (örneğin, sanal nesne/ortam ile kullanıcı etkileşimi sayısı, alınan hasarlar gibi kullanıcı etkinlikleri) ve elde edilen etkileşim kaydını analiz için kullanan bir yöntem.
Mobil algılama	Mobil sensörlerden bilgi toplayan bir yöntem.
2B çizimler ya da 3B modeller	2B çizim veya 3B modelleme ile veri toplayan bir yöntem

Uygulama aşamasındaki çalışma türleri üçe ayrılabilir: (i) kontrol grubunun veya rastgele atama prosedürünün olmadığı ön-deneysel tasarım; (ii) kontrol grubunun (karşıt grup) olduğu ancak rastgele atama prosedürünün olmadığı yarı-deneysel tasarım; ve (iii) hem kontrol grubunun (karşıt grup) hem de rastgele atama prosedürünün olduğu gerçek-deneysel tasarım [103]. Bu nicel türlerin yanı sıra, SSG-tabanlı eğitim/öğretim çalışmalarında ampirik bir prosedür yürütmek veya olguları tanımlamak için iyi kurulmuş bir nitel metodoloji kullanılabilir [103].

Toplanan veriler, verilerin özelliğine bağlı olarak nitel ve/veya nicel analiz yöntemleriyle analiz edilir. Nicel analiz yöntemleri tanımlayıcı istatistiklerden parametrik ve parametrik olmayan testleri içeren çıkarımsal istatistiklere kadar

uzanır. Bu analiz yöntemlerinden birden fazlası bir arada kullanılabilir. Mevcut bazı SLİ'lerde [38], [62], [64], [66], [67] SSG'nin MMİİ/TY eğitimindeki performansının nasıl değerlendirileceğine ilişkin nispeten sınırlı bilgi bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu SLİ her bir çalışmada kullanılan deneysel prosedürün tüm aşamalarını sistematik bir şekilde göstermeye çalışmaktadır.

2.2 Araştırma Tasarımı

Sistematik İncelemeler ve Meta-Analizler için Tercih Edilen Raporlama Öğeleri (PRISMA) kılavuzları [56] doğrultusunda 2013-2022 yılları arasında sistematik olarak literatür taraması yapan bu SLİ, yukarıda Bölüm 2'de belirtilen araştırma sorularını incelemeyi amaçlar.

2.2.1 Veri Tabanları

Bu SLİ'deki uygun çalışmalar, aşağıdaki dijital veri tabanlarındaki dergi makalelerinden ve konferans bildirilerinden toplanmıştır: SCOPUS, Web of Science (WoS). Bu SLİ, IEEE Xplore dijital kütüphanesi, ACM dijital kütüphanesi, ScienceDirect, JSTOR, EBSCO ve Taylor & Francis gibi diğer mevcut veritabanlarının da farkındadır. Ancak, Scopus ve WoS veritabanları, diğer literatür veritabanlarına kıyasla hem dergi makalelerini hem de konferans bildirilerini kapsamlı bir şekilde kapsamaları nedeniyle her şeyi kapsayan bir bilimsel arama sağlamak için kullanılmaktadır. Bu iddia, örnek çapraz kontrollerle doğrulanmıştır. Ayrıca Scopus ve WoS, MMİİ/TY alanındaki SSG ile ilgili incelemelerde sıklıkla kullanılmaktadır [64], [66], [105]. Arama dönemi, ikinci dalga EK'lar arasında ilk yüksek sarmalayıcı araç seti olan Oculus Rift™ dk'nin piyasaya sürüldüğü 2013 yılında başlar.

2.2.2 Uygunluk Ölçütleri

Uygun çalışmaların bu SLİ'ye dahil edilebilmesi için aşağıdaki kriterleri karşılaması gerekmektedir:

- Bir SSG prototipi önerilir veya mevcut bir SSG prototipi analiz edilir.
- İlgili teknik ve/veya pedagojik faktörü değerlendirmek amacıyla SSG için bir model, teknik veya yöntem sunulur.

- En az bir kullanıcı grubu veya eğitim katılımcıları MMİİ/TY öğrencilerinden olmalıdır.

Aşağıdaki durumlarda çalışmalar kapsam dışı bırakılır:

- Çalışmanın dili İngilizce değildir.
- Çalışma MMİİ/TY’de eğitim ve öğretimle ilgili değildir.
- SSG türü diğer sanal ortam türlerindendir (örneğin, sanal ortamları gösteren düz ekranlar, telefon-tabanlı sanal gerçeklik veya SSG’de yalnızca 360° video).
- Sanal gerçeklik türünden bahsedilmez.
- Tartışılan teori, kavram, teorik çerçeve veya öneriler deney ya da vaka çalışması ile desteklenmemektedir.
- Kullanıcılar veya eğitim alanlar arasında MMİİ/TY öğrencileri bulunmamaktadır.
- Katılımcıların veya eğitim alanların (MMİİ/TY öğrencileri) profili net değildir.
- Çalışmalar birbirinin tekrarıdır (aynı çalışma farklı veri tabanlarından alınmıştır).
- Bildiri veya makale aynı içeriğe sahiptir.
- Tam metne ulaşılamıyordur.

2.2.3 Arama Karakter Dizisi

Arama stratejisinin amacı birincil çalışmaları tespit etmektir. İlk olarak, arama için anahtar kelimeler seçilmiştir. Uygun çalışmaların üç ana kavramı içermesi gerekiyordu: sarmalayıcı sanal gerçeklik, MMİİ/TY endüstrisi ve eğitim/öğretim. Mümkün olduğunca çok sayıda ilgili araştırma çalışmasının bu çalışmaya dahil edilmesini sağlamak için arama terimleri, yüksek öğrenim için SSG [103] ve yapılı çevre için sanal gerçeklik uygulamaları [105] üzerine yapılan önceki aramalardan türetilmiştir. Önceki çalışmalarla uyumlu olarak çalışmaların maksimum kapsamını elde etmek için Tablo 2.4'teki arama karakter dizesi kullanılmıştır.

Tablo 2.4 Çalışma odağının anahtar kelimeleri

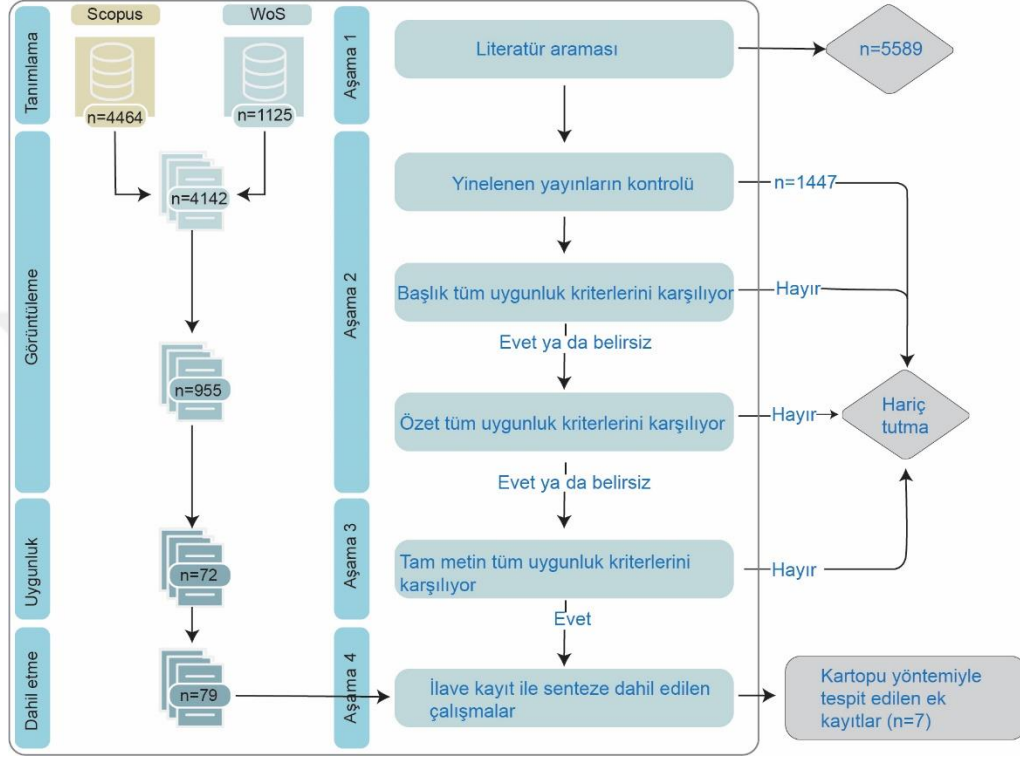
Veritabanı	Sonuçlar	Anahtar kelime arama ve diğer uygulanan filtreler
SCOPUS	4464	(TITLE-ABS-KEY (construction OR architectur* OR "architectural engineering" OR "architectural design" * OR "building design" OR "built environment" OR "urban design" * OR "interior design" * OR infrastructure OR "civil engineering" OR "mechanical engineering" OR "electrical engineering") AND TITLE-ABS-KEY ("virtual reality" * OR "virtual environment" * OR "immersive virtual reality" * OR vr OR ivr OR "immersive virtual environment" OR "game engine" * OR "virtual prototyping" *) AND TITLE-ABS-KEY (educat* OR train* OR learn* OR teach* OR skill* OR universit* OR college* OR student* OR "higher education" * OR major*)) AND PUBYEAR > 2012 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE , "English")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE , "p") OR LIMIT-TO (SRCTYPE , "j"))
WoS	1125	construction OR architectur* OR "architectural engineering" OR "architectural design"* OR "building design" OR "built environment" OR "urban design"* OR "interior design"* OR infrastructure OR "civil engineering" OR "mechanical engineering" OR "electrical engineering" (Topic) and "virtual reality"* OR "virtual environment"* OR "immersive virtual reality"* OR VR OR IVR OR "immersive virtual environment" OR "game engine"* OR "virtual prototyping"* (Topic) and educat* OR train* OR learn* OR teach* OR skill* OR universit* OR college* OR student* OR "higher education"* OR major* (Topic) and Articles or Proceedings Papers or Review Articles or Early Access (Document Types) and English (Languages) and English (Languages)

Not: * teriminin kökünü ve ardından herhangi bir sayıda karakteri içeren belgeleri aramak için kesme operatörü olarak kullanılmıştır.

2.2.4 Seçim Süreci

Veri tabanı taraması 07-13 Mayıs 2022 tarihleri arasında gerçekleştirildi ve toplam 5589 kayıt elde edildi (4464'ü SCOPUS'tan, 1125'i WoS'tan). Çift yayınlar çıkarıldıktan sonra 4142 kayıt ile seçim sürecine başlandı. Bu süreç iki adımdan

oluşt. İlk adımda, dahil etme ve hariç tutma kriterlerine uyan her çalışmanın başlığı ve özeti analiz edildi. İkinci adımda liste 955 çalışmaya indirildi. Ardından, tam metnin analiz edildiği seçim sürecinin ikinci incelemesi gerçekleştirildi. Bu ikinci inceleme sonucunda, toplam 79 çalışma uygun bulundu ve inceleme için elde edildi. Tüm bu inceleme süreci Şekil 2.3'te detaylı olarak sunulmaktadır.



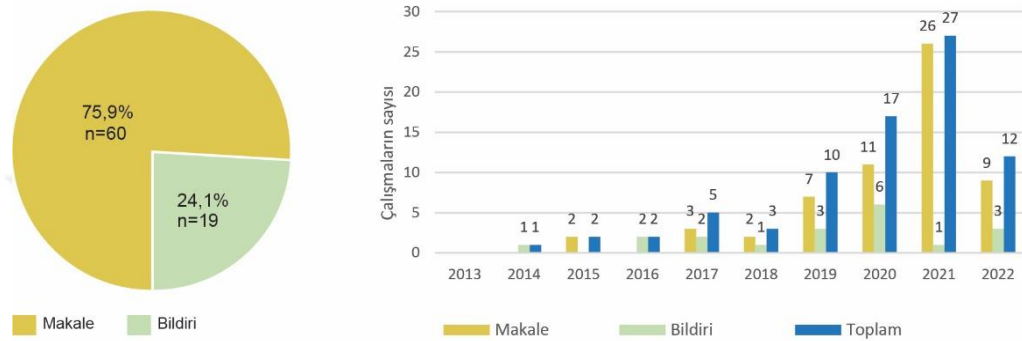
Şekil 2.3 İnceleme süreci

2.2.5 Çalışmaların Sınıflandırılması

Uygun bulunan çalışmalar, WoS ve Scopus veri tabanlarının analiz araçları ve Microsoft Excel kullanılarak kodlandı ve analiz edildi. Kodlama sırasında ortaya çıkan temalar veya kategoriler tezin yazarı tarafından not edildi ve tanımlandı. Değerlendirme güvenilirliğini sağlamak için tüm çalışmalar tezin yazarı ve MMİİ/TY alanındaki SSG araştırmalarında deneyimli bir doktora öğrencisi tarafından okundu. Tezin yazarı ve gönüllü ikinci değerlendirici, çalışmaları bağımsız olarak okuyup ve farklı kategorilerde sınıflandırdılar. İki değerlendirici arasında herhangi bir tutarsızlık olması durumunda, tartışma sürecine bu tezin danışmanı karara katıldı. Bu süreçte fikir birliğine varıncaya dek çalışmalar tartışıldı.

2.3 Literatür İncelemesi Bulguları

Bu bölümde, sistematik çalışmanın sonuçları araştırma soruları dikkate alınarak açıklanmaktadır. Şekil 2.4, çalışmaların dergi makaleleri veya konferans bildirileri olarak yüzdesini ve yayın yılına göre yayınlanan çalışma sayısını göstermektedir. Dergi makalelerinin toplam sayısı konferans bildirilerinden daha fazladır. Dahası, yıllar içinde çalışma sayısında artış olmuştur. Bu durum, MMİİ/TY eğitimi için SSG'ye yönelik akademik ilginin arttığını göstermektedir.

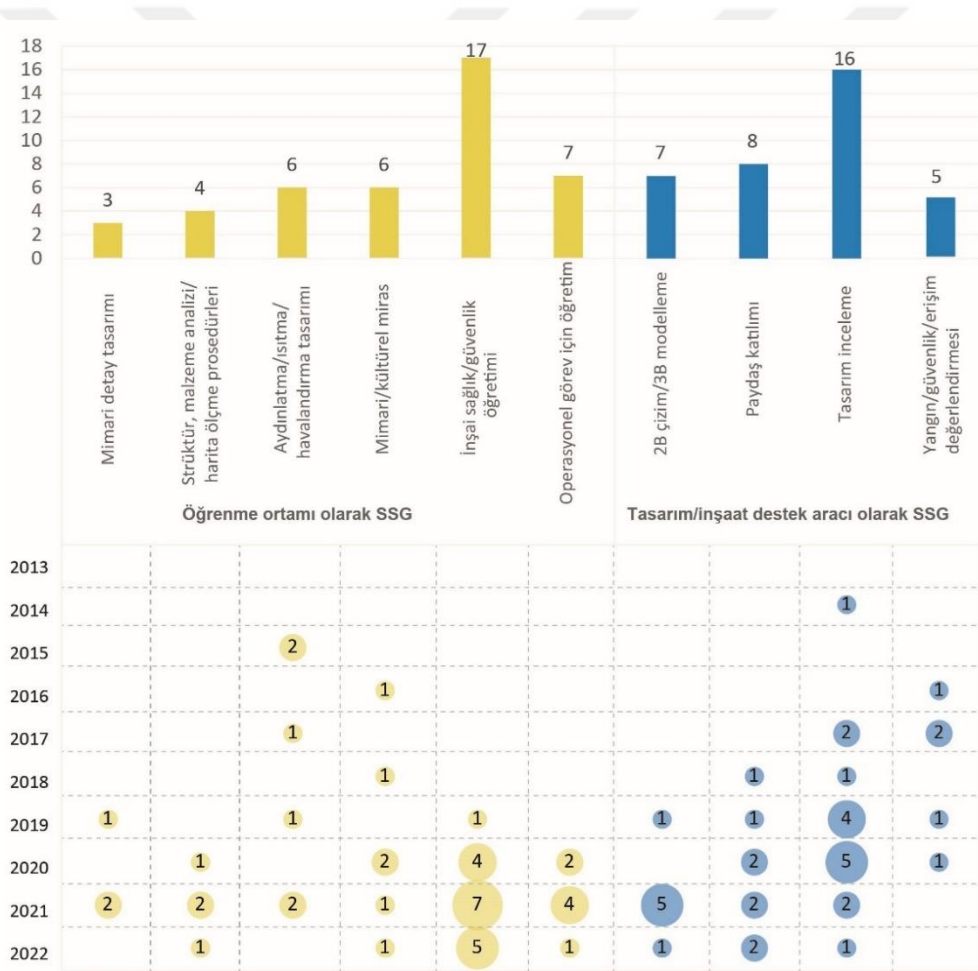


Şekil 2.4 Seçilen 79 çalışmanın yayın tipleri ve yayın yılları

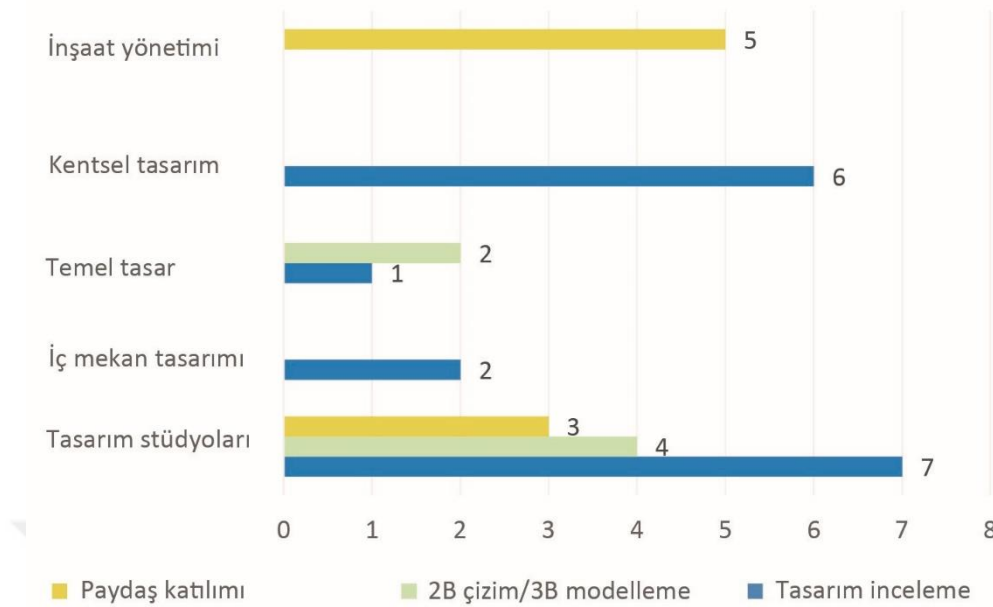
2.3.1 MMİİ/TY Eğitiminde SSG Kullanım Durumları

Bir tasarım/inşaat destek aracı olarak, tasarım incelemesi kullanım durumu on altı çalışmada bulunmaktadır ve en popüler kullanım durumudur (Şekil 2.5-üst kısım). Bunu paydaş katılımı (8 çalışma), 2D çizim/3D modelleme (7 çalışma) ve yangın/güvenlik/erişim değerlendirmesi (5 çalışma) takip etmektedir. Şekil 2.5-alt kısmına göre, yıllar içinde tasarım incelemesine olan ilgi artmaktadır. Bir öğrenme ortamı olarak, inşai sağlık/güvenlik öğretimi (17 çalışma) en popüler olanıdır ve bunu operasyonel görev için öğretim (7 çalışma) izlemektedir. Strüktür, malzeme analizi veya ölçme prosedürlerinde sadece 4, mimari detay tasarımında ise 3 çalışma vardır. Şekil 2.5-alt kısmında gösterildiği gibi, 2019'dan sonra çalışmalar inşai sağlık/güvenlik öğretimi üzerine yoğunlaşmaktadır. Ayrıca, bu yıldan sonra yangın/güvenlik/erişim değerlendirmesi dışında, MMİİ/TY eğitiminde SSG kullanım durumlarına ilgi duyulduğu sonucuna varılabilir. Bu sonuç, SSG'nin MMİİ/TY eğitimi için yeni ve gelişmekte olan bir teknoloji olduğunu göstermektedir. Tüm kullanım durumları arasında, bina inşai sağlık/güvenlik öğretimi ve tasarım incelemesi sırasıyla en sık uygulananlardır.

Paydaş katılımı, 2D çizim/3D modelleme ve tasarım incelemesi kullanım durumları MMİİ/TY eğitimindeki farklı derslerde uygulanmıştır (Şekil 2.6). İnşaat yönetiminde, 5 çalışma [106]–[110] paydaş katılımı için SSG uygulamıştır. Temel tasarım derslerinde, 2D çizim/3D modelleme için 2 çalışma [111], [112] ve tasarım incelemesi için 1 çalışma [113] SSG uygulamıştır. Kentsel tasarım alanında 6 çalışma [114]–[119] ve iç mekan tasarımı alanında 2 çalışma [120], [121] tasarım incelemesi için SSG kullanmıştır. Ayrıca, tasarım stüdyolarında, tasarım incelemesi için 7 çalışma [122]–[128], 2D çizim/3D modelleme için 4 çalışma [102], [129]–[131] ve paydaş katılımı için 3 çalışma [132]–[134] SSG’yi analiz etmiştir. Bu çalışmalar, tasarım stüdyolarında SSG’nin bir tasarım ve inşaat destek aracı olarak kullanım çabası olduğunu gösterir.



Şekil 2.5 SSG kullanım durumları için çalışma sayıları



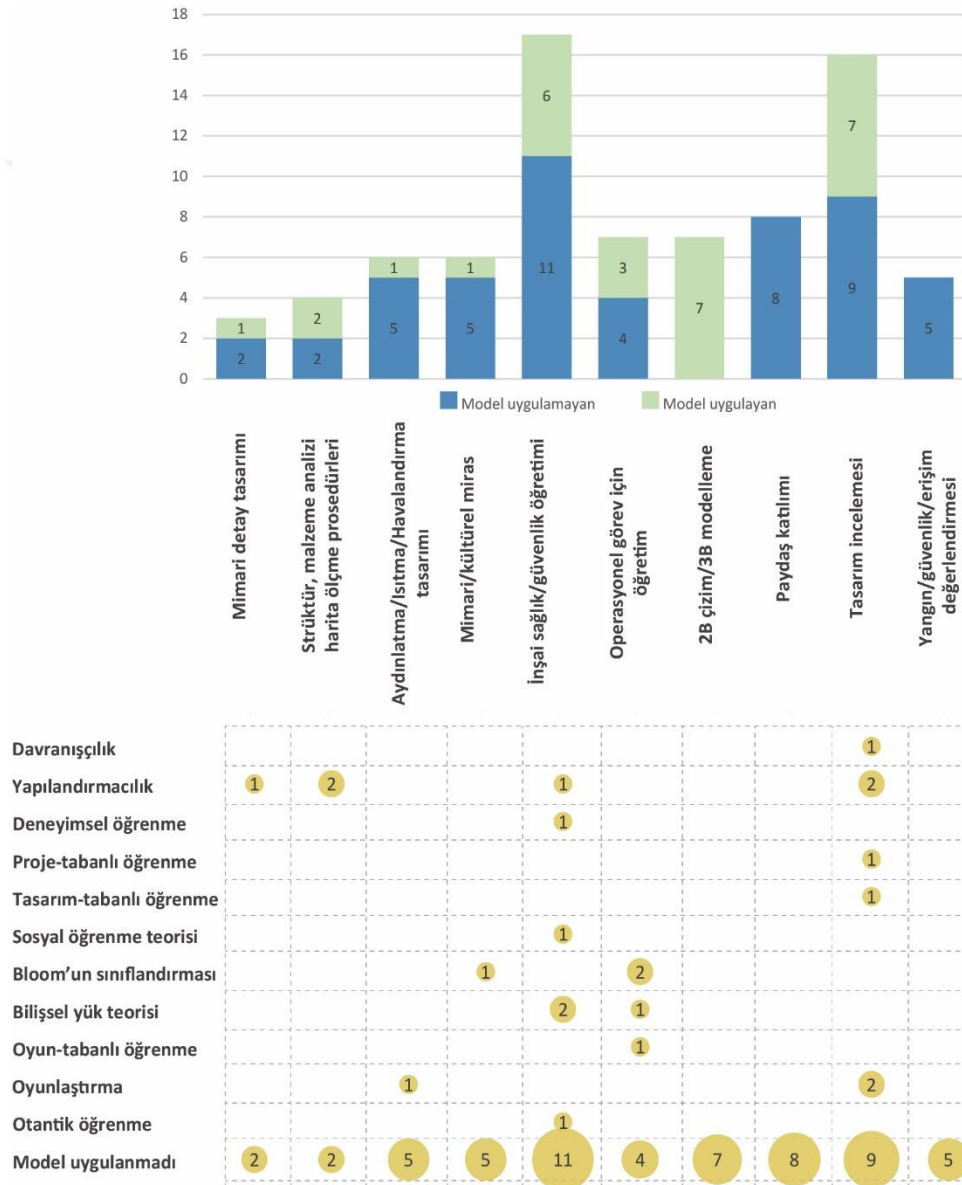
Şekil 2.6 Farklı disiplinlerde bir tasarım/inşaat destek aracı olarak SSG

2.3.2 MMİİ/TY Eğitiminde SSG'de Uygulanan Öğrenme Teorileri ve Modelleri

Şekil 2.7, temel faktörleri değerlendirmek için kullanılan öğrenme teorilerini/modellerini gösterir. Aynı faktörü inceleyen farklı çalışmalarda, birbirinden farklı teoriler/modeller uygulanmıştır. 28 çalışma, temel faktörleri değerlendirmek için öğrenme teorilerini/modellerini uygulamıştır. Öğrenme teorileri/modellerinin çeşitliliği düşünüldüğünde, MMİİ/TY eğitiminde SSG uygulamaları için bir öğrenme teorisi/modeli üzerine fikir birliği olmadığı dikkat çeker. 51 çalışma SSG uygulamalarının değerlendirilmesinde herhangi bir öğrenme teorisi/modeli uygulamamıştır.

Öğrenme teorileri ve modelleri kanıta dayalı yaklaşımlar içerir. Bu nedenle, bunların herhangi bir SSG çalışmasında uygulanması, öğretim metotları, bağlam ve öğrenen özellikleri gibi faktörlerin arasındaki ilişkilerin etkililiğini anlamak açısından önemlidir. Yang vd. [135] güvenlik yönetimi dersinin etkinliğini analiz etmek için otantik bir öğrenme yaklaşımı uygulamıştır. Shi vd. [136] SSG'de inşaat işçilerinin düşme riski davranışlarını değerlendirmek için sosyal öğrenme teorisini uygulamıştır. Han vd. [137], Noghabaei vd. [138] ve Shi vd. [139] bilişsel yük ve öğrenme alanını analiz etmiştir. Abotaleb vd. [140] öğrenme performansını değerlendirmek için deneyimsel öğrenme modelini uygulamıştır. Kandi vd. [122]

yapılandırmacı teorisinin bir alt dalı olan proje-tabanlı öğrenme modelini uygulamış ve öğrenme performansını değerlendirmiştir. Referanslar [141]–[143], Bloom’un taksonomisini uygulamışken; referanslar [116], [144] öğrenme kazanımını değerlendirmek için yapılandırmacı teoriyi uygulamıştır. 4 çalışmanın sonuçları [141]–[144], SSG'nin geleneksel öğrenme yöntemlerinden daha verimli olduğunu gösterir. Tasarım-tabanlı öğrenme [126], yapılandırmacılık [128], [145]–[147], davranışçılık [114], veya oyunlaştırma [115], [119], [148] gibi teorileri/modelleri uygulayan çalışmaların çoğu öğrencilerin bilgi kazanımını analiz etmemiştir.



Şekil 2.7 Öğrenme teorilerini/modellerini ve türlerinin uygulanma durumu

2.3.3 MMİİ/TY Eğitiminde SSG'de İncelenen Temel Faktörler

Şekil 2.8'de, üstteki çubuk grafik her bir faktör için toplam çalışma sayısını gösterirken, alt kısımdaki kabarcıklı grafik her bir alandaki çalışma sayısını göstermektedir. Kullanılabilirlik (56 çalışma) tüm çalışmalar arasında en sık değerlendirilen faktör olmuştur. SSG sisteminin kontrol faktörlerini (39 çalışma) tüm çalışmalar içinde duyuşsal faktörler (31 çalışma) takip etmiştir. Ardından, temsili uygunluk, eylemlilik ve öğrenme alanının her biri 29 çalışmada değerlendirilmiştir. Öğrenme alanını etkileyen bilişsel faktörler çok önemli olmasına rağmen [9], 79 çalışmadan sadece 11'i bu faktörü değerlendirmiştir. Bu da oldukça düşük bir sayıdır. Dahası, bu faktör birçok kullanım durumunda değerlendirilmemiştir (inşai sağlık/güvenlik öğretimi, operasyonel görev için öğretim, paydaş katılımı ve tasarım incelemesi hariç).

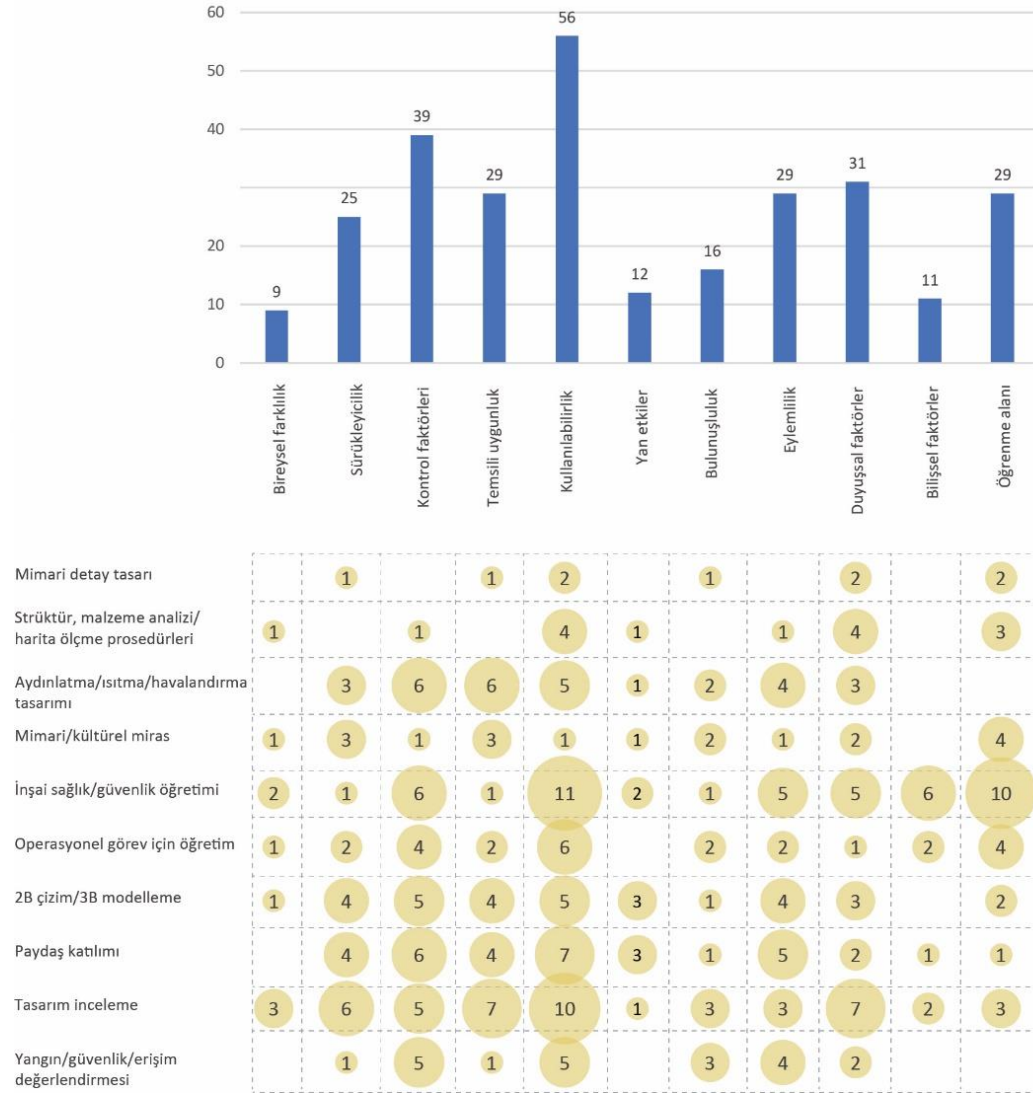
Bireysel farklılıklar (Girdi faktörü)

Referanslar [102], [149], acemi-uzman farkının SSG'nin teknik özelliklerini ve olanaklılıklarını etkilemediğini göstermiştir. Wu vd. [149], bu farkın öz yeterliliği de etkilemediğini göstermiştir. Yang ve Goh [135] katılımcıların ön bilgilerinin (okunan materyal sayısı ve derse katılım) ve sanal ortamlarla ilgili deneyimlerinin önemli değişkenler olmadığını belirtmiştir. Ön bilgiye ilişkin bu bulgu önceki çalışmalarla tutarlı değildir [150], [151]. Cinsiyetin duyuşsal faktörler veya öğrenme performansı üzerindeki etkisi konusunda fikir birliği yoktur. Joshi vd. [152], cinsiyetin duyuşsal faktörleri etkilediğini göstermişken, referanslar [114], [115] bunun tersini göstermiştir. Srinivasa vd. [153] cinsiyetin öğrenme kazanımını etkileyebileceğini gösterirken, Joshi vd. [152] bunun tersini göstermiştir. Beh vd. [143] cinsiyetin kullanılabilirliği etkileyebileceğini göstermiştir.

Teknolojik özellikler (Girdi faktörü)

SSG'nin en önemli özelliklerden biri, öğrencilerin sanal ortamdaki hislerini ve duygularını etkileyen yüksek gerçekçiliktir [102], [125]. Zou vd. [154], SSG'nin gerçekçilik düzeyi arttığında olumlu ve olumsuz duyguların büyüklüğünün önemli ölçüde arttığını ortaya koymuştur. MMİİ/TY eğitiminde, çeşitli kullanım durumları için gerçek ortamda uygulanabilecek çeşitli tasarım ve operasyonel görevleri gerçekleştirmek için bu özelliğin geçerliliği konusunda genel bir fikir birliği vardır [113], [118], [148]. Tastan vd. [129], 1:1 ölçeğin daha küçük ölçeklerde

modellemeye kıyasla 3B modelleme görevlerini olumsuz etkilediğini göstermiştir. Sun vd. [155], 1:1 ölçeğinin daha küçük ölçeklere kıyasla öğrenme performansı ile negatif ilişkili olduğunu göstermiştir.



Şekil 2.8 Kullanım durumları için değerlendirilen temel faktörler

Teknolojik olanaklılıklar (Süreç faktörü)

Referanslar [125], [128], [134], [156], [157] SSG'nin yüksek düzeyde bulunusluluk sağlayabileceğini ve bir dizi potansiyel tasarım alternatifinin uygun maliyetli bir şekilde değerlendirilmesine izin verebileceğini göstermiştir. Ancak, SSG'nin bulunusluluğunu sağlamak için yüksek düzeyde gerçekçilik gerektirir [134], [154]. Gomez-Tone vd. [130], navigasyon ve yürüyerek gezinmenin uzamsal oryantasyon becerisini geliştirmediğini göstermiştir. Benzer şekilde, Li vd. [158] navigasyonun belirli bir seviyeyle sınırlandırılmasının öğrenme performansını artırdığını

göstermiştir. Tastan vd. [129], hassasiyet olmadan serbestçe dolaşmanın yönelim bozukluğuna neden olabileceğini göstermiştir. Kim vd. [133], uçuş modunun yan etkilere neden olabileceğini belirtmiştir. Sun vd. [155], ışınlama modunun uçuş modundan daha tercih edilebilir olabileceğini göstermiştir. Keshavarzi vd. [159], gezinme tekniklerinin (sanal uçuş ve yürüme) 2B grafiksel kullanıcı arayüz yakınlaştırma ve kaydırma işlevlerine kıyasla SSG'de tasarımlarının parçalarını inceleme yeteneğinden yoksun olduğunu göstermiştir.

Kullanılabilirlik ve yan etkiler (Süreç faktörü)

Referanslar [135], [141]–[143], [152], [153], [160], [161] bilişsel/duyuşsal faktörlerden bir veya daha fazlasını öğrenme çıktılarıyla birleştirerek kullanılabilirliği araştırmışlardır. Böylece, geliştirdikleri SSG uygulamalarının kullanılabilirliğini göstererek diğer faktörlerin etkisini daha güçlü bir şekilde kanıtlamışlardır. Bazı çalışmalar SSG'nin, tasarım incelemesi [115], [117], [119], [120], [126], mimari detay tasarımı [147], strüktür analizi [145], bina erişilebilirliği [149], [162]–[164], güneş radyasyonu [165], gün ışığı [148], [159], [166], enerji tüketimi [167] için yeterli düzeyde kullanılabilirliğe sahip olduğunu göstermiştir. Önerilen bir takım SSG sistemleri [168]–[170] inşaat işçilerinin fiziksel görev icracılarından makine denetçilerine geçiş yeteneğini göstererek gelecekteki inşaat projeleri için zemin hazırlamıştır. Bazı çalışmalar, SSG uygulamalarında 2B çizimler ve 3B modelleme yoluyla temel geometrik formların oluşturulup oluşturulamayacağını araştırmıştır [111], [112], [129], [131], [155]. Bazı çalışmalar, YBM-SSG entegrasyonunu verimli bir şekilde gerçekleştirmek için yeni teorik çerçeveler sunmuştur. Bu çalışmalar, YBM-SSG çerçevesinin MMİİ/TY eğitiminde işbirlikçi [109], [132], [133] veya bireysel kullanım [107], [108], [110], [127], [160] için de kullanılabileceğini göstermiştir. Bu çalışmalar arasında sadece Elgewely vd. [160] YBM-SSG entegrasyonunu kullanılabilirlik, bulunulabilirlik, öğrenme çıktıları ve duyuşsal faktörlerle doğrulamıştır.

Bazı çalışmalar, mobil algılama ve/veya etkileşim kayıtları aracılığıyla farklı faktörlerin nasıl daha objektif bir şekilde değerlendirilebileceğine dair yeni çerçeveler önermiş ve test etmiştir: görev türlerinin belirlenmesi (öğrenme alanı) [171], [172], kullanıcıların eylemleri (eylemlilik) [146], [173], [174], kullanıcıların katılım davranışlarının tahmin edilmesi [175], [176] veya tehlikelerin tanınması [138] (bilişsel) ve kullanıcıların duygusal tepkileri [154], [177] (duyuşsal). Bu yeni

çerçeveler yalnızca inşai sağlık/güvenlik öğretimi, operasyonel görevler için öğretim ve yangın/güvenlik/erişim değerlendirmesi konularında sunulmuştur. Ayrıca, bazı çalışmalarda [107], [121], [129], [141], [148], [152], [161], deneylerin kısa sürmesine rağmen mide bulantısı, hareket hastalığı, baş dönmesi ve yorgunluk gibi SSG engelleri ortaya çıkmıştır.

Bilişsel faktörler (Süreç faktörü)

Literatürde oldukça az sayıda çalışma bilişsel faktörleri incelemiştir (11 çalışma). Bunlar arasında, referanslar [124], [138], [169], [175], [176] kullanılabilirlik üzerine yapılan çalışmalardır (önceki bölüm). Fiorentino vd. [124], tasarım inceleme görevi için SSG ve gerçek ortamda benzer bilişsel yük seviyeleri tespit etmiştir. Shi vd. [139], 3B'lu model ve SSG gruplarının hem görev süresi hem de doğruluk açısından 2B-basit ve 2B-karmaşık gruplarından daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Anketlere ve göz bebeği büyütme analizlerine dayanan ek bilişsel yük analizi, 3B ve SSG gruplarının işlem aşamasında daha düşük bilişsel yük seviyeleri gösterdiğini, ancak inceleme aşamasında daha yüksek bilişsel yük seviyeleri gösterdiğini bulmuştur [139]. Emamjomeh vd. [125], tasarım incelemesinde SSG'nin görsel çalışma belleği açısından gerçek ortama kıyasla daha olumsuz bir sonuç verdiğini ortaya koymuştur. Tasarım incelemesi için Hsu vd. [134], SSG'deki katılımcıların görece yüksek bilişsel yüke sahip olduğunu belirtmiştir. Shi vd. [139], yüksek bilişsel yükün ağır HMD ve kabloların yanı sıra uzun kullanım süresinden kaynaklanabileceğini öne sürerken, Emamjomeh vd. [125] bunun sanal ortamın tasarımından kaynaklanabileceğini göstermiştir.

Han vd. [137], tek görev moduna kıyasla, eklenen ikincil görevin bireylerin bilişsel yükünü önemli ölçüde artırdığını ve görev performansını düşürdüğünü bulmuştur. Ayrıca, zaman baskısı, öğrencilerin göreve konsantre olmaları ve performansı artırmaları için bilişsel yükün artırılabilirliği tekli görev modunda daha uygulanabilir olma eğilimindedir [137]. Tehrani vd. [178], SSG'de yüksekliğe maruz kalmanın inşaat işçilerinin tetikte olma seviyelerini olumsuz etkileyebileceğini ve daha yüksek zihinsel yorgunluk seviyelerine işaret edebileceğini bulmuştur. Bu sonuç, sanal ortam tasarımının bilişsel yükü kontrol etmek için ne kadar önemli olduğuna işaret eder. Choi vd. [179], bir inşaat işçisinin durumsal farkındalığının operatörün o anda yürütmekte olduğu görevden önemli ölçüde etkilendiğini göstermiştir. Tüm bu sonuçlar, bilişsel faktörlerin görev türü,

görev karmaşıklığı, sanal ortam tasarımı ve SSG'deki araçların ergonomisi ile ilişkili olduğunu gösterir.

Bazı çalışmalar bilişsel faktörleri analiz etmek için NASA-TXL ölçeğini uyguladılar. Albeaino vd. [169], bu ölçeği hem gerçek hem de drone simülasyon koşulları altında öğrencilerin uçuş içi iş yükü talebini değerlendirmek için kullanmıştır. Fiorentino vd. [124] tasarım incelemesi için, Hsu vd. [134] paydaş katılımı için ve Tehrani vd. [178] inşai sağlık/güvenlik için zihinsel iş yükünü değerlendirmek üzere NASA-TLX'i kullandılar. Han vd. [137], bu ölçeği toplam bilişsel yükü değerlendirmek için kullandı. Bu çalışmalar zihinsel iş yükü ile bilişsel yük arasındaki ilişkiyi açıkça belirtmediler.

Duyuşsal faktörler (süreç faktörü)

SSG'nin durumsal ilgiyi [145], keyif düzeyini [123], [144], [147], [161], [180] ve bedenleştirmeyi [140], [160], [181] geliştirdiğine dair açık bir teorik mutabakat vardır. Referanslar [152], [160], SSG'nin hem öğrenme performansını hem de motivasyonu olumlu yönde etkilediğini gösterirken, referanslar [135], [143] SSG'nin motivasyonu olumlu yönde etkilediğini ancak öğrenmeyi iyileştirmediğini göstermiştir. Srinivasa vd. [153], SSG'nin öğrenme performansını ve öz-yeterliği olumlu yönde etkilediğini göstermiştir. Bu çalışmalar SSG'nin öğrenme performansı üzerindeki etkisini kullanılabilirlik ve duyuşsal faktörlerle birlikte ele aldığından, bu konu bir sonraki bölümde tartışılmaktadır. Kısacası, SSG'nin duyuşsal faktörleri olumlu yönde etkilediği konusunda genel bir mutabakat vardır.

Shi vd. [136], iki farklı pekiştirilmiş öğrenme tekniğinin, yani güvenlik talimatlarının olumlu sonuçlarla ve olumsuz sonuçlarla gösterilmesinin, inşaat işçilerinin düşme riski davranışları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Sonuçlar, bilginin olumlu sonuçlarla gösterilmesinin (düşmeyen grup) kullanıcıyı gösteriyi takip etmeye ve tehlikeli bir durumda normal yürüyüşünü sürdürmeye teşvik ettiğini göstermiştir [136].

Öğrenme alanı (çıktı faktörü)

Mevcut bulgularla ilgili olarak, öğrenme alanını etkileyen diğer faktörler önceki bölümlerde açıklanmıştır ([130], [136], [179], [180], [137], [139], [153], [155], [158], [171], [172], [178]). Bu bölümde, SSG'nin öğrenme alanı üzerindeki etkileri medya ve yöntem araştırmaları açısından tartışılır. Referanslar [182]–[184],

SSG'nin öğrenme performansını artırmada geleneksel ders anlatımından daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalar sadece öğrenme performansını analiz etmiştir. Referanslar [116], [140]–[142], [144], [152], [153], [160], [161], [185], SSG'nin öğrenme alanı ve kullanılabilirlik açısından geleneksel tabanlı yöntemlerden daha etkili olduğunu göstermiştir. Referanslar [135], [143], geleneksel tabanlı yöntemlerin öğrenme performansı ve kullanılabilirlik açısından SSG'den daha etkili olduğunu göstermiştir. Bu çalışmalar, öğrenme performansının yanı sıra SSG sistemlerinin ve ders içeriğinin kullanılabilirliğini algılayan etkililik, kullanım kolaylığı ve memnuniyet açısından incelemiştir.

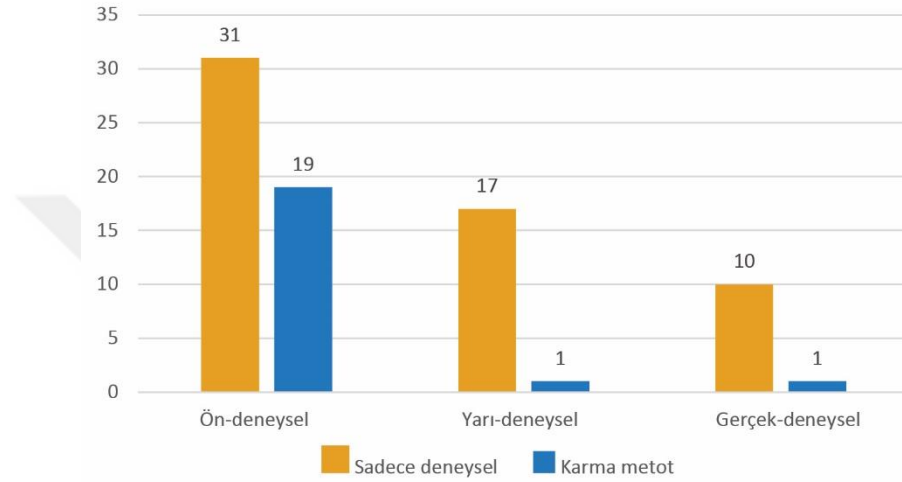
Kandi vd. [122], 2D çizimleri inceledikten sonra SSG kullanan öğrencilerin bilgi testinde SSG'den sonra 2D çizimleri yapanlara göre önemli ölçüde daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Pradhananga vd. [106], sınıf içi ders yoluyla rehberli danışmanlık, SSG simülasyon sunum eğitimi yoluyla sarmalayıcı bir öğrenme etkinliği ve sosyal medyaya katılım yoluyla sosyal öğrenmeyi içeren üç müdahalenin birlikte uygulanmasının, öğrencilerin sunum becerilerini proaktif olarak geliştirmelerini önemli ölçüde destekleyebileceğini belirtmiştir. Yang ve Goh [135], olgusal bilgileri öğretmek için kaydedilmiş video derslerinin veya kağıt tabanlı yöntemlerin ve katılımcıların bilgiyi gerçek dünyayla ilişkilendirmelerini sağlamak için SSG simülasyonlarının kullanılabileceğini öne sürmüştür. Bu çalışmalar, medyanın sıralanmasının veya toplu olarak uygulanmasının öğrenme performansı üzerinde olumlu etkileri olabileceğini göstermiştir.

2.3.4 MMİİ/TY Eğitiminde SSG'de Deneysel Tasarım

Şekil 2.9'da görüldüğü gibi, bazı çalışmalarda deneysel türlerin yanı sıra nitel analiz yöntemleri de kullanılmıştır (ön-deneysel için on dokuz, yarı ve gerçek-deneysel için birer çalışma). Bu çalışmalar verileri istatistiksel yöntemlerin yanı sıra nitel yöntemlerle de analiz etmiştir.

Referanslar [102], [111], [149], [154], [163], [169], [176], [179], [182], [183], [114], [115], [125], [130], [132], [135], [140], [142] yarı deneysel türde iken, referanslar [25,43,127,48,50,53,54,72,104,111,112] gerçek deneysel türdedir. Dolayısıyla, bu çalışmaların diğer çalışmalara göre daha fazla bilimsel titizliğe sahip olduğu söylenebilir. Bu çalışmaların toplam sayısı (79 çalışmadan 29'u) ise oldukça düşüktür. Veri toplama yöntemleri Şekil 2.10'daki çubuk grafiğin ortasında

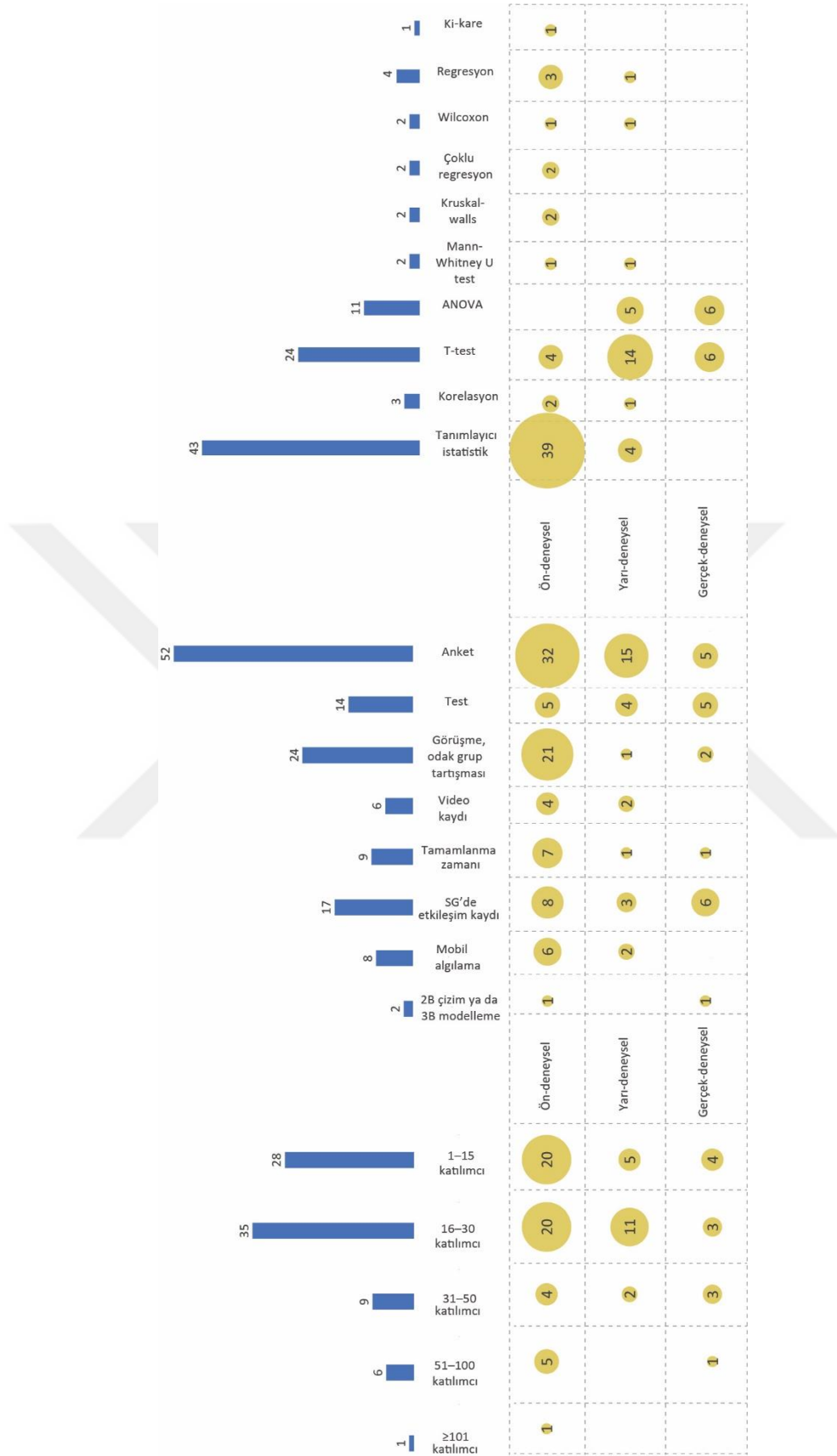
sunulmuştur. Çalışmaların çoğunluğu anket kullanarak veri toplamıştır (52 çalışma). Bunu görüşme, odak grup tartışması (24 çalışma), sanal gerçeklik uygulamasında etkileşim kaydı (17 çalışma) ve test (14 çalışma) takip etmiştir. Anket veya test uygulayan 15 çalışma [110], [113], [167], [180], [182]–[184], [117], [121], [123], [131], [159], [161], [164], [165] ilgili temel faktörleri incelemek için herhangi bir gösterge (geçerliliği ve güvenilirliği olan öznel ölçekler) veya öğrenme teorisi/modeli sunmamıştır.



Şekil 2.9 Çalışmaların karma metot kullanım durumları

Şekil 2.10'un üst kısmında gösterildiği gibi, tanımlayıcı istatistikler (43 çalışma) en çok uygulanan nicel veri analizi yöntemi olmuş, bunu T-testi (24 çalışma) izlemiştir. Referanslar [109], [114], [184], [122], [132], [137], [139], [158], [176], [179], [183], verilerini değerlendirmek için ANOVA uygulamıştır. Bunu regresyon türü takip etmiştir [118], [134], [135], [175]. Şekil 2.10'un bu bölümündeki toplam sayı çalışma sayısından daha yüksektir çünkü bazı çalışmalar temel faktörleri değerlendirmek için birden fazla veri değerlendirme yöntemi kullanmıştır.

35 çalışma, Şekil 2.10'daki çubuk grafiğin alt kısmında gösterildiği gibi, her grupta 16-30 katılımcı içermiştir. Bu sayıyı 1-15 katılımcı (28 çalışma) takip etmiştir. Referanslar [122], [127], [135], [136], [139], [144], [155], [157], [176] her grupta 31-50 katılımcı görevlendirirken, referanslar [118]–[120], [153], [171], [180] 51-100 katılımcı görevlendirmiştir. Şekil 2.10'un sağ tarafındaki üç kabarcık grafiği, çalışma türleri, veri toplama yöntemleri, her gruptaki katılımcı sayısı ve değerlendirme yöntemleri arasındaki ilişkiye daha derinlemesine bakmamızı sağlamaktadır.



Şekil 2.10 Çalışmaların deneysel desen özellikleri

2.4 Bölüm Tartışması

Çalışmanın bu bölümünde, uygulanan öğrenme teorilerinin/modellerinin mevcut durumu, ilgili teknolojik ve pedagojik faktörler ve bunlar arasındaki ilişkiler doğrultusunda MMİİ/TY eğitiminin tüm kullanım durumlarını kapsayarak SSG'yi (kablosuz ve PC-bağlantılı) daha kapsamlı bir şekilde inceleme amaçlanmıştır. MMİİ/TY eğitimine odaklanan 79 çalışma (makale ve bildiri) tespit edilmiştir. Şekil 2.11, SG-GSÇ [49]'ye göre mevcut çalışmaların faydalarını ve zorluklarını özetlemektedir.



Şekil 2.11 MMİİ/TY eğitiminde SSG'nin faydaları ve zorlukları

Şekil 2.4'te gösterildiği gibi, MMİİ/TY eğitimi için SSG'ye artan bir akademik ilgi vardır. Diğer kullanım alanlarına kıyasla, Şekil 2.5'te gösterildiği gibi, mimari detay tasarımı ve strüktür, malzeme analizi/harita ölçe prosedürleri için daha az sayıda

Çalışma bulunmaktadır. Bu kullanım alanlarındaki bilimsel araştırmaların artırılması, öğrencilere en güncel dijital becerilerin kazandırılması ve öğrencilerin hızla değişen bir ortamda daha geniş beceriler geliştirme yeteneklerinin geliştirilmesi açısından kritik önem taşımaktadır. Bu SLİ, yalnızca 28 çalışmanın öğrenme teorilerini/modellerini kullandığını ortaya koyar. Bunların çoğu davranışçılık ve yapılandırmacılık teorilerinin yanı sıra bunların alt dalları üzerinde yoğunlaşmıştır (şekil 2.7). Bilişsel yük teorisi [9], MBBDT [36] ve SBDM [37] ile doğrudan ilişkili olmasına ve SSG'nin birçok temel faktörü hakkında ampirik bulgulara sahip olmasına rağmen, sadece üç çalışma [137]–[139] bilişsel yük teorisini uygulamıştır.

Acemi-uzman arasındaki farkın SSG'nin teknik özelliklerini ve olanaklılığını [102], [149] veya öz yeterliği [149] etkilemediği konusunda genel bir fikir birliği vardır. Cinsiyetin duyuşsal faktörler [114], [115], [152] ve öğrenme ıktıları [153] üzerindeki etkisi konusunda fikir birliği yoktur. Bu bulgular, öğrencilerin uzamsal becerileri gibi diğer bireysel özelliklerinden kaynaklanıyor olabilir. Diğer alanlardaki önceki araştırmalar, uzamsal yetenek gibi değişkenlerdeki bilişsel farklılıkların SSG ğrenimindeki bireysel değişkenliğe katkıda bulunabileceğini ne sürmektedir [186]. Ancak, bu SLİ'de MMİİ/TY eğitiminde bu duruma ilişkin herhangi bir kanıt bulunamamıştır.

Bulgular, gerçekçilik düzeyi ile öğrencinin hisleri [102], [125] veya kullanıcının olumlu ve olumsuz duygularının büyüklüğü [154] arasında pozitif bir ilişki olduğunu gösterir. Öğretim teknolojisinde yapılan önceki alışmalar, SSG'nin bilgisayar ile karşılaştırıldığında olumlu duygular üzerinde etkisi olduğunu göstermiştir [86], [187]. Ayrıca referanslar [102], [125], [154], SSG'nin kendi içindeki gerçekçilik seviyesi ile duygusal durum arasındaki ilişkiyi belirlemiştir. Olumsuz duygular, bina sağlığı/güvenliği eğitimi, operasyonel görev eğitimi ve yangın/güvenlik/erişim değerlendirmesi gibi MMİİ/TY kullanım durumlarında özellikle önemli hale gelebilir. Dolayısıyla, herhangi bir kullanım durumundaki gerçekçilik seviyesi, gerçekleştirilecek göreve veya öğretilecek konuya göre belirlenebilir. Bir başka bulgu da ilgili sanal nesnenin leği (1:1 lek) ile kullanılabilirlik veya görev performansı arasında negatif bir ilişki olduğudur [129], [155]. Bunun bir açıklaması, sanal nesnenin leğinin, kullanıcının ilgili görevin

ana unsuru olan bütün nesneyi göremeyeceği kadar büyük olması durumunda yönelim bozukluğuna neden olabileceğidir.

SSG yüksek düzeyde bulunurluk sağlayabilir [125], [128], [134], [157], [188], bu da bir dizi ilgili görevin uygun maliyetli ve tehlikesiz bir ortamda yürütülmesine olanak tanıyabilir. SSG'de navigasyon (eylemlilik) söz konusu olduğunda, serbestçe dolaşmanın öğrenme performansını olumsuz etkilediğine [158] veya uzamsal oryantasyon becerisini geliştirmediğine [130] dair bulgulardan elde edilen bazı kanıtlar vardır. Bu sonuçların olası bir açıklaması, kullanıcıların sonsuz veya daha az kısıtlı gezinme alanı nedeniyle ilgili görevden kopmaları olabilir. Ayrıca, serbestçe gezinme veya balık tutma modunun kullanılması çeşitli yan etkilere yol açmıştır [129], [133]. Bu bulgular, navigasyonun (eylemlilik) süreç faktörleri ve çıktı faktörü üzerindeki etkisini anlamamıza yardımcı olmaktadır. MMİİ/TY eğitimine ilişkin önceki SLİ'lerde benzer bulguların değerlendirilmediği söylenebilir.

SSG, kullanıcıların sanal bir ortamda çeşitli görevleri yerine getirebilmeleri için yeterli düzeyde kullanılabilirliğe sahiptir. Tasarım incelemesi, mimari detay tasarımı, strüktür analizi, bina erişilebilirliği, güneş radyasyonu, gün ışığı ve enerji tüketimi için yeterli kullanılabilirlik seviyesi nedeniyle öğrencilerin çeşitli etkileşim ve görselleştirme teknikleri aracılığıyla mekansal unsurları anlamalarına olanak sağlayabilir. Bu konuları analiz eden çalışmalar, bir önceki bölümde (kullanılabilirlik ve yan etkiler) belirtilmiştir. Ayrıca SSG, inşaat işçilerinin sahadaki makinelerle uzaktan işbirliği yapmasını sağlamaktadır [168]–[170]. Bazı çalışmalar, kullanılabilirlik faktörüne ilişkin daha spesifik bulgular belirtmiştir. Referanslar [129], [155], sanal nesnelerin doğrudan kavranmasının 3B grafiksel kullanıcı arayüz aracılığıyla operasyonel bir vekil kullanmaktan daha iyi olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, özellikle mimari detay tasarımı, 2B çizim/3B modelleme ve tasarım incelemesi gibi kullanım durumlarında nesneyle doğrudan etkileşim önemli olduğundan, sanal nesnelerle etkili etkileşim yöntemlerinin (doğrudan kavrama veya 3B grafiksel kullanıcı arayüz) kullanılmasının yanı sıra bir sanal nesnenin ölçeğinin uygun şekilde seçilmesi de önemlidir. Referanslar [107], [109], SSG'nin dosya boyutu sınırlamalarından yoksun olduğunu, ayrıntılı YBM'i basitleştirmenin zaman aldığını ve oyun-tasarım unsurlarına odaklandığını ancak

gerçek dünyadaki tasarım zorluklarını çözmediğini belirtmiştir. Bunun nedeni, SSG uygulamalarının tasarlandığı render motorlarının oyun tasarımı sektörüne odaklanmış olması ve MMİİ/TY'e özgü render motorlarının bulunmaması olabilir. SSG, bazı çalışmalardaki 2B çizimler/3B modelleme detay seviyeleri nedeniyle bina modelleme gereksinimlerini tam olarak karşılayacak detaylı mimari modelleme yeteneğine sahip değildir [111], [112], [129], [131], [155]. Ayrıca, yan etkileri nedeniyle SSG, uzun saatler boyunca çalışan MMİİ/TY kullanıcıları için olumsuz ergonomik durumlara yol açabilir [107], [121], [129], [141], [148], [152], [161].

MMİİ/TY eğitimindeki sınırlı sayıda bulgu, bilişsel faktörlerin görev türü [139], görev karmaşıklığı [137], sanal ortam tasarımı [125] ve SSG'deki araçların ergonomisi [139] ile ilişkilerini göstermiştir. Han vd. [137] ile Shi vd. [139] dışındaki çalışmaların çoğunluğu, bu faktörlerle ilişkili olabilecek belirli bilişsel yük türlerini ele almadan bilişsel yükü yalnızca genel düzeyde incelemiştir. Eğitim psikolojisi alanında yapılan önceki araştırmalar, SSG'de öğrenmenin daha az sarmalayıcı ortamlarda öğrenmeye kıyasla daha yüksek dışsal bilişsel yüke neden olduğunu öne sürmekte ve SSG öğrenme araçları tasarlanırken bilişsel yükün dikkate alınması gerektiğini vurgulamaktadır [83], [86], [189], [190]. İki boyutlu bir ekranın aksine, SSG sistemleri görsel görüş alanını ve etkileşim düzeyini artırır, bu da bulunuşluluğu ve eylemliliği artırabilir. Ancak bu durum, özellikle içerik öğrenme için gerekli olmayan özendirici ayrıntılar içerdiğinde, öğrenenlerin ilgili içeriği bulması gerektiğinden, gereksiz bilişsel yükü artırabilir [187]. Sonuç olarak, MMİİ/TY eğitiminde daha etkili SSG uygulamaları tasarlamak için, bilişsel yükün türünü (içsel, dışsal ve etkili yük [9]) ele almak ve bu faktörü ilgili görev ilişkilerinde tartışmak çok önemlidir.

SSG'nin durumsal ilgi [145], keyif düzeyi [123], [144], [147], [161], [180] ve bedenleşme [140], [160], [181] gibi duyuşsal faktörleri olumlu yönde etkilediği konusunda genel bir mutabakat vardır. SSG'nin öğrenme performansı ve motivasyonu aynı şekilde etkilemesi konusunda görüş ayrılıkları vardır [135], [143], [152], [160]. Bu çalışmalarda öğrenme performansı, motivasyonun yanı sıra diğer girdi ve süreç faktörleriyle birlikte analiz edilmiştir. Referanslar [135], [143], geleneksel yöntemlerin kullanılabilirlik ve öğrenme performansı açısından

SSG'den daha etkili olduğunu ancak motivasyonu etkilemediğini göstermiştir. Bunun bir nedeni, düşük kullanılabilirlik seviyelerinin öğrenme performansını olumsuz etkilemesi olabilir. Ayrıca, bulunuşluluk ve bilişsel yük de düşük öğrenme performansını etkileyen faktörler olabilir. Eğitim psikolojisinde yapılan önceki çalışmalar daha karmaşık görsel temsillerin ve ayrıntıların, daha yüksek temsil doğruluğunu yansıtabileceğini ve artan bulunuşluluk ve olumlu duygusal uyarılmaya katkıda bulunabileceğini; bunun da daha fazla dışsal bilişsel yük ve daha az öğrenmeye etki eden sanal ortamlara yol açabileceğini belirtmiştir [37], [83]. Tüm bu nedenlerden dolayı, SSG'de öğrenme performansını değerlendirirken duyuşsal faktörlerin yanı sıra diğer girdi ve süreç faktörlerini de göz önünde bulundurmak daha net bir anlayış sağlar.

Shi vd. [136], kullanıcılara olumlu pekiştirme vermenin öğrenme performanslarını artırdığını göstermiştir. Bu sonuç önemlidir; çünkü SSG eğitim senaryolarının verimliliğini önemli ölçüde artırma potansiyeline sahiptir. Ancak, olumlu pekiştirmeye ilişkin bu bulgunun olumlu duygusal etkiden mi yoksa bilişsel yükten mi kaynaklandığı tam olarak açık değildir. Sosyal öğrenme teorisi açısından, öğrencilere olumlu pekiştirme vermek onların kendi kendilerini yönetme becerilerini geliştirir ve uygun davranışları yeniden üretmeye teşvik eder [191]. Bilişsel yük teorisi açısından, çalışılmış örneklerin öğrenenler üzerinde olumlu etkileri vardır [9].

Öğrenme alanı ve kullanılabilirliğin incelendiği mevcut güncel çalışmalar [116], [140]–[142], [144], [152], [153], [160], [161], [185], SSG'nin yüksek düzeyde kullanılabilirliğinin kullanıcıların diğer medya türlerine kıyasla daha yüksek öğrenme performansı elde etmesini sağladığını göstermiştir. Referanslar [135], [143] ise tam tersini göstermiştir. Bu çalışmalara göre, SSG sisteminin etkililik düzeyi, içeriği ve öğrenme yönteminin verimliliği arasında bir ilişki olabilir. Bu deneylerdeki kullanılabilirlik seviyesinin öğrenme performansı ile ilişkili olmasının nedeni, öğretim prosedürlerini değiştirerek değiştirilebilen dışsal bilişsel yük olabilir. Dışsal bilişsel yük, bilginin nasıl sunulduğu ve öğrencinin öğretim prosedürüne göre ne yapması gerektiği ile belirlenir [9]. İlk olarak SSG çalışmaları, dışsal bilişsel yükü kontrol etmek için SSG sisteminin ve öğrenme içeriğinin kullanılabilirlik düzeylerini inceleyebilir. Daha sonra bu seviyenin yüksek olması

durumunda, diğer süreç faktörleri ve öğrenme çıktıları öğrenme yöntemleri kapsamında daha fazla incelenebilir. Böylece SSG'nin kullanılabilirliğinin ve diğer olanaklılıklarının etkisi deney bulgularıyla kontrol altına alınacağı için öğrenme yöntemlerinin ve bilişsel/duyuşsal faktörlerin etkisi daha açık şekilde incelenebilir.

Kandi vd. [122], kağıt/SSG sıralamasının öğrenme çıktılarını etkileyebileceğini belirtmiştir. Shi vd. [139], işlem aşamasında daha düşük bilişsel yük seviyeleri ancak gözden geçirme aşamasında daha yüksek bilişsel yük seviyeleri göstermiştir. Bu sonuçlar, aynı kullanıcı ile kağıt/bilgisayar ve SSG veya ters sıralamanın öğrenme çıktılarını ve/veya bilişsel yükü nasıl etkilediğini göstermektedir. Bu nedenle, öğretilecek bilgi türüne (bildirimsel veya prosedürel) dayalı olarak karmaşık görevlerde medya türlerini ve bunların sıralarını belirlemek, görevleri farklı medya kullanımına (kağıt, bilgisayar veya SSG) sahip parçalara bölerek yüksek bilişsel yükü ve düşük öğrenme performansını kontrol etmeye yardımcı olabilir.

Şekil 2.9 ve 2.10'a göre, çalışmaların büyük çoğunluğu deneysel tasarım prosedürlerinde bilimsel titizlikten yoksundur. İlk olarak, 50 çalışma kontrol grubu veya rastgele atama prosedürünün olmadığı deney öncesi bir tasarım uygulamıştır [103]. Sadece 29 çalışma yarı veya gerçek deneysel tipleri uygulamıştır (bkz. sonuçlar). İkinci olarak, sanal gerçeklik uygulamasında etkileşim kayıtları (17 çalışma), tamamlanma zamanı (9 çalışma) ve mobil algılama (8 çalışma) gibi daha objektif veri toplama yöntemleri de nispeten azdı. Son olarak, ANOVA (11 çalışma) ve T-testi (24 çalışma) gibi sağlam istatistiksel yöntemler, bulguları değerlendirmek için diğer yöntemlerden daha az sıklıkla uygulanmıştır. Herhangi bir eğitim alanında SSG kullanılırken, geri kalmış metodolojiler yerine eğitim ve psikolojik araştırmalarda önerilen standartlar kullanılmalıdır [68].

2.4.1 Pratik Uygulamalar

Pratik uygulamalar üzerine sorular, gelecekteki deneysel tasarımlarda nelerin dikkate alınması gerektiği ve MMİİ/TY kullanım durumları için SSG'nin sınıfta veya laboratuvarlarda nasıl kullanılacağı konuları olmak üzere iki kısma ayrılabilir. Tablo 2.5, gelecekteki çalışmalar için önerilen pratik çıkarımları özetlemektedir.

Tablo 2.5 SSG'nin MMİİ/TY eğitimindeki pratik etkileri

Gelecekteki deneysel tasarım için:
• SSG'de eğitim stratejisinin verimliliğini artırmak için öğrenme teorilerini/modellerini uygulamak • Yapılandırmacılık, davranışçılık ve oyunlaştırma kullanılacaksa, daha net veri toplama yöntemleriyle öğrencilerin performansına daha fazla odaklanmak • Zihinsel iş yükü ile bilişsel yük türleri veya öğrenme performansı arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak • SSG'deki belirli faktörlerin ilişkilerini araştırmayı planlamak: (i) motivasyon-öğrenme performansı, (ii) cinsiyet-duyuşsal faktörler, (iii) olumlu pekiştirme-duyuşsal/bilişsel faktörler ve (iv) medya dizisi-öğrenme performansı-bilişsel faktörler • Bilgisayara-bağlı ve kablosuz EK'ları teknolojik özellikler ve olanaklar açısından karşılaştırmalı olarak analiz etmek • (i) Bilişsel/duyuşsal faktörleri ve öğrenme alanını biçimsel olarak değerlendirmek ve (ii) öğrencilere yapıcı geri bildirim sağlamak için nesnel veri toplama yöntemlerini uygulamak
Sınıfta veya laboratuvarlarda SSG kullanımı için:
• Laboratuvar veya sınıfta kullanım için görevin gerektirdiği etkileşim düzeyine bağlı olarak SSG'yi seçmek • SSG uygulamalarındaki öğrenme performansını diğer süreç faktörleri ile birlikte incelemek • SSG'nin sınıflarda ve laboratuvarlarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamak için teknik ve pedagojik faktörleri yüksek bilimsel titizlikle analiz etmek

Gelecekteki deneysel tasarımlarla ilgili olarak, tasarım-tabanlı öğrenme [126], yapılandırmacılık [128], [145]–[147], davranışçılık [114] veya oyunlaştırmayı [115], [119], [148] uygulayan bazı çalışmalar öğrenme alanını analiz etmemiştir. Bu sonuçlar, Kirschner vd. [7]'nin ve Newton ve Salvi'nin [8] yapılandırmacılık ve davranışçılıkla ilgili bulgularıyla örtüşmektedir ve bu teorilerin etkinliğini destekleyecek kanıtlardan yoksundur. Mevcut bulgular, yapılandırmacılık, davranışçılık ve oyunlaştırmaya dayalı gelecekteki SSG çalışmalarının daha net veri toplama yöntemleriyle öğrenenlerin performansına daha fazla odaklanabileceğini göstermiştir. Gelecekteki çalışmalar, SSG'deki eğitim stratejisinin verimliliğini artırmak için öğrenme teorilerini/modellerini daha sık uygulayabilirler.

NASA-TLX ölçeğini kullanan bazı çalışmalar zihinsel iş yükünü araştırırken [124], [134], [169], [178], Han vd. [137] genel bilişsel yükü incelemiştir. Bunlardan öğrenme performansı sadece [137] (bilişsel yük ile) ve [178] (zihinsel iş yükü ile) tarafından değerlendirilmiştir. Eğitim psikolojisine göre [192], zihinsel iş yükü göstergesi NASA-TLX ile bilişsel yük arasındaki ilişki tam olarak açık değildir. Bu

nedenle, gelecekteki çalışmalar zihinsel iş yükü ile bilişsel yük türleri veya öğrenme performansı arasındaki ilişkileri ortaya çıkarabilir.

Ayrıca, yukarıdaki bölümde tartışıldığı gibi, SSG'deki bazı faktörlerin ilişkileri hakkında net bulgular yoktur: (i) motivasyon-öğrenme performansı, (ii) cinsiyet-duyuşsal faktörler, (iii) olumlu pekiştirme-duyuşsal/bilişsel faktörler ve (iv) medya dizisi-öğrenme performansı-bilişsel faktörler. Dolayısıyla, gelecekteki çalışmalar, MMİİ/TY eğitiminde SSG-tabanlı öğretim yöntemlerinin etkililiği ve verimliliği açısından bu faktörler arasındaki ilişkileri araştırmayı planlayabilir.

Dahası, mevcut çalışmalarda PC bağlantılı EK'ların kullanımı oldukça yüksektir. Kablosuz EK'ların kullanıldığı sadece beş çalışma bulunmaktadır [120], [127], [140], [158], [172]. Bu durum, kablosuz EK'ların çok yeni piyasaya sürülmesinden kaynaklanıyor olabilir. Kablosuz EK'lar, kullanıcıların kablo bağlantısı olan PC bağlantılı EK'lara göre daha özgürce hareket etmelerini sağlayabilir [129]. Ancak bu iki EK türünden hangisinin sarmalayıcı, temsil doğruluğu ve kontrol faktörü gibi teknolojik özellikler açısından daha verimli olduğu karşılaştırmalı çalışmalarla ortaya çıkarılabilir. Gelecek çalışmalarda, bu iki tür teknolojik özellikler ve olanaklıklar açısından analiz edilebilir ve kablosuz EK'ların verimliliği ortaya konabilir.

Son olarak, testler veya anketler kullanan bazı çalışmalarda, ilgili temel faktörleri analiz etmek için önceki araştırmalara dayanan istatistiksel olarak geçerli ve güvenilir herhangi bir ölçüm aracı bulunmamaktadır. Ek olarak, mevcut literatürde SSG için objektif veri toplama yöntemlerinin bilişsel [138], [175], [176], duyuşsal faktörler [154], [177], eylemlilik [146], [173], [174] ve öğrenme alanının [171], [172] değerlendirilmesinde etkili sonuçlar verdiğine dair yeterli kanıt bulunmaktadır. Ancak, bu nesnel veri toplama yöntemleri yalnızca üç kullanım durumu için sunulmuştur: inşai sağlık/güvenlik öğretimi, operasyonel görevler için öğretim ve yangın/güvenlik/erişim değerlendirmesi. Gelecekteki çalışmalarda, diğer kullanım durumları için nesnel veri toplama yöntemlerinin kullanılması (i) bilişsel/duyuşsal faktörlerin ve öğrenme alanının geliştirici biçimde değerlendirilmesi ve (ii) öğrencilere yapıcı geri bildirim sağlanması için gereklidir.

MMİİ/TY eğitiminde SSG'nin sınıflarda ve laboratuvarlarda kullanılıp kullanılmayacağına gelince, bu konuyu teknik ve pedagojik olmak üzere iki açıdan

ele almak gerekir. Teknik açıdan bakıldığında, SSG tasarım incelemesi [115], [117], [119], [120], [126], mimari detay tasarımı [147], strüktür analizi [145], bina erişilebilirliği [149], [162]–[164], güneş radyasyonu [165], gün ışığı [148], [159], [166], enerji tüketimi [167] için etkili olabilir. Ancak, referanslar [159], [165], SSG’de gerçek zamanlı görüntülemenin grafik kısıtlamalarına dikkat çekmiştir. Ayrıca, bazı çalışmalarda [111], [112], [129], [131], [155] sanal nesnelerdeki ayrıntı düzeyi göz önüne alındığında, SSG’nin şu anda profesyonel bina modelleme gereksinimleri için gereken ayrıntılı sanal nesne manipülasyon yeteneğine sahip olmadığı söylenebilir. Bu sınırlamalar, SSG’nin özelleştirilmiş bir ortamdan ziyade pasif bir etkileşim veya iletişim aracı olarak kullanılmasına yol açmaktadır. Görevin gerektirdiği etkileşim düzeyine bağlı olarak, MMİİ/TY kullanım durumları için SSG laboratuvarında veya sınıfta kullanılmak üzere seçilebilir. Ancak, SSG’nin laboratuvarında veya sınıfta yaygın kullanımı için teknik özellikler tek başına yeterli değildir ve pedagojik yönlerinin de araştırılması gerekir. Pedagojik açıdan bakıldığında, SSG uygulamalarındaki öğrenme performansının diğer süreç faktörleriyle birlikte titiz bilimsel çalışmalarla incelenmesi yaygın kullanımları için çok önemlidir. 79 çalışmadan sadece 12’si [130], [135], [179], [185], [137], [139]–[142], [152], [153], [158] öğrenme alanını diğer süreç faktörleriyle birlikte yüksek bilimsel titizlikle analiz etmiştir; çünkü yarı veya gerçek deneysel türü uygulamışlardır. Ayrıca, Şekil 2.10’a göre, çalışmaların yarısından azı yarı-deneysel veya gerçek-deneysel prosedürler uygulamıştır. SSG’nin genel MMİİ/TY eğitimi için sınıflarda ve laboratuvarlarda yaygın olarak kullanılmasını sağlamak için teknik ve pedagojik faktörleri yüksek bilimsel titizlikle analiz eden daha fazla çalışmaya ihtiyaç vardır.

2.4.2 Çalışmanın Kısıtlılıkları

İnceleme, seçim ve filtreleme süreçlerinin doğası gereği, bu sistematik incelemeyi çeşitli kısıtlılıklar etkileyebilir. Bu SLİ’nin bir kısıtlılığı, denek popülasyonunun, veri toplama ve temel faktörler için değerlendirme yöntemlerinin çalışmalar arasında aynı olmaması olabilir. Ancak bu SLİ’nin amacı, MMİİ/TY eğitimi ilgilendiren tüm temel faktörleri ve aralarındaki ilişkileri, deneysel çalışma türlerini ve öğrenme teorilerini/modellerini ortaya koymaktır. Bunlar, önceki sistematik literatür incelemelerinde MMİİ/TY eğitimindeki tüm kullanım durumları için ele alınmamıştır. Gelecekteki çalışmalar, her bir temel faktör üzerinde genel veya

mutlak bir etki hesaplayarak SSG'nin MMİİ/TY eğitimindeki etkinliğini gözden geçirebilirler.

SSG teknolojisinin kullanımıyla ilgili olarak "sarmalayıcılık" terimi önceki literatürde değişken bir şekilde yorumlanmıştır. Bu SLİ'de, masaüstü uygulamalar ve 360° videolar gibi sarmalayıcı olmayan teknolojilerin yanı sıra telefon-tabanlı sanal gerçeklik, SSG'de yalnızca 360° video ve CAVE gibi düşük sarmalayıcı teknolojiler, düşük sarmalayıcılık seviyeleri nedeniyle hariç tutulmuştur. SSG'den geleneksel yöntemlere kadar tüm bu cihazları temel faktörler açısından karşılaştırırken belirsizlik söz konusudur; çünkü bu cihazların sağladığı teknolojik imkanların seviyeleri büyük ölçüde farklılık göstermektedir. Ne yazık ki, "sarmalayıcı teknoloji" olarak adlandırılabilen ekipmanlar konusunda hala belirsizlik ve homojen olmayan bir yorumlama söz konusudur [103]. Gelecekteki çalışmalar, sanal gerçeklik türlerini daha spesifik olarak kategorize ederek MMİİ/TY eğitiminde uygulamaların etkililiğini gözden geçirebilir.

Bunların yanı sıra, inceleme sürecinin sınırlamaları arasında diğer seçim kriterlerinin kısıtlamaları da yer almaktadır. Bu SLİ, İngilizce olmayan makalelerin hariç tutulması nedeniyle ilgili tüm çalışmalara erişim sağlayamamıştır. Sonuç olarak, dahil edilen çalışmaların yorumlanması ve sentezlenmesi bir dereceye kadar engellenebilir.

MİMARİ TEKNİK ÇİZİM VE DOKUMANTASYON DEĞERLENDİRMESİ İÇİN RUBRİK GELİŞTİRİLMESİ

Tasarım sürecinde, kavramsal tasarımdan nihai sonuca kadar, mimarlar 2B çizim, 3B modelleme, proje süreci koordinasyonu, ortaklaşa çalışma ve proje yönetimi vb. bilgi/becerilerini kullanarak çalışırlar. Bu bilgi/beceriler, mimarlıkla ilgili olguları içeren bildirimsel bilgileri, çeşitli işlemlerin nasıl yapılacağını belirleyen prosedürel bilgileri ve karmaşık fiziksel aktivitelerin gerçekleştirilmesini sağlayan psikomotor becerileri kapsar. Bu bilgi ve beceri türlerinin mimarlık eğitiminde kullanımında, herhangi bir öğrenme aktivitesindeki eğitsel amaçlar doğrultusunda problem çözme, karar verme, deneyimleme ve araştırma eylemlerinden yararlanılır [15].

Tasarım alanında bazı çalışmalar, çeşitli problem çözme yaklaşımlarıyla tasarımın doğasını ve sürecini araştırmaktadırlar [193]. Bu araştırmalar tasarım sürecinin, metodolojik biçimde ortaya çıkarılmasına büyük katkı sağlarlar ve tasarım sürecini belirgin biçimde daha verimli hale getirmeye odaklanırlar. Bu çalışmalar tasarım sürecinin kötü yapılandırılmış (ill-structured) yapısını, bu yapının çoklu soyut (intangible) içeriklerini ve bilgi kaynaklarının altında yatan çeşitli örtülü (implicit) katmanlar ve örtük (tacit) bilişsel (heuristic) yöntemlerini incelerler ve onları belirgin ve sistematik hale getirmeye çalışırlar [17]. Bu sistematik yaklaşımlar, tasarım sürecinin belirgin biçimde sürdürülebilmesinin yöntemlerini sunduğundan, sürecin sonunda ortaya çıkan ürünlerin nasıl değerlendirilebileceğine dair daha objektif yaklaşımlara imkân tanırlar. Güncel mimarlık eğitimi de öğrencilere belirli bilgi ve beceri setlerini girdi olarak sunmaya yönelik geleneksel odaktan sonuca dayalı yöntemlere doğru yön değiştirme çabasıdadır [194]. Ancak, mimarlık eğitiminde bu sonuca dayalı, açık ve ölçülebilir yaklaşımlar için kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Mimarlık eğitiminde belirgin ve ölçülebilir yaklaşımlara yönelen bazı çalışmalar, tasarım stüdyolarında problem çözmeyle ilişkili biçimde yaratıcılığı [18], tasarım ürününün niteliğini [17] ve uzamsal becerilerin etkisini [19], [20], [195] incelemek için performans değerlendirme araçları geliştirdiler. Bu

çalışmalardaki değerlendirme araçları, mimari tasarımın ön tasarım aşaması için oldukça yol göstericidir. Fakat mimari tasarım süreci, ön tasarım sürecinden başlayıp yapı çevrenin inşaa edilmesine kadar süren birtakım karmaşık adımları içermektedir. Bu süreç içerisinde mimarlar, kendi aralarında ve paydaşlarla kurdukları iletişimin aracı olarak teknik çizim ve dokümanları sıklıkla kullanırlar. Bu teknik çizim ve dokümanların mimarlık eğitimindeki uygulamalı ve teorik derslerde nasıl değerlendirilebileceğiyle ilgili literatürde kısıtlı sayıda çalışma yürütülmüştür. Celadyn [196], mimarlık eğitiminde teknik çizim ve dokümanların dört ana kriterle incelenebildiği dereceli puanlama anahtarı (rubrik) geliştirmiştir: (i) teknik doğruluk, (ii) sunumun tam olması, (iii) bilgilerin netliği ve (iv) grafiğin kalitesi. Bu çalışmada oluşturulan rubrik, teknik skeçlerin değerlendirilmesi için pratik olsa da mimari teknik çizim ve dokümanlar bu çalışmada sunulan ölçütlerin daha fazlasını gerektirmektedir. Bir başka çalışmada Deniz vd. [197], mimari detaylandırma uygulamaları için literatürde sıklıkla kullanılan iki kitaptan [27], [198] uyarladıkları kriterler aracılığıyla değerlendirme yapmışlardır. Diğer bir çalışmada, Kızılyaprak ve Oskay [199], detay örüntüleri modeli [27] üzerinden yapım tasarımı değerlendirmesini gerçekleştirmişlerdir. Bu iki çalışmada genel kriterler sistematik bir biçimde belirlenmiş olmasına rağmen, kriterlerin derecelendirme biçimleri belirtilmemiştir. Yapı ürünleri ve teknolojileri üzerine farklı tiplerdeki ampirik çalışmalar incelendiğinde ise öğrencilerin yapım tasarımı için bilgi kazanım seviyelerinin çoktan seçmeli testler ve açık uçlu sorular [160], [182], [200] aracılığıyla değerlendirildiği ya da öğrenme uygulaması sonrasındaki öğrencilerin yaptığı çizimlerin değerlendirilme biçiminin [182] belirtilmediği görülmektedir. Ayrıca, tasarım sürecinde mimarların sahip olması gereken bilgi/beceriler, çoktan seçmeli testler ya da açık uçlu sorular gibi yöntemlerin ölçebileceği bildirimsel bilgilerin yanı sıra montaj aşamalarının, ürün katman hiyerarşisinin farklı biçimlerde soyutlandığı teknik çizim ve doküman biçimlerini gerektirmektedir. Bu nedenle, mimarlık öğrencilerinin inşai teknik sürece dair bilgi ve prosedürleri öğrenip öğrenmediklerini 2B ve 3B temsiller aracılığıyla belirlemek önemlidir. Öğrencinin bu teknik çizim ve dokümanları oluşturabilmelerinin niteliğini belirlemek için performans dayalı durum belirleme yöntemlerinden dereceli puanlama anahtarını (rubrik) kullanmak, onun sahip olduğu bilgileri ayrıntılı olarak nasıl kullandığı ve karşılaştıkları problemleri nasıl çözdüğü konusunda da detaylı bir değerlendirmeye olanak tanır.

Bu doğrultuda önceki çalışmalardan farklı olarak çalışmanın bu bölümü iki yönlü bir amacı izler. Birincisi, literatürdeki önceki çalışmalar doğrultusunda tasarım stüdyoları, yapı ürünleri ve teknolojileri projeleri için mimari teknik çizim ve dokümanların belirli ölçütlere uygun olarak değerlendirilmesine olanak sunan dereceli puanlama anahtarının (rubrik) oluşturulmasıdır. İkinci olarak ise oluşturulan bu dereceli puanlama anahtarının uzman görüşleri doğrultusunda geliştirilmesidir. Uzman görüşleri bu çalışmada, değiştirilmiş Delphi metodu [46]–[48] ve açık uçlu sorular aracılığıyla sistematik bir biçimde alınır.

3.1 Teorik Arkaplan

3.1.1 Eğitimde Ölçme, Değerlendirme ve Rubrik Kullanımı

Eğitimde değerlendirme durumu, eğitim sürecinin verimliliğini sağlayan ve bu sürecin ayrılmaz bir parçası olan eylemler bütünüdür. Bu kavramı tanımlayabilmek için, değerlendirme (evaluation) ile durum belirleme (assessment) kavramlarını birbirinden ayırt gerekmektedir. Literatürde bu iki kavram birbirleri yerine sıklıkla kullanılmaktadır. Ancak, Yambi [201] ve Parker vd. [202] eğitimde değerlendirmenin tanımlanmasının yapılabilmesi için durum değerlendirme (assessment) ile değerlendirmenin (evaluation) ayrı eylemler olarak ele alınması gerektiğine vurgu yaparlar. Durum değerlendirme amaçlara ne ölçüde ulaşıldığını belirlemek için başarı derecesini ve sonuçları ölçme, izleme ve iyileştirmeye yönelik devam eden bir süreçtir [201], [202]. Aksine, değerlendirme, karar verme için performansı veya sonuç kalite derecesini, seviyesini doğrular ve yargılar. Bu nedenle, ikisi arasındaki temel fark, durum belirleme öğrenmenin ilerlemesine yönelik olması, değerlendirmenin sonuca yönelik olmasıdır [203]. Kizlik [204] mutlak değerlerin ölçülebildiğinden, öğrenimde durum belirlendiğinden ve sonuçların ise bir takım kriterler açısından değerlendirildiğinden bahsetmektedir. Bu nedenle bu kavramları farklı kavramlar ve süreçler olarak bilmek, ancak birbirleriyle bağlantılı olduğunu da unutmamak gerekmektedir. Eilouti [17] tasarım stüdyolarında tasarım ürününün niteliğinin ölçülmesine yönelik çalışmasında, bu iki eylem arasındaki farkları önceki tanımlara benzer şekilde incelemiştir (Tablo 3.1).

Tablo 3.1 Durum belirleme ve değerlendirme karşılaştırılması [17]

	Durum belirleme	Değerlendirme
Oryantasyon	Süreç odaklı	Sonuç odaklı
Sonuç	Geri bildirim sağlar	Güçlü ve zayıf yönleri gösterir
Değer ataması	Değer atanmaz	Değer atanır
Referans	Kişiselleştirilmiş	Öngörülen standartlarla karşılaştırılır
Kalite bileşimi	Kaliteyi geliştirir	Kaliteyi değerlendirir
Süreç	Devamlı	Sonuç odaklı

Eğitimde durum belirleme eylemi amacına göre geliştirici (formative) ve özetleyici (summative) durum belirleme olmak üzere iki biçimde ele alınmaktadır. Geliştirici değerlendirme, öğrencilere geri bildirim sağlamayı amaçlar ve öğrencilerin nelerde ustalaştıklarına ve zayıflıklarının neden kaynaklandığına ilişkin bilgilerle gelişimlerini kolaylaştırılan iyileştirmelere odaklanır [205]. Özetleyici değerlendirme, öncelikle notlandırma kararları vermek veya ilerlemeye hazır olup olmadığını belirlemek için kullanılır [204].

Glaser [206], durum belirleme biçimlerini metodolojik olarak normatif (normative) ve kriter-esaslı (criterion referenced) olarak iki biçimde ele almaktadır. Normatif bir ölçmede bir bireyin performansı belirli bir gruptaki akranlarının performansı ile karşılaştırılır [206]. Kriter-esaslı ölçme ise, bir bireyin belirli bir görevdeki performansı, bazı beklenen veya istenen sonuçlara göre belirlenen belirli bir standartlar/kriterler dizisine uygunluğuna dayalı olarak değerlendirilir [206].

Mehrens [207] günümüzde öğrencinin gerçekçi koşullarda, karmaşık ödevleri yaparken öğrendiği temel bilgileri ne kadar iyi kullandığını anlamaya yarayan ve gerçekçi (authentic) değerlendirmenin yapılacağı yeni yöntemlere ihtiyaç olduğundan bahsetmektedir. Bu yeni durum belirleme yöntemleri, birçok klasik ölçme yönteminde (çoktan seçmeli, doğru-yanlış, eşleştirmeli, tamamlamalı vb. sınavlar) odaklanılmayan zihinsel becerilere (çizim yapmak, hazırladığı bir çalışmayı sunmak gibi) odaklanmaktadır. Ayrıca bu yeni yaklaşımlar, gerçekçi görevler içerisinde öğrencinin sahip olduğu bilgileri ayrıntılı olarak nasıl kullandığı, karşılaştıkları problemleri nasıl çözdüğü ve hazırlayacakları ödevlerde bu bilgileri nasıl kullandığı konusunda da değerlendirmeye imkân tanımaktadır

[207]. Tüm bu yeni yaklaşımlar performansa dayalı durum belirleme yaklaşımları olarak tanımlanmaktadır [208]. Dereceli puanlama anahtarı (rubrik), dosya oluşturma (portfolyo), konferans, günlük tutma, grup değerlendirmeleri ve kavram haritaları farklı eğitim alanlarında performansa dayalı durum belirleme yöntemleri olarak kullanılmaktadırlar. Tüm bu yöntemler arasında dereceli puanlama anahtarları performansı kategorize eden ve öğretim sürecinde niteliğin sürekliliğinin sağlanması için oldukça uygun araçlardır. Kriter-esaslı değerlendirmeyi desteklemek için tasarlanan bu araçlar, öğretme ve öğrenme ile anlamlı şekilde bütünleştirildiğinde gelişimsel (developmental), tanısallık (diagnostic), öz- ve ortak-düzenleyici (self- and co-regulatory) süreçlerde oldukça işlevseldir.

Popham [209], dereceli puanlama anahtarının; değerlendirme ölçütleri, ölçütlerin tanımlamaları ve bir puanlama stratejisi olmak üzere üç ögeden oluştuğunu ifade etmiştir. Değerlendirme ölçütleri, kabul edilebilir yanıtları kabul edilemez yanıtlardan ayırmak için kullanılır. Ölçüt tanımlamaları, öğrencilerin değerlendirilmek istenen yanıtlarındaki niteliksel farklılıkları tanımlama yolunu ifade eder. Puanlama stratejisi ise bütünsel (holistic) ya da analitik (analytical) biçiminde olabilir.

3.1.2 Mimarlık Eğitiminde Rubrik Kullanımı

Lindström [210], yaratıcılığa yönelik işlerde, ölçüt referanslı değerlendirmenin, örtük (tacit) bilginin bazı yönlerini ifade etmeye ve yaratıcı çalışmanın bazı süreçsel boyutlarını vurgulamaya yardımcı olabileceğini öne sürmektedir. Bu süreçler bütünün değerlendirilmesine yönelik olan analitik rubrik, farklı öğretim alanlarında yazılı ve görsel temsillerin performans değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır [210]–[214]. Bunun nedeni, bu görsel temsil üretimlerinin öğrenim süreci, çoktan seçmeli sorularla ölçülebilecek tanımlayıcı bilgi türünü anlamaktan öte bu bilgi türünün öğrenen tarafından temel öge olarak üretim sürecinde kullanılabileceği ve öğreneceği şeyi bu bilgi türüne dayalı biçimde bir beceri ya da bir prosedüre dönüştürebileceği süreçler bütününe kapsamasıdır. Tasarım eğitiminde ise kısıtlı sayıda çalışma rubrik aracılığıyla öğrencilerin öğrenme performansını açık ve somut yönlerle incelemiştir. Ding [215] serbest el skeçlerin değerlendirilmesine yönelik bir dereceli puanlama anahtarlarının kriterlerini ortaya koymuştur. Eilouti [17], mimari tasarım stüdyolarında tasarım

ürününün değerlendirilmesi için bir dereceli puanlama anahtarı geliştirmiştir. Mimari teknik üretim sonuç ürünleri için ise Celadyn [196] dört kriterli ve oldukça genel bir dereceli puanlama anahtarı önermiştir. Ayrıca, Deniz vd. [197] literatürdeki mevcut kaynaklardaki genel kriterler üzerinden çalışmalarında öğrenci teknik çizimlerini değerlendirmişlerdir. Ancak, teknik çizim ve dokümanların üretimi, yapım tasarımı derslerindeki gereç parça gibi yapı ürünü bilgileri bilgilerini (tanımlayıcı bilgi), bileşen ve öğelerin oluşturulmasını sağlayan yapım bilgisini (prosedürel bilgi) ve görsel/yazılı temsillerin okunaklı biçimde ifade edilmesi gibi detaylı ve karmaşık süreçlerini kapsar. Bu karmaşık süreç, öğrencinin temsil üretimindeki kendi niteliğini anlayabilmesi için, sistematik bir organizasyonun varlığını zorunlu kılmaktadır. Sistematik organizasyonun kavranabilmesi ise teknik çizim ve dokümanların detaylı şekilde belirlenmiş standartlar doğrultusunda değerlendirilebilmesiyle mümkün olabilir.

3.2 Mimari Tasarımda Teknik Çizim ve Dokümantasyon

Wakita vd. [50], Styles ve Bichard [51] ve Liebing [24] bir mimari çizim uygulamasının belirli standartları takip etmesi gerektiğinden bahsedeler. İlgili bu çalışmaların ele aldıkları standartlar, 7 ayrı maddede genellenebilir: inşa edilebilirliğe uygun temsiliyet, çizgisel ifade, taramalar, ölçülendirme, yazılar, referans işaretler ve semboller ve pafta düzeni.

3.2.1 İnşa Edilebilirliğe Uygun Temsiliyet

Yapılı çevrenin oluşturulabilmesi için mimari detayların, gerçek inşai faaliyetleri doğru biçimde karşılayabilecek biçimde çizilmeleri gerekmektedir [50]. Bu nedenle mimari detay için belirlenmiş gerekli fonksiyonlara cevap verecek şekilde fonksiyonel ve tamamlayıcı yapı ürünlerin seçimine dikkat etmek gerekmektedir. Bir diğer önemli nokta ise ürünlerin yapı öğelerin oluşumunda ortaya çıkabilecek problemlere karşı doğru katman sırasıyla yerleştirilmesi ve detay bitiş noktalarında üst üste gelme hiyerarşilerinin belirlenmesidir. Literatürde, mimari detayların oluşturulabilmesine imkan tanıyan farklı detay tasarım metodolojileri bulunmaktadır [24]–[28]. Tüm bu metodolojiler, farklı detay tasarım adımlarını ve içeriklerini kapsarlar. Ayrıca inşa edilebilirlik, detay tasarımındaki soyutlanmış grafiksel ifadelerin yanı sıra montaj dizgesi, süreç yönetimi gibi farklı prosedürel bilgileri de gerektirir. Bu nedenle, bu çalışmada dereceli puanlama anahtarının

oluşturulmasında genel ve kapsayıcı biçimde, farklı tasarım metotlarına uygulanabilecek inşa edilebilirliğin grafiksel temsiliyeti üzerine odaklanılır.

3.2.2 Çizgisel İfade

Çizgiler, çizimlerin derinlik algısını ve okunaklılığını sağlayan temsil araçlarıdır. Çizgiler mimari teknik detay çiziminde genel olarak, (i) nesnelerin kesite giren nesnelerin çizgileri en kalın, (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerindeki vb. değişikliklere göre orta kalınlıkta ve (iii) görünüşte olan nesneler ince kalınlıkta biçiminde kurgulanırlar [24], [51]. Çizgisel ifadelerde bir diğer önemli unsur, kapı ve pencere açılış yönlerini, binaların görünüşe girmeyen düzlemlerini, yapının akslarını ve malzemelerin temsillerini belirten yardımcı çizgilerin kullanımınıdır [51]. Şekil 3.1’de çizgisel ifadeyi belirleyen ve öğrenciler ile paylaşılan lejantın genel bir listesi gösterilmektedir. Şekil 3.1’de gösterilen bu lejantın, mimari teknik çizimlerin kapsayıcı genel ifadelerini temsil ettiğini unutmamak gerekmektedir.

Çizgi Kalınlığı	Kesite girenler	Görünüşe girenler	Vaziyet Planı	Kalınlık
Çok kalın sürekli çizgi 	Zemin ifadesi	Zemin ifadesi		0.7-1.0 mm
Kalın sürekli çizgi 	Döşeme, duvar, çatı	Ön-alan elemanları	Ön-alan elemanları	0.5 mm
Orta kalın sürekli çizgi 	Duvar pencere vb.	Orta-alan elemanları	Orta-alan elemanları	0.35 mm
İnce sürekli çizgi 	Üçüncül öğeler/ nesne anahattı/ mobilya taslağı/ Açıklama elemanları	Arka-alan elemanları	Arka-alan elemanları	0.10-0.15 mm
Çok ince sürekli çizgi 	Malzeme detayları Taramalar Ölçülendirme	Malzeme detayları Taramalar Ölçülendirme	Malzeme detayları Taramalar Ölçülendirme	0.05-0.1mm
Orta Kalın kesikli çizgi 		Yapının görünmeyen kenarları		0.35 mm
Çok Kalın kesikli çizgi 	Kesit düzlemi izlerinin belirtilmesinde	Kesit düzlemi izlerinin belirtilmesinde	Kesit düzlemi izlerinin belirtilmesinde	0.7-1.0 mm
İnce malzeme çizgileri 	Yalıtım ürünü ifadeleri			0.10-0.15 mm

Şekil 3.1 Çizgisel ifade lejantı

3.2.3 Taramalar

Taramalar, ilgili malzemelerinin dokularının soyut biçimde algılanmasını sağlarlar. Taramaların ilgili malzemeleri temsil etmesi [24], [50], ilgili temsil alanının dışına taşmaması ya da temsil ettiği alan içerisinde doğru biçimde konumlandırılması [24] ve belirlenen ölçeğe göre oranlı olması gerekmektedir. Yapı ürünlerini temsil eden

taramaların biçimleri farklılaşabilir, ancak bunların öğrencilerle bir lejant paylaşılması, mimari teknik çizimi inceleyen kişiler arasındaki iletişimi kolaylaştıracaktır (Şekil 3.2).

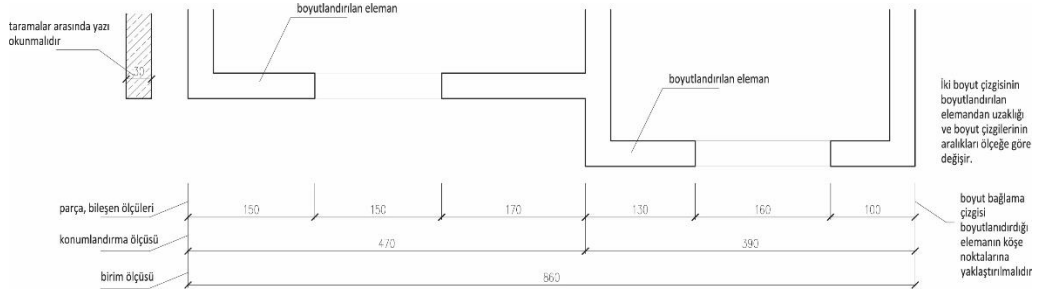
TARAMA TİPİ	AÇIKLAMA
	Betonarme kesiti, detay ve genel çizimlerde
	Dolgu beton ve tuğla duvar kesiti, detay ve genel çizimlerde
	Gazbeton duvar kesiti, detay ve genel çizimlerde
	Çelik profil kesiti, genel planlarda taşıyıcı çelik profiller, detay çizimlerinde profil kesitleri
	Mdf, kontrplak, osb vb. panel kesiti, detay çizimlerinde
	Masif akrilik vb. panel kesiti, detay çizimlerinde
	Bitkisel toprak kesiti, detay ve genel çizimlerde
	Taş kesiti, detay çizimlerinde
	Lamine parke, plywood vb. kesiti, detay çizimlerinde
	Masif ahşap kesiti, detay çizimlerinde
	Şap, beton kesiti, kalınlığına göre genel çizimlerde ve detay çizimlerinde Planda çakıl görünüşü
	Gerektiğinde cam, boyalı cam vb. yüzeylerin görünüşü Planda süpürgeli şap
	Görünüşlerde belirtilmesi gereken taş, sıva vb. homojen, dokulu malzemeler
	Alçıpanel kesiti, detay çizimlerinde
	Çakıl kesiti, detay çizimlerinde
	Havuz taraması, detay ve genel çizimlerde *tarama yönü havuz uzun kenarına paralel olmalıdır.

Şekil 3.2 Malzeme temsiline tarama biçimi örnekleri

3.2.4 Ölçülendirme

Ölçülendirme, inşai süreç öncesi üretimlerde ve inşai süreçte bileşen, öge ve mekanların üretilmesi ve yapı ürünlerinin inşai alanda konumlandırılması için gerekli olan ölçülerin verilmesi gerekmektedir. Ölçülendirmede yapı ürünlerinin parça, bileşen ve birim (mekân) olarak ölçülerinin net biçimde verilmesi

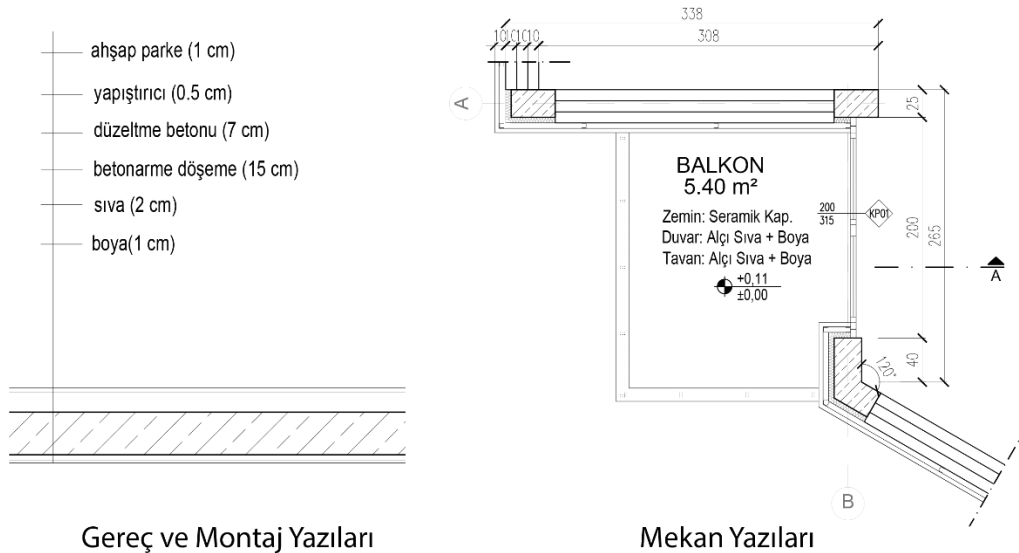
gerekmektedir [24]. Ölçülerinin yazı ve çizgilerinin, taramalardan ve yapı bileşen çizgilerinden ayırt edilebilmesi [50], ölçü çizgileri arasındaki uzaklıkların belirli bir sistemle ifade edilmesi gerekmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Ölçülendirmenin yapılma biçimi

3.2.5 Yazılar

Mimari detay çizimlerinde bulunan yazılar gerekli yapı ürünlerinin ve mekân bilgilerinin yapım faaliyetlerinin doğru ilerleyebilmesi için destekleyici ifadelerdir (Şekil 3.4). Yazılar çizimdeki tüm parça ve bileşenlerin gereçleri, üretilmesi ve montajına ilişkin gerekli açıklamaları içermelidir. Mekanlara ilişkin alan bilgisi, zemin, tavan ve döşeme açıklamaları mimari teknik çizim ve dokümanlarda bulunmalıdır. Ayrıca yazıların üst üste gelmemesi, okunaklılığı için minimum 2.5 mm olması ve resmi bir dil ile ifade edilmesi önemlidir.

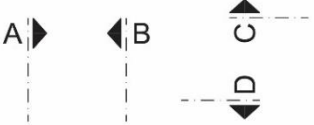
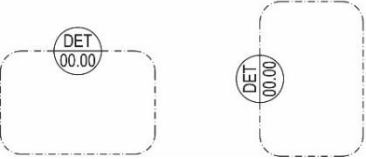


Şekil 3.4 Mimari teknik çizimde yazı niteliği

3.2.6 Referans İşaretler ve Semboller

Referans işaretler ve semboller, bir mimari teknik çizim ve dokümantasyondaki grafiksel ifadeleri destekleyici çizgisel ve yazısal temsil içeriklerini barındırırlar.

Plan, kesit ve görünüşlerin birbirleriyle ilişkisinin tanımlanması (kesit çizgileri, referans alan gösterimleri) ve plan/görünüşlerde ilgili yükseklik seviyelerinin (kotlandırma) belirtilmesi gibi çizimi destekleyen ifadelerdir (Şekil 3.5). Bu ifadelerin büyüklüklerinin ölçeğe uygun biçimde okunaklı olmaları, çizim içerisinde ve farklı çizim tiplerinin birbirini destekleyecek şekilde yeterli sayıda olmaları mimari teknik çizim ve dokümantasyonun anlatı gücüne oldukça katkı sağlar.

SEMBOL VE GÖSTERİMLER TİPİ	AÇIKLAMA
	Kesit Çizgisi Gösterimleri
	Bakış Yönü Gösterimleri
B201 OTOPARK 100,25m² D 0215-2115 EBEVEYN Y.O. 15,78m² GİRİŞ 35,66m² ±0,00 avan proje kotu +0,10 bitmiş kot kaba yapı kotu +105,00 bir noktayı işaret eden kot mahal numarası mahal adı net alanı mahal numarası uzun mahallerde kullanılmak üzere mahal numarası henüz belirlenmemiş mahallerde kullanılmak üzere ±0,00 kaba yapı kotu +0,10 kaba+bitmiş kot 100 genişlik 220 yükseklik 100 genişlik 220 yükseklik 100 genişlik 220 yükseklik	
	Mimari Detay Referans Gösterimleri

Şekil 3.5 Mimari teknik çizimde referans işaretler ve semboller

3.2.7 Pafta Düzeni

Plan-kesit- görünüş gibi farklı çizimlerin anlatıyı zorlaştırmayacak biçimde belirli sınırlar içerisinde belirlenen bir ortamda (kâğıt-monitör vb.) sunulması gerekmektedir. Bu ölçüt çalışmadaki ilk rubrikte, ilgili literatürdeki ifadesiyle dokümantasyon olarak ifade edilmiştir. Ancak sonrasında, pafta düzeni ifadesi daha anlaşılır olduğundan ölçütün ismi değiştirilmiştir. Pafta düzeni için antet kullanımı,

çizimin pafta üzerinde okunaklı biçimde konumlandırılması ve yazı, ölçü, sembol gibi ifadelerin ilişkili olduğu çizimlerle konum ilişkilerinin belirlenmesi önemlidir.

3.3 Araştırma Tasarımı

Çalışma süreci içerisinde “Mimari Teknik Çizim Değerlendirmesi için Dereceli Puanlama (Rubrik) Anahtarının (MTÇ-DPA)” geliştirilme sürecinde birden fazla yöntemden yararlanılmıştır. İlk olarak ilgili literatür incelenmiş ve bu literatürden gerekli olan ölçütler belirlenmiştir. Sonrasında Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi’nde bilgisayar destekli tasarım dersinde öğrencilere bir teknik çizim uygulaması yapılmış ve bu uygulamaların sonunda veriler incelenmiştir. Literatür incelemesi ve ders uygulama sonrasında MTÇ-DPA formu hazırlanmıştır. Hazırlanan bu formun geçerliliğinin sağlanması için değiştirilmiş Delphi metodundan yararlanılmıştır [46]–[48].

Bu yöntem, bir veya daha fazla uzman panelinin temalar veya konular hakkında fikir birliğine varmasını sağlar. Bu yöntem, bir uzlaşmaya varılana kadar, alandaki uzmanlara farklı anketlerin uygulanması yoluyla bir aracın birden çok revizyonundan oluşur. Klasik Delphi tekniğindeki ilk veri toplama turunda daha sonraki anket turları için ifadelerin geliştirilmesine rehberlik etmede kullanılan nitel veriler üretir. Bu çalışmada olduğu gibi ifadelerin literatürden veya önceki araştırmalardan türetildiği durumlarda, nitel verilerle nicel verilerin bir arada toplandığı değiştirilmiş bir Delphi tekniği kullanılabilir [46]. Hem klasik hem de değiştirilmiş Delphi yöntemleri, uzmanlar arasında bir fikir birliğine varılana dek genellikle bir dizi yinelemeli anket veya görüşmeyle yürütülür:

- Ön tur: Araştırmacılar, ilgili literatür ve öğrencilerle yapılan bir pilot çalışma uygulamasından yararlanarak MTÇ-DPA formunun taslağını hazırladılar ve 13 alan uzmanı ile paylaştılar ve yorum aldılar.
- Birinci tur (nitel ve nicel): Araştırmacılar, ilgili alan uzmanları ile MTÇ-DPA formunda bulunan her ölçüt ve eklemek istedikleri başka kriterler için alan uzmanlarından açık uçlu sorular ile görüş istediler. Bu açık uçlu sorulara bir de ölçütlerin derecelendirme düzeylerinin yeterliliği sorusu eklendi. Ayrıca her uzmanın tüm ölçütlerin önem düzeyini ve anlaşılabilirliğini 4l  puanlama üzerinden değerlendirmesi gerekti. Analizden sonra,

araştırmacılar ilk taslak dereceli puanlama anahtarını değiştirmiş ve ikinci taslak dereceli puanlama anahtarını oluşturdular.

- İkinci tur (nitel ve nicel): bu tur, göstergelerin/kriterlerin kabul edilebilir ancak yüksek uzlaşma ile iyileştirilmesine odaklandı; bu durumda, uzmanların yukarıda belirtilen maddeleri gözden geçirmeyi ve iyileştirmeyi amaçlayan niteliksel ve niceliksel yönleri içeren bir inceleme yapıldı.
- Üçüncü tur: Bu turda uzmanlar göstergeleri ve kriterleri nicel bir yöntemle değerlendirdiler. Ölçütlerin tümü bu turda hem önem hem de anlaşılabilirlik açısından tam puan aldı. Değerlendirme için bu tur yeterli oldu.

3.3.1 Katılımcılar

Bu çalışmada, Türkiye'deki çeşitli mimarlık bölümlerinde yapı bilgisi ve bilgisayar destekli tasarım bilgisine sahip 13 akademisyen belirlendi ve çalışmaya katılmaya davet edildiler. Uzmanları seçimi için üç gereklilik belirlendi: uzmanların (a) teknik temsil üretimi/bilgisayar destekli tasarım araçları konusunda deneyim sahibi olması; (b) bu alanlarda lisans düzeyinde derslere katılması; (c) bu alanlarda bilimsel üretim yapıyor olması. Daha önceki çalışmalar, Delphi yönteminde istikrarlı sonuçlar elde etmek için 6 ile 10 uzmanın uygun bir sayı olduğunu önerir [216]–[219]. Bu çalışmada ise minimum sayısının üzerinde uzman görüşüne başvuruldu. Ayrıca, uzman görüşleri onların ana dili olan Türkçe dilinde alındı. Tüm katılımcılar gönüllü olarak katıldı ve bu çalışmaya katılmak için yazılı bilgilendirilmiş onam verdi. Ayrıca, bu çalışma Yıldız Teknik Üniversitesi Etik Kurulu tarafından onaylandı.

3.3.2 Veri Analizi

İçerik Geçerlilik İndeksi (İGİ) değeri, M-İGİ'deki her bir madde, alt maddelerin ana madde için ortalamaları Ö-İGİ/Ort ve genel ölçek için Ö-İGİ/EA biçiminde hesaplandı. Madde düzeyinde bir İGİ (M-İGİ) hesaplamak için, uzmanlardan her bir maddenin alaka düzeyini 4 puanlık bir ölçekte derecelendirmeleri nötr bir noktadan kaçınmak için istendi. Her bir ölçek için 1=kriterleri karşılamıyor, 2=düşük seviye, 3=orta seviye, 4=yüksek seviye olmak üzere dört sıra noktası kullanıldı. En az dokuz uzmanın oluşturduğu uzman panelleri için çok iyi seviye için değer $>0,78$ 'dir [220].

Ö-İĞİ/EA (Evrensel Anlaşma) ve Ö-İĞİ/Ort (Ortalama) versiyonlarının her ikisinde de genel ölçek (Ö-İĞİ) için içerik geçerlilik indeksi; bu durumda mükemmel seviye için çok iyi seviye için değerler sırasıyla >.8 ve >.9 veya daha yüksektir [221], [222].

Değiştirilmiş kappa istatistiğini hesaplamak için, her bir madde için şans anlaşması olasılığı (Pc) aşağıdaki formülle hesaplandı:

$$Pc = [N! / A! (N-A)!] * 0.5^N$$

N puanlayıcı sayısıdır ve A, maddenin açık veya ilgili olduğu konusunda hemfikir olan uzmanların sayısıdır.

Daha sonra Kappa, aşağıdaki formülde her bir maddenin şans anlaşması olasılığı (Pc) ve içerik geçerlilik indeksi (M-İĞİ) girilerek hesaplanmıştır: $k = (I-CVI - PC) / (1-PC)$. Kappa değerleri 0,74 ve üzeri çok iyi, 0,60 ile 0,74 arası iyi, 0,54 ile 0,59 arası orta olarak kabul edilir [223].

3.4 Bulgular

3.4.1 Ön Tur

Ön turunun amacı, derece puanlama anahtarını değerlendirmek için değerlendirme tablosunun ilk taslağını oluşturmaktır. İlk taslak puanlama anahtarı, önceki literatür analizindeki kriterlere ve öğrencilerle yapılan bir uygulamada öğrencilerin teknik çizim içeriklerine dayanmaktaydı. İlk taslak değerlendirme tablosu yedi ana kriterden oluşuyordu (Tablo 3.2). Bu ön turda kriterler uzman görüşüne sunuldu ve yedinci kriter: “Dokümantasyon” uzman görüşmelerinin niteliksel analizi yoluyla “Pafta Düzeni” olarak değiştirildi. Ayrıca, yardımcı çizgi ifadeleri bu turda referans işaretler ve sembollerle beraber Madde-6 altında uzmanlara sunulmuştur. Ancak, bu turun sonunda uzman görüşleri doğrultusunda yardımcı çizgiler Madde-2 altına taşınmıştır.

Tablo 3.2 Ön versiyon MTÇ-DPA formu

Ölçütler	Yetersiz (0)	Geliştirilmesi gerekir (1)	Kabul edilebilir (2)	Başarılı (3)
İnşa Edilebilirliğe Uygun Temsiliyet (Madde 1)	Fonksiyonel ve tamamlayıcı malzeme seçimleri yapı elemanları için gerekli olan fonksiyonlara uygun biçimde yapılmamış ya da ciddi hatlar bulunmakta. * * Bu durumda çizim değerlendirmeye alınmayacaktır.	Fonksiyonel ve tamamlayıcı malzeme seçimlerinde kısmi hatalar bulunmakta. Malzeme katman sırasında ve malzemelerin detay bitiş noktalarında bir araya geliş biçimlerinde ciddi hatalar bulunmakta.	Fonksiyonel ve tamamlayıcı malzeme seçimleri doğru; fakat malzeme katman sırasında ve malzemelerin detay bitiş noktalarında bir araya geliş biçimlerinde kısmi hatalar bulunmakta.	Fonksiyonel ve tamamlayıcı malzeme seçimlerinin doğru. Malzeme katman sırasında ve malzemelerin detay bitiş noktalarında bir araya geliş biçimleri doğru.
Çizgi Kalınlıkları (Madde 2)	(i) Nesnelerin çizimleri en koyu; (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerindeki vb. değişikliklere orta ton ve (iii) düzlemlerde/ dokularda "meydana gelen şeyler için daha açık çizgiler (malzeme sembolleri, açıklıklar, küçük öğeler vb.) biçiminde hiyerarşi kurgulanamamış. Karmaşık ve okunaksız bir ifade biçimi var.	Nesneleri ifade eden en koyu çizgilere uygun olarak, (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerindeki vb. değişikliklere orta ton; ve (iii) düzlemlerde/ dokularda "meydana gelen şeyler için daha açık çizgiler (malzeme sembolleri, açıklıklar, küçük öğeler vb.) biçiminde hiyerarşi sağlanamamış.	(i) Nesnelerin çizimleri en koyu; (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerindeki vb. değişikliklere orta ton; ve (iii) düzlemlerde/ dokularda "meydana gelen şeyler için daha açık çizgiler (malzeme sembolleri, açıklıklar, küçük öğeler vb.) biçiminde hiyerarşide kısmi hatalar bulunmakta.	(i) Nesnelerin çizimleri en koyu; (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerindeki vb. değişikliklere orta ton; ve (iii) düzlemlerde/ dokularda "meydana gelen şeyler için daha açık çizgiler (malzeme sembolleri, açıklıklar, küçük öğeler vb.) biçiminde hiyerarşisi sağlanmamış.
Taramalar (Madde 3)	Taramalar ilgili malzemeleri temsil etmiyor. Tarama oranları çizim ölçeğine uygun değil. Taramalar temsil ettiği alanların dışına taşıyor.	İlgili malzemenin temsili, çizim ölçeğine uygun oranda olma ve temsil ettiği alan sınırlarında olma niteliklerinden bir tanesi sağlanmamış.	İlgili malzemenin temsili, çizim ölçeğine uygun oranda olma ve temsil ettiği alan sınırlarında olma niteliklerinden iki tanesi sağlanmamış.	İlgili malzemenin temsili, çizim ölçeğine uygun oranda olma ve temsil ettiği alan sınırlarında olma niteliklerinden tamamı sağlanmamış.
Ölçülendirme (Madde 4)	Malzeme yüzeyinden malzeme yüzeyine (doluluk-boşluk ölçüsü, aks ölçüsü vb.) ölçü verilmemiş. Mekan içerisinde ilgili yüzeyin toplam ölçüsü verilmemiş. Ölçüler sürekli biçimde verilmemiş.	Malzeme yüzeyinden malzeme yüzeyine ölçü, toplam ölçü ve ölçülerin sürekliliği niteliklerinden bir tanesi sağlanmamış.	Malzeme yüzeyinden malzeme yüzeyine ölçü, toplam ölçü ve ölçülerin sürekliliği niteliklerinden ikisi tanesi sağlanmamış.	Malzeme yüzeyinden malzeme yüzeyine ölçü, toplam ölçü ve ölçülerin sürekliliği niteliklerinin tamamı sağlanmamış.

Tablo 3.2 Ön versiyon MTÇ-DPA formu (devamı)

Yazılar (Madde 5)	Yazılar okunaklı biçimde uygun büyüklükte değiller. Ölçü yazıları, mahal yazıları ve diğer yazılar üst üste konumlanmışlar. Yazımda resmi bir dil kullanılmamış.	Gerekli yazıların uygun büyüklükte olması, üst üste gelmeyecek biçimde konumlanmaları ve resmi bir dilde olma niteliklerinden sadece biri sağlanmış.	Gerekli yazıların uygun büyüklükte olması, üst üste gelmeyecek biçimde konumlanmaları ve resmi bir dilde olma niteliklerinden iki tanesi sağlanmış.	Gerekli yazıların uygun büyüklükte olması, üst üste gelmeyecek biçimde konumlanmaları ve resmi bir dilde olma niteliklerinin tamamı sağlanmış.
Referans İşaretler, Semboller ve Yardımcı çizgiler (Madde 6)	Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ve yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb.) ifadelerinin hiçbiri bulunmuyor.	Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ve yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb.) ifadelerinde ciddi eksiklikler bulunuyor.	Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ve yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb) ifadelerinde kısmi eksiklikler bulunuyor.	Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ve yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb) ifadeleri oldukça yeterli.
Dokümantasyon (Madde 7)	Çizim gösterim sınırları anlatıyı sağlayan sınırlardan daha geniş (gereksiz) alana ötelenmiş. Yazılar, şekiller ve ölçüler özellikleri üst üste gelmiş. Yazılar ve sembollerde belirli bir hizalama sağlanmamış.	Çizim gösterim sınırları, grafiksel-yazılı ifadelerinin okunaklı olması ve hizaların korunması özelliklerinde ciddi hatalar bulunmakta.	Çizim gösterim sınırları, grafiksel-yazılı ifadelerinin okunaklı olması ve hizaların korunması özelliklerinde kısmi hatalar bulunmakta.	Çizim gösterim sınırları, grafiksel-yazılı ifadelerinin okunaklı olması ve hizaların korunması özellikleri tamamiyle sağlanmış.

3.4.2 Birinci Tur

Bu tur yaklaşık olarak üç hafta sürdü ve uzman verileri nicel veri yöntemine ek olarak nitel veri yöntemiyle toplandı. Bu turda toplanan veriler Tablo 3.3'te belirtilmektedir. Bulgular, rubrik içerisindeki tüm maddelerin önem düzeylerinin çok iyi seviyede olduğunu göstermektedir. Bu analizde Madde-2 ve Madde-7'nin anlaşılabilirlik seviyesinin orta seviyede olduğu görülmektedir. Ayrıca toplamdaki İGİ/Ort değerleri hem önem hem de anlaşılabilirlik açısından yeterli düzeyde görülmüş olsa da uzmanların nitel analiz verileri, dereceli anahtar maddelerinin detaylandırılması gerektiğine işaret eder. Bu turda 7 uzman maddelerin teknik çizim

eğitiminde kullanılabilmesi için ilgili maddelere yönelik lejant hazırlanması gerektiğini belirtti. Bu lejantlar, Şekil 3.1 ve 3.5 arasında belirtilmektedir. Ayrıca bu lejantlar eğitim sürecinde öğrencilere sunularak değerlendirme kriterlerinin öğrencilerden standardize edilmiş biçimde incelenebilmesine imkân tanımaktadır. Çoğu uzman, Madde-2 ve Madde-7 arasındaki kriterlerin detaylandırılması için çeşitli önerilerde bulundu (Tablo 3.3-yorumlar). Uzmanların belirttikleri görüşler doğrultusunda, Madde-2 ve Madde-7 arasındaki tüm kriterleri detaylandırarak, bu ana kriterlerin alt kriterleri bu turun sonunda oluşturuldu. Ayrıca bu tur sonunda, rubrik içerisindeki tüm maddeler dilbilgisi açısından da yeniden gözden geçirildi.

Tablo 3.3 Birinci tur sonuçları

Önem					Anlaşılabilirlik				
	M-İGi	pc	k	Yorum	M-İGi	pc	k	Yorum	Yorumlar
Madde-1	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	Malzeme yerine ürün sözcüğü kullanılmalı.
Madde-2	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	0,62	0,16	0,54	Orta	Çizgi kalınları yardımcı çizgileri de içerecek şekilde daha ayrıntılı olarak belirtilmeli. Çizgi kalınlıklarını belirten lejant kullanılmalı.
Madde-3	0,77	0,03	0,76	Çok iyi	0,92	0,00	0,92	Çok iyi	Taramaların ifadeleri konusunda farklı görüşler bulunmakta bu yüzden malzeme ilişkisini belirten lejant kullanılmalı. Taramalar için gerekli alt ölçütler oluşturulmalı.
Madde-4	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	Parça, bileşen ve toplam ölçü ayrımı belirtilmeli Ölçülendirme yazıları ve çizgisel ifadesinin okunaklılığı ele alınmalı.
Madde-5	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	Çizimdeki tüm parça ve bileşenlerin gereçleri, üretilmesi ve montajına ilişkin gerekli açıklamalar bulunmalı. Ölçek ne olursa olsun, kâğıt üstünde yazı yüksekliklerinin min. 2.5mm olması gerekli

Tablo 3.3 Birinci tur sonuçları (devamı)

Madde-6	0,92	0,00	0,92	Çok iyi	0,92	0,00	0,92	Çok iyi	Yardımcı çizgi çizgisel ifade bölümünde ele alınmalı Bu ifadelerin büyüklüğü ve okunaklılığı da önemli.
Madde-7	0,77	0,03	0,76	Çok iyi	0,62	0,16	0,54	Orta	Okunaklılık için gerekli olan antet kullanımı, çizim konumlandırma, yazıların konumlandırılması vb. tanımlamalar yapılmalı
Total Ö-İGi/EA	0,92			Total Ö-İGi/EA	0,87			Genel Yorum:	Kriterler için lejant kullanılmalı.

3.4.3 İkinci ve Son Tur

Uzmanlar, Madde-4B ve Madde-5A hariç diğer kriterleri bu turda doğruladılar. Ayrıca, Madde-4B’de birim-ölçü ilişkisi ifadesinden belirtilen birim kelimesinin tam olarak anlaşılmadığını belirttiler (Tablo 3.4). Bu nedenle, bu maddenin ifadesi toplam ölçü olarak değiştirildi. Uzmanlar, Madde-5A kriterinin derecelendirme açıklamalarının daha net ifadeler kullanılarak belirtilmesi gerektiğini vurguladılar. Ayrıca, birçok uzman derecelendirme açıklamalarında ciddi hata ve kısmi hata ayrımının daha da netleşmesi gerektiğini belirtti. Buna ek olarak, değerlendirme kriterlerindeki ölçüt ayrımının ikinci turdaki yetersiz, geliştirilmesi gerekir, kabul edilebilir ve başarılı yerine başarısız, yetersiz, kabul edilebilir ve başarılı olarak değiştirilmesinin derecelendirme açıklamalarındaki ifadelerle daha uygun hale geleceğini belirttiler. Uzmanların belirttikleri yorumlar doğrultusunda araştırmacılar derecelendirme ifadelerini değiştirdiler. Ayrıca derecelendirme ifadelerindeki bazı içerikler de nitel analiz sonucunda yeniden ele alındı. Bu turda başarısız, yetersiz, kabul edilebilir ve başarılı ifadelerinin daha net şekilde anlaşılabilmesi için dereceli puanlama anahtarına hata-eksik baremi eklendi. Bu hata-eksik baremi ilgili tüm ölçütler için hata oranlarına göre öğrencilerin dört dereceli yapının hangi seviyeye dahil olduğunu belirtmektedir (Şekil 3.6).

İkinci turdan sonra, araştırmacılar üçüncü taslak rubriği hazırladılar ve araştırmacılara sundular. Bu final turu içerisinde uzmanlar tarafından herhangi bir değişiklik talebi olmadı ve uzlaşmaya varıldı. Sonuç olarak, üçüncü taslakta fikir birliğine varıldığından, bu turdaki değerlendirme formu dereceli puanlama

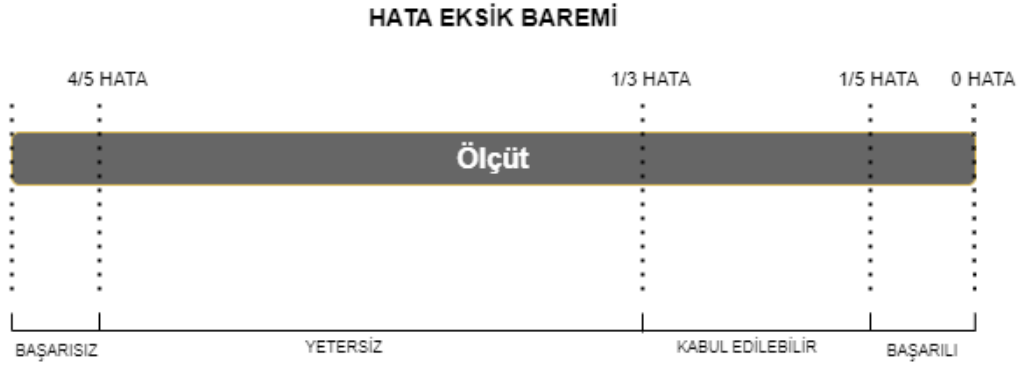
anahtarının son hali olarak kabul edildi. Bu son versiyon ek materyaller B’de gösterilmektedir.

Tablo 3.4 İkinci Tur Sonuçları

	Önem					Anlaşılrlık					
	M-İGi	Ö-İGi	pc	k	Yorum	M-İGi	Ö-İGi	pc	k	Yorum	Yorumlar
Madde-1	1,00	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	1,00	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	
Madde-2a	1,00	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	1,00	1,00	0,00	1,00	Çok iyi	
Madde-2b	1,00		0,00	1,00	Çok iyi	1,00		0,00	1,00	Çok iyi	
Madde-3a	1,00	0,90	0,00	1,00	Çok iyi	0,92	0,85	0,00	0,92	Çok iyi	
Madde-3b	0,92		0,00	0,92	Çok iyi	0,85		0,01	0,84	Çok iyi	
Madde-3c	0,77		0,03	0,76	Çok iyi	0,77		0,03	0,76	Çok iyi	
Madde-4a	1,00	0,95	0,00	1,00	Çok iyi	1,00	0,87	0,00	1,00	Çok iyi	Ölçülendirme tekniği mimari ölçüğe göre değişebilir.
Madde-4b	0,85		0,01	0,84	Çok iyi	0,69		0,09	0,66	İyi	Öge ya da birimin toplam ölçüsü olduğundan bu ifade toplam ölçü olarak belirtilmeli.
Madde-4c	1,00		0,00	1,00	Çok iyi	0,92		0,00	0,92	Çok iyi	
Madde-5a	0,92	0,90	0,00	0,92	Çok iyi	0,69	0,79	0,09	0,66	İyi	Herhangi bir malzemenin kendi özelliğiyle beraber tanımlanması gerekebilir: Bitümlü membran yerine SBS katkılı polimer modifiye bitümlü membran Ayrıca derecelendirme açıklamaları netleşmeli
Madde-5b	0,77		0,03	0,76	Çok iyi	0,77		0,03	0,76	Çok iyi	Duvar yazısı da etmen olarak eklenmeli
Madde-5c	1,00		0,00	1,00	Çok iyi	0,92		0,00	0,92	Çok iyi	Font çeşitliliği olmamalı Ölçü yazılarının yuvarlanması burada belirtilmeli

Tablo 3.4 İkinci Tur Sonuçları (devamı)

Madde-6a	0,92		0,00	0,92	Çok iyi	0,85		0,01	0,84	Çok iyi	
Madde-6b	0,92	0,92	0,00	0,92	Çok iyi	0,92	0,88	0,00	0,92	Çok iyi	Referans işaretler ve sembollerde okunaklılık vurgusu yapılmalı
Madde-7a	0,92		0,00	0,92	Çok iyi	0,92		0,00	0,92	Çok iyi	
Madde-7b	0,85	0,90	0,01	0,84	Çok iyi	0,85	0,87	0,01	0,84	Çok iyi	
Madde-7c	0,92		0,00	0,92	Çok iyi	0,85		0,01	0,84	Çok iyi	
Toplam Ö-İGi/EA	0,93				Toplam Ö-İGi/EA	0,88				Genel Yorum :	Ciddi ve kısmi hata ayrımı daha da netleşmeli Başarı derecelendirmeleri, başarısız, yetersiz, kabul edilebilir ve başarılı olmalı

**Şekil 3.6** MTÇ-DPA formundan kriterler için öneri hata-eksik baremi

3.5 Bölüm Tartışması

Bu çalışmada belirtilmesi gereken ilk durum, çalışmada kullanılan yöntemle ilgilidir. Değiştirilmiş Delphi yönteminin, mimarlık eğitiminde teknik çizim kriterleri gibi karmaşık bir görev için değerlendirme kriterlerinin oluşturulması için etkili bir strateji sunduğunu belirtmek mümkündür. Parmigiani vd. [47], bu

metodun uygulanabilmesi için üç ana konuya dikkat çekmişlerdir. İlk olarak, ön tur esnasında olası/ilk alternatifleri gösteren net bir belge/açıklama oluşturulması gerektiğini ve bu sayede uzmanların soruna/konuya odaklanmalarının kolaylaşabileceğini belirtirler [47]. Bu çalışmada araştırmacılar, mimari teknik çizim kriterlerini ilgili literatür analizi ve öğrencilerle yapılan bir çalışma doğrultusunda kriterlerin sınırlarını belirlediler. Ayrıca uzmanlara ön turda eklemek istedikleri kriterlerin olup olmadığı açık uçlu sorularla da analiz edildi. İkinci yön, nitel ve nicel yöntemlerin döngüsel olarak kullanımıyla ilgilidir [47]. Bu nedenle, çalışma boyunca veriler nicel ve nitel yöntem bir arada kullanılarak toplandı ve diğer turlardaki tüm kriterler bu doğrultuda detaylandırıldı. Son husus, başarılı bir Delphi yönteminin, uzmanların anonimliğini korumak ve fikirlerini özgürce ifade etmelerine olanak sağlamak için yalnızca bireysel görüşmelerle planlanması gerektiğini doğrulamasıyla ilgilidir [47]. Bu çalışmada veriler anonim ve bireysel görüşmelerle toplandı. Ancak bu çalışmada bireysel görüşmelerin zaman yönetimi ve planlama açısından aksaklıklar nedeniyle çalışmanın planlanan süreden daha uzun sürelerle yayılabileceği gözlemlendi. Bu nedenle gelecek çalışmaların, zaman planlaması açısından yeni stratejik yöntemler geliştirilmesi önemlidir.

Bir dizi değerlendirme kriteri oluşturmaya odaklanan bu çalışmanın, basit bir anket çalışması olmadığını belirtmek önemlidir. Bu çalışmada oluşturulan MTÇ-DPA formu yedi ayrı ana kriter ve onların alt kriterlerinden oluşmaktadır. Bu ana kriterler inşa edilebilirliğe uygun temsiliyet, çizgisel ifade, taramalar, ölçülendirme, referans işaretler-sembol ve pafta düzenidir. Bu alandaki önceki çalışmalar mimari teknik çiziminin değerlendirmesini genel bir düzeyde ele aldılar [196], [197]. Bu çalışmada ise önceki literatür bulgularına dayanan detaylı bir dereceli puanlama anahtarı oluşturuldu. Her bir kriter, ilgili alan uzmanlarından alınan nitel ve nicel veriler doğrultusunda doğrulandı. Çalışma boyunca uzmanların her tur boyunca detaylı nitel yorumlar yapmaları da bu dereceli puanlama anahtarının mimarlık eğitimi için gerekliliğinin bir diğer göstergesi olabilir.

Bu araştırmada, dereceli puanlama anahtarının geliştirilmesinde en zorlayıcı kısımlardan birisi derecelendirme seviyelerindeki (2. turda) açıklamalarda ciddi ve kısmi hata gibi sübjektif ifadelerinin nasıl daha objektif hale getirilebileceğiyle ilgili oldu. Daha önceki tasarım stüdyolarıyla ilgili rubrik çalışmasında da benzer

ifadeler olmasına rağmen [17], bu durumla ilgili herhangi bir olumsuzluktan bahsedilmemiştir. Ancak bu araştırmada uzmanlar bu durumun belirsizliğine dikkat çektiler. Bu nedenle, son turda hata-eksik baremi rubriğe dahil edildi. Gelecek çalışmalarda bu hata-eksik baremindeki oranları, ilgili çalışmaların kapsamı doğrultusunda yeniden düzenlenerek ele alınabilir.

Literatürde birbirinden farklı detay tasarlama metotları bulunmaktadır [24]–[28]. Bu çalışmalarda mimari detay tasarlama ve geliştirme süreçleri farklı adım ve içerikleri barındırır. Bu nedenle bu çalışmadaki MTÇ-DPA formunun inşa edilebilirliğe uygun temsiliyet (Madde-1) kriterine her detay tasarlama sürecine uygulanabilecek biçimde ve kapsayıcı bir şekilde form içerisinde yer verildi. Wakita [50] detayların inşa edileceği biçimde çizilmesi gerektiğinden bahseder. Liebing [24] çizilen detayın inşaa edilebilirliğe uygun olması (malzeme seçimi, sistemin katman sırası ve katmanların detay bitiş noktalarında bir araya geliş biçimleri) gerektiğini belirtir. Bu nedenle bu çalışmada inşa edilebilirliğe uygun temsiliyet, tüm bu ifadeleri kapsayan biçimde fonksiyon ve tamamlayıcı ürün seçimlerine, ürün katman sırasına ve ürünlerin detay bitiş noktalarında bir araya geliş biçimlerine vurgu yapar. Ayrıca araştırmacılar, Madde-1 için öğrenci çizimlerinin başarısız düzeyde olması durumunda, mimari teknik çizimin kurgusu tümüyle yanlış ilerleyeceğinden dolayı bu öğrencilerin çizimlerinin değerlendirilmeye alınmaması gerektiğini MTÇ-DPA formunda belirtmektedirler.

MTÇ-DPA formunda ölçülendirme tekniğinin (Madde-4) farklı çizim ölçeklerine göre farklılık gösterdiğini unutmamak gerekir. Bu durumu iki uzman nitel yorumlarda vurgulamıştır. Bu nedenle form içerisinde Madde 4A ve Madde 4B her mimari ölçekteki çizimlerde olması gereken biçimde parça-bileşenlerin ölçüleri ve toplam ölçü biçimde bulunmaktadır.

Yapı bilgi modelleme sistemlerinin mimarlık eğitime adaptasyon süreci günümüzde hala sürmektedir. Semaan vd. [23], mimarlık okullarında yapı bilgi modelleme sistemlerinin kullanımında konsept tasarıma odaklanıldığını ve inşai detay üretimi, süreç yönetimi, paydaşlarla çalışma gibi diğer becerilerin öğretilmediğini önceki bulgulara dayandırarak belirtirler. Bu nedenle bu çalışmadaki MTÇ-DPA formu hem dijital alanda geleneksel olarak düşünülebilecek bilgisayar destekli tasarım (BDT) sistemleri ve hem de yapı bilgi modelleme sistemlerinin son aşaması olan teknik çizim dokümanları oluşturma

aşaması için kapsayıcı durumdadır. Bu durum yine de bu çalışmanın bir kısıtlılığı olarak görülebilir. Gelecek çalışmalar MTÇ-DPA formunu yapı bilgi modelleme sistemlerinin kullanım sürecindeki gerekli olan daha fazla etmeni forma dahil ederek çalışmayı geliştirebilirler. Ayrıca gelecekteki çalışmalar, farklı istatistiksel yöntemleri kullanarak MTÇ-DPA formunu sınıf ortamında uygulayarak öğrenci performansının değerlendirmesine odaklanabilirler.



SSG-TABANLI UYGULAMANIN GELİŞTİRİLMESİ VE ANALİZİ

Mimarlık eğitiminde, öğrencilerin farklı öğretim konularında bildirimsel, prosedürel bilgileri ve psiko-motor becerileri kazanmalarının niteliği, mesleki eğitim ihtiyaçlarını belirleyen iç ve dış etkenlere önemli ölçüde bağlıdır. İç etkenler, mimarlığın pedagojik temellerine dayanan ve teorik bilginin pratik üretim metotlarına dönüştüğü yönleri (tasarım metotları, tasarımda bilişsel/duyuşsal faktörler vb.) içerir. Dış etkenler ise yönetmelikler, müşteri istekleri, inşaa yapım süreçleri ve malzeme üretim firmalarının veri kaynakları gibi etmenlere bağlıdır. İç etkenler üniversitelerin kendi yöntemleri doğrultusunda ilerlerken, dış etkenler çoğunlukla stajlarda ve çalışma hayatında ele alınır. Mimarlık eğitimi eleştirmeni Buchanan [22] birçok okuldaki tasarım stüdyolarında, strüktür, detay ve yapı servislerinin, mimari formla organik olarak bütünleşmiş unsurlar olarak öğretilmediğinden bahsetmektedir. Diğer bir çalışmada, mimarlık okullarında yapı bilgi modelleme (YBM) sistemlerinin sadece 2B çizimler ve 3B modellerin yapıldığı araçlar olarak öğretildiğinden ve eğitimin bir parçası olan inşai detay üretimi ve süreç yönetimi, paydaşlarla çalışma gibi diğer becerilerin öğretilmediğinden bahsedilmektedir [23]. Abdullah ve Hassanpour [33] ise çalışmalarında, mimarlık eğitimi müfredatının mevcut yapılarının, dijital çağda mimarlık ofislerinin taleplerini karşılayamadığını belirtmektedirler. Bu çalışmalar mimarlık eğitiminde, tasarım sürecinin tüm aşamalarını gözeten, iç ve dış etkenleri birlikte değerlendiren yeni bütüncül yöntemlere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Bu ihtiyacın karşılanabilmesi için bütüncül yöntemlerin sağlanamamasını açıklayabilecek farklı unsurların tanımlanması gerekmektedir.

Liebing [24] inşai tasarım ve üretim sürecinin öğretilmesi sürecinde, bu becerilerin ofislerde eğitim verilerek sağlanabileceği, okul müfredatları içerisinde öğrenilebileceği veya bu öğretimlerin stajın bir işlevi olduğu gibi farklı görüşlerin olduğunu belirtmektedir. Bu farklılığın nedeni, inşai tasarım ve üretim sürecinin öğrenimi için üniversite eğitimi ve iş yaşamındaki farklı aşamaların birlikte tecrübe edilmesinin gerekliliğidir. Bir yandan inşai tasarım ve üretim sürecinin öğretilmesinde malzeme bilgisi, uygulama projesi üretimi ve 3B modelleme

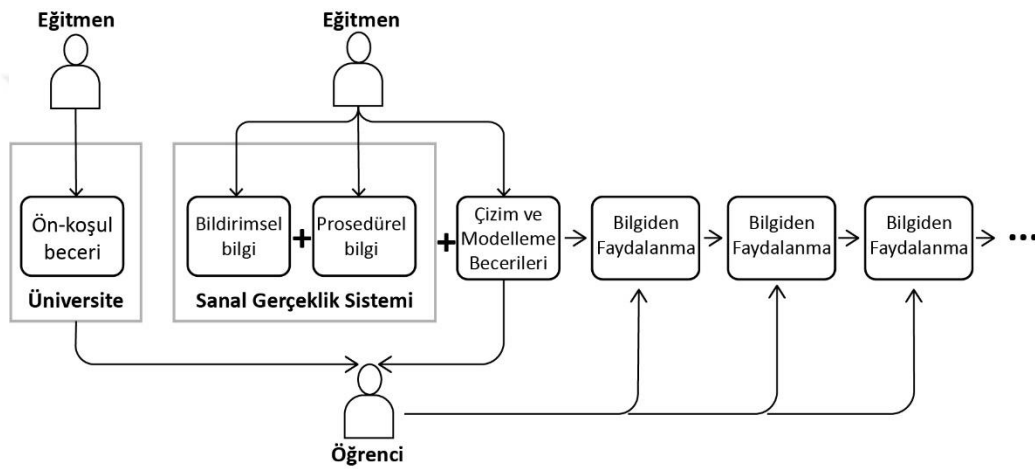
becerilerinin kazanılması için üniversite eğitimine ihtiyaç varken, diğer yandan inşai montaj teknikleri ve süreci öğrenimi stajlar ya da iş yaşamı aracılığıyla sağlanmaktadır. Tüm bu aşamalar ayrı yöntemlerle ve farklı zamanlardaki süreçler içerisinde öğrenciye sunulmaktadır. Diğer bir etmen ise öğrencinin mimari detay tasarımı için öğrendiği malzeme (bildirimsel) ve montaj bilgilerini (prosedürel), dijital tasarım araç ve yöntemlerle kendi tasarımlarının 2B-3B grafiksel ifadelerine nasıl aktaracağı konusundaki zorluklardan kaynaklanmaktadır. Abdullah ve Hassanpour [33], hesaplamalı tasarım derslerinin ve araçlarının (i) yaygın olarak kullanılan ayrılmış yöntem, (ii) tam entegre yöntem ve (iii) ikincil olarak kullanılan karma yöntem olmak üzere üç biçimde eğitim müfredatlarında yer aldığını belirtmektedirler. Bu durum, dijital araç ve yöntemlerin tasarım stüdyolarında verimli şekilde kullanımını doğrudan etkilemektedir. Mimarlık eğitiminde bütüncül olmayan bu yaklaşımlar karşısında, dijital çağın imkân tanıdığı eğitim araç ve metotları bütüncül ve evrensel mimarlık eğitime olanak tanıyabilir. Bu doğrultuda, bilgisayar destekli simülasyonların yapı ürünleri öğretimi için sanal laboratuvarlarda ve yapı teknolojileri derslerinde [200], [224]–[228] kullanımı üzerine çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Bu bilgisayar destekli simülasyonlara ek olarak günümüzde, sarmalayıcı sanal gerçeklik (SSG) tabanlı simülasyonlar mimarlık eğitiminde kullanım yeri bulmaya başlamıştır. SSG simülasyonları birçok alanda, (i) slaytlar, 2D videolardan farklı olarak kopyalanması zor ortamları veya durumları doğrudan deneyimleme [86], [229], (ii) karmaşık, zorlu görevleri güvenli bir ortamda tekrarlarla gerçekleştirme [86], [229], ve (iii) bilgi ve beceri kazandırmaya yardımcı olma [229] olanaklılıklarıyla eğitime katkıda bulunur. Mimarlık eğitiminde de SSG sistemleri, bildirimsel ve prosedürel bilgilerin etkileşimli ve fotogerçekçi temsil uygunluğuyla sunulmasına, öğrencinin uygulama süreçlerini adım adım deneyimleyebilmesine ve 2B/3B grafiksel ve yazılı temsillerin bütüncül olarak kavrayabilmesine imkân tanıyabilir. SSG farklı öz-nitelikleri ve sağladıkları olanaklılıkla mimarlık eğitimindeki farklı konular için kullanım potansiyeli taşımaktadır. Bu konuların mimarlık eğitimindeki potansiyel kullanım biçimleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Uzaktan bağlantılı ve işbirlikçi sanal öğretim ortamının oluşturulması
- Farklı alanlardaki uygulamalı konuların (inşai montaj süreçleri, 2B çizim ve 3B modellerle uzamsal becerilerin geliştirilmesi ve ışık, renk, güneş analizi

gibi yapı fiziği konuları) tasarım problemleriyle entegre edilerek pratik biçimde ve 3B kaza-risksiz ortamda tekrarlarla öğretilmesi

- Gidilmesi zor yerlerdeki yapıların etkileşimli biçimde deneyimlenmesi (uzak bir yerdeki yapının öğrenci tarafından analiz edilmesi)

SSG sistemleri sağladığı bu olanaklılıklar ile mimarlık eğitiminde bildirimsel/prosedürel bilginin nitelikli bir biçimde ve birlikte sunulmasına imkân tanıyabilir. Özetle, SSG sistemleri, eğitim yaşamındaki dersler, stajlar ve çalışma yaşamındaki ayrı süreçlerde kazanılacak bilgi/becerilerin sistematik ve bütüncül bir öğretim modelinin bir parçası olmasını sağlayabilir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 SSG-tabanlı uygulama kullanımı için öneri öğretim kurgusu

Literatürde mimarlıkta yapı ürünleri öğretiminde SSG kullanımı için kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Elgewely vd. [160], SSG’de yapı detayının incelenebildiği, montaj adımlarının gözlemlenebildiği ve belirli bir detay tasarım problemine çözüm arandığı üç farklı uygulama üzerinden bir çalışma gerçekleştirdiler. Şahbaz [182] detay tasarımı eğitimi için yürüttüğü çalışmada, SSG sisteminde giydirme cephenin bileşenlerinin öğrenci tarafından monte edilmesinin geleneksel eğitime göre öğrenme kazanımına katkısı çoktan seçmeli test aracılığıyla incelemiştir. Bir başka çalışmada Bashabsheh vd. [147], bir binanın tasarımındaki temel bileşenlerin montajını SSG içerisinde animasyonlarla öğrenciye sunmuşlardır. Ancak, bu son çalışmada öğrencilerin bilgi kazanımının hangi veri toplama yöntemiyle ölçüldüğü net bir şekilde ifade edilmemiştir Tüm bu çalışmalar, bir binanın inşai sürecindeki montaj aşamalarına (prosedürel bilgi) ya da tasarlanmış olan detayın incelenbilmesine (tasarım inceleme) odaklanmaktadır. Ancak bu çalışmalarda, yapı ürünleri öğretiminde öğrencilerin bilgi/beceri kazanımları için bir öğretim

metodolojisi kurgusu doğrultusunda öğrenene geri besleme ya da yönlendirme biçimleri mimari detay tasarlama süreci için belirtilmemiştir. Ayrıca bu mevcut SSG çalışmalarında, detay montaj süreçlerinin öğrencinin yapı ürünleri öğretiminde pedagojik açıdan hangi faktörlerle katkı sağladığı da açık bir şekilde belirtilmemiştir.

Dahası, MMİİ/TY literatüründe SSG faktörleri üzerine incelemeler, bir bulguyu daha ortaya çıkarmıştır. SSG’de kullanılabilirlik üzerine yapılan mevcut güncel çalışmalar arasında, diğer medya türlerine kıyasla SSG kullanılabilirliğinin iyi seviyelerde olduğu çalışmalarda ([116], [140]–[142], [144], [152], [153], [160], [161], [185]), kullanılabilirliğin iyi seviyede olmadığı çalışmalara göre [135], [143] daha yüksek öğrenme performansı ortaya çıkmıştır. Bu bulguya göre, SSG sisteminin kullanılabilirlik seviyesinin yüksek düzeyde olması, diğer pedagojik faktörler açısından sisteminin daha etkili ve verimli hale gelmesini sağlayabilir.

İlgili literatürdeki tüm bu bulgular doğrultusunda çalışmanın bu bölümü, bir dizi pratik ve teorik aşamadan oluşan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretimi için uygulamayı geliştirmeyi amaçlamaktadır. İlk olarak öğrenciye geri besleme sağlayan ve öğrenciyi yönlendiren SSG-tabanlı uygulama versiyon 1’in tasarım süreci ve kullanılabilirliği incelenir. Sonrasında, SSG-tabanlı uygulama versiyon 1’in incelemeleri doğrultusundaki bulgular göz önünde bulundurularak detaylı biçimde mevcut detay tasarlama yöntemleri [24]–[28] ve yapı ürünleri sınıflandırmaları [29]–[31] irdelenir. Ardından yeni bir yapı ürünleri sınıflandırılma önerisi sunulur. Sonrasında, bu yapı ürünleri sınıflandırmasına dayanan SSG-tabanlı uygulama versiyon 2’in gelişim süreci ve kullanılabilirliği incelenir.

4.1 SSG-tabanlı Uygulama 1’in Oluşturulması

İlgili literatürden edinilen katkıyla bu bölümde, kullanıcılara montaj sürecinden önce yapı ürünlerinin bilgilerini sunan (yönlendirme) ve montaj sonrasında 2B çizimlerle kullanıcılara geri besleme sağlayan bir SSG-tabanlı uygulamanın ilk prototipi incelenir (Şekil 4.2). Bu prototiple mimari detay tasarımı sürecindeki aşamaların, bir uygulama içerisinde sistematik ve bütüncül olarak kullanıcıya

sunulması hedeflenmekte ve prototipin kullanılabilirliğinin incelenmesiyle SSG-tabanlı uygulamanın gelişimini destekleyici verilere ulaşmak amaçlanmaktadır.



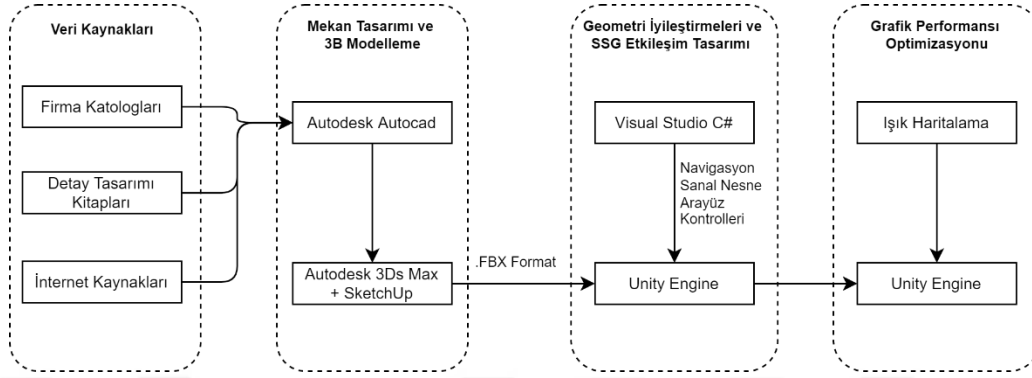
Şekil 4.2 SSG-tabanlı uygulamanın ilk versiyonunda işlem adımları

4.1.1 Sisteme Genel Bakış

Bu çalışmada güncel teknoloji araçları için mimarlık öğrencilerinin davranışlarını pedagojik etmenlere göre araştırmak ve inşai üretim süreçlerinin simüle edildiği SSG-tabanlı uygulamanın öğrenme kazanımları üzerindeki etkisini anlamak için geliştirilen ön prototip sunulmaktadır. Önerilen prototip insan-bilgisayar etkileşimi, eğitim teknolojileri, çoklu ortamda öğrenme ve mimarlık alanlarının kesişiminde ortaya çıktı.

SSG-tabanlı uygulama versiyon 1’de öğretilecek konu olarak alçıpan duvar sistemleri, üretilen duvar sistemlerinin çeşitliliği ve tavan döşeme bileşimlerinde farklı alternatiflerin oluşturulabilmesi nedeniyle seçilmiştir. Alçıpan duvar sistem detayları, çeşitli detay tasarımı kaynaklarına [24], [53]–[55] göre hazırlanmıştır. Bu çalışmadaki konu üzerinden geliştirilen SSG-tabanlı uygulamanın sistem altyapısı, farklı yapı detay türlerine uygulanabilecek şekilde tasarlanmaktadır. Montaj işlemlerinin yapılacağı sanal mekan için farklı fonksiyonel ihtiyaçlara cevap verecek bir konut mekanı tasarlanmıştır. Tasarım aşamasından sonra uygulamanın oluşturulmasında bir dizi işlem uygulanmıştır. Bu işlemler her iki version uygulama için de geçerlidir (Şekil 4.3). Bu mekânın, SketchUp ve 3Ds Max yazılımları kullanılarak modelleri oluşturulmuş, oluşturulan modeller FBX formatında Unity oyun motoruna aktarıldı. İşlem hattının son adımı olarak, katılımcıların sistemle ve sanal nesnelerle etkileşime girmesini sağlamak için C# komut dosyalarını kullanarak gezinme, arayüz kontrolü ve sanal nesnelerle

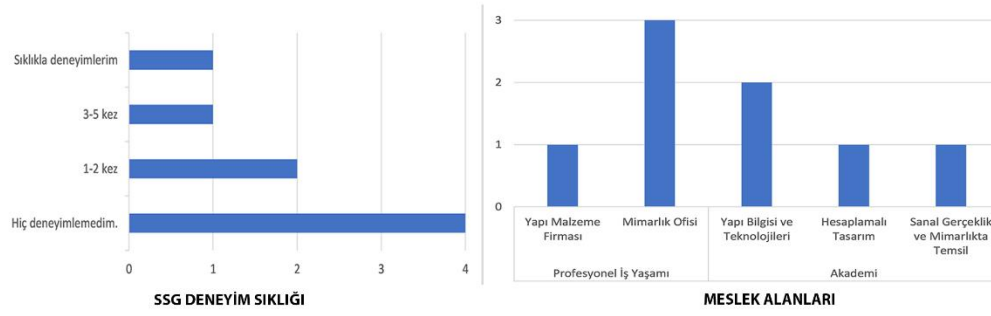
doğrudan etkileşim dinamikleri oluşturuldu. Deney sırasında iki el kumandası ve altı alan derinliğine sahip ekranlı kaskı ile HTC VIVE™ Pro [230] kullanıldı. HTC Vive Pro, kullanıcılara yüksek sarmalayıcılık ve toplam 2880×1600 çözünürlük, 615 ppi ve 90 Hz. yenileme hızı sunar.



Şekil 4.3 SSG-tabanlı uygulama 1 ve 2'nin geliştirilme aşamaları

4.1.2 Katılımcı Grubu

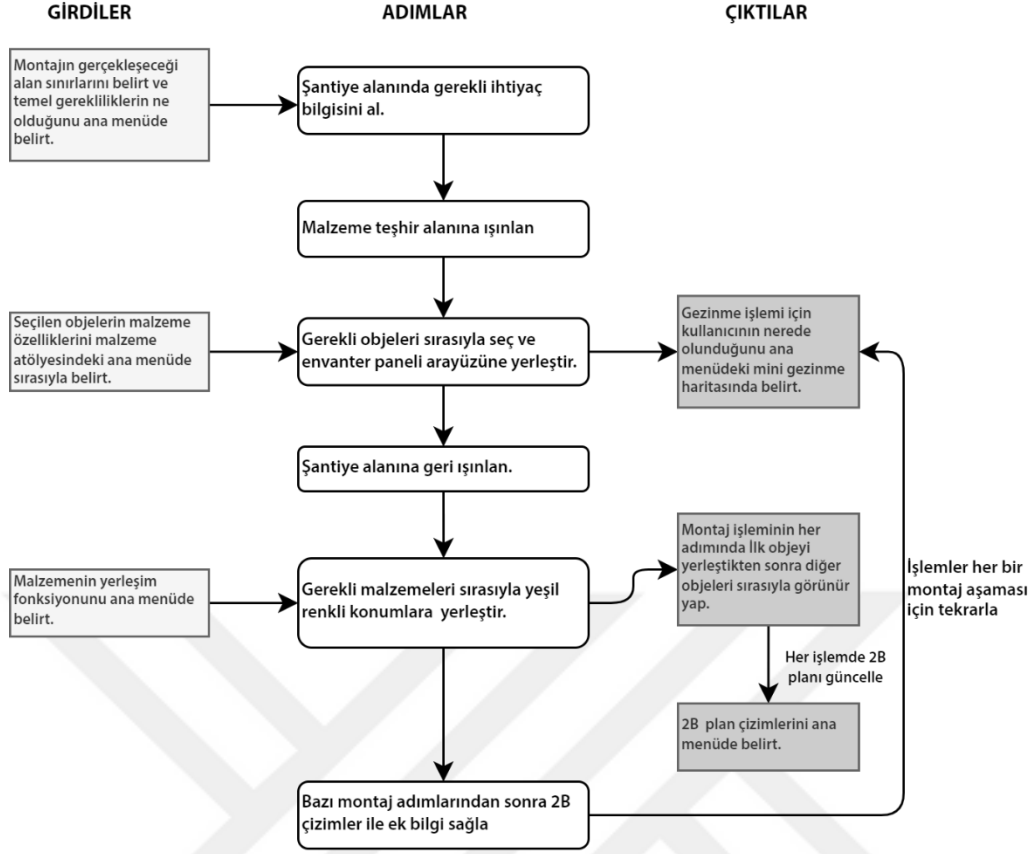
Öneri prototip, 22.02.2022 ve 03.03.2022 tarihleri arasında Yıldız Teknik Üniversitesi mimarlık fakültesinde ilgili alan uzmanlarıyla test edildi. Tüm katılımcılar çalışmaya gönüllü olarak katıldılar ve bu çalışmaya katılmak için yazılı bilgilendirilmiş onam verdiler. Katılımcılarla e-posta yoluyla iletişime geçildi ve 8 katılımcı deneye katılmak için gönüllü oldu. Alan uzmanlarının dördü profesyonel iş yaşamında beş senenin üzerinde iş tecrübesi olan mimarlardı (1 kişi yapı malzemesi firmasından, 3 kişi mimarlık ofisinden), diğer alan uzmanları yapı bilgisi (2 kişi), hesaplamalı tasarım (1 kişi) ve sanal gerçeklik (1 kişi) üzerine çalışmalar yürüten akademisyenlerdi. Deney sürecinde katılımcılar, SSG ekipmanı hakkında yapılan bilgilendirmenin ardından sisteminin nasıl kullanılacağı konusunda bir ön sahnede eğitildiler. Sonrasında katılımcılar ilgili talimatlar doğrultusunda alçıpan duvar sisteminin yapı bileşenlerinin montajını yaptıkları ve ilgili 2B detay çizimlerinden geri besleme aldıkları ana sahneyi deneyimlediler. Katılımcıların demografik bilgileri ve deney anları Şekil 4.4'de sunulmaktadır.



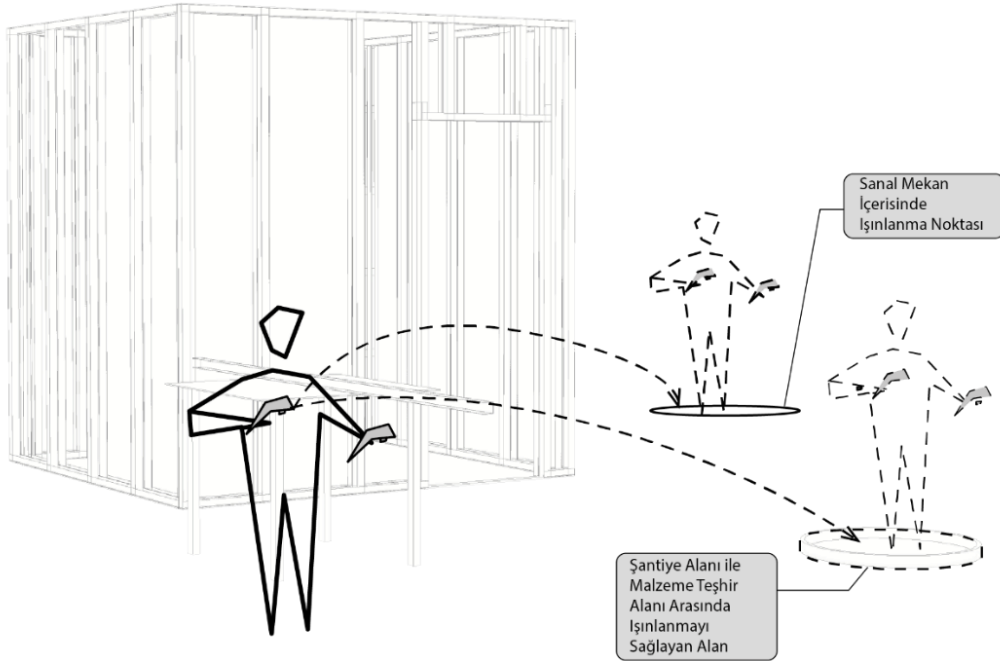
Şekil 4.4 Katılımcıların demografik bilgileri ve deney anları

4.1.3 Deney Süreci

Şekil 4.5'te katılımcıların oyunu tamamlayabilmesi için takip etmesi gereken adımlar, girdiler ve çıktılarla gösterilmektedir. Katılımcılar ana sahnede, malzeme teşhir ve şantiye alanı olarak iki ayrı mekânda bulundular. Bu iki ayrı sanal mekân arasındaki geçişlerde ve iki sanal mekan içerisindeki uzak mesafelere ışınlanma özelliğiyle ulaşıldı (Şekil 4.6). Gezinme işlemlerine ek olarak, ana menü kontrolü, envanter paneli kontrolü ve sanal nesneyi kavrama/yerleştirme işlemleri için iki ayrı el kumandası kullanıldı. Deneyim esnasında katılımcılar, önce şantiye alanında duvarın inşa edileceği alanı ve ana menüden duvar sistemleriyle ilgili problemleri incelediler (Şekil 4.7-1). Sonrasında, malzeme teşhir alanına geçerek el kumandalarından birine sabitlenmiş olan sanal envanter paneline malzemeleri yerleştirdiler (Şekil 4.7-2). Son olarak, şantiye alanına geri dönüp, envanterden ilgili malzemeleri seçerek montaj işlemini gerçekleştirdiler (Şekil 4.7-3) ve 2B detay çizimlerinden geri besleme aldılar. Tüm deney süreci modelleme ekranının ekran görüntüleri, modelleme oturumu sırasında kullanıcıların hareketlerinin video kayıtlarıyla kaydedildi. Deney sona erdiğinde, katılımcılardan demografik bilgileri, sistem kullanılabilirlik ölçeği (SKÖ) ve açık uçlu yorum sorularını (SSG deneyim değerlendirmesi) içeren bir anket doldurmaları istendi.



Şekil 4.5 SSG-tabanlı uygulama 1'in kullanım akış diyagramı



Şekil 4.6 Sanal mekanlar arasında ve sanal mekan içerisinde gezinme

1- Ana Menü Talimat Kontrolü ve Talimat Takibi

The diagram illustrates the main menu instruction control and tracking process. It features a stylized figure holding a tablet displaying the 'Ana Menü' (Main Menu). The menu includes instructions for 'İzolasyon Bandı' (Insulation Tape) and 'Menü Tazime' (Menu Clearance). A dashed line connects the figure's hand to a large screen showing detailed plans ('KAT PLANI' and 'DETAY PLAN') and a 'DETAY PLAN' section.

İzolasyon Bandı

Yarıdan Dinle

Mevcut yapı içerisinde ses iletimini ve ısı köprülerini engelleyen, ayrıca Duvar U profillerine monte edilen izolasyon bandını belirtilen yeşil renkli yere yerleştiriniz.

Menü Tazime

Menü Gözleme

KAT PLANI

DETAY PLAN

DETAY PLAN

ENVANTER PANELİ

Lütfen aşağıdaki butonlara sırayla tıklayarak elemanları seçiniz ve yeşil renkli yerlere yerleştiriniz.

Isolasyon Bandı	Yatay Profil	Düşey Profil 01	Düşey Profil 02	Profil Arası İzolasyon	Sese Day. Alçıpan	İzolasyon Katmanı	Darbeye Day. Alçıpan	Köşe Profili

Malzeme bilgisini sağlayan ekran

Malzeme seçimini sağlayan arayüz butonu

Malzeme Bilgi Ekranı

Ürün Tanımı:
Ağırlıklı Beton
100x100x100
100x100x100
100x100x100

3a-Objenin Envanter Panelinden Seçimi

3b-Objenin Masadan Alınması

3c-Objenin Montaj Yeri Yerleştirilmesi

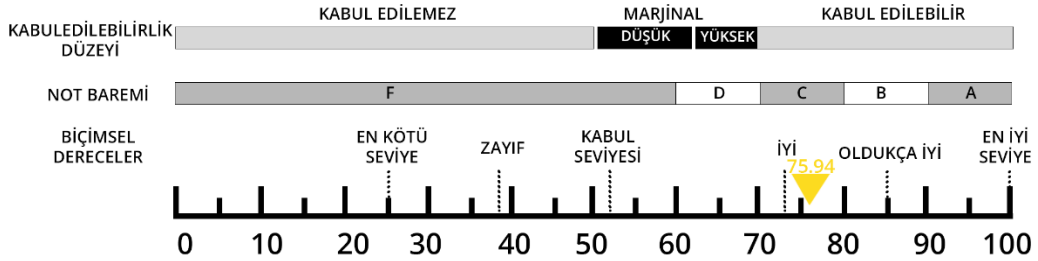
4.1.4 Veri Toplama Aracı

97

puanlanır. Ölçek mimarlık, mühendislik, inşaat alanlarında SSG sistemlerinin kullanılabilirliğini ölçmek için literatürde kullanılmıştır [52], [134], [231] ve Türkçe dilinde doğrulanmıştır [232]. SKÖ için toplam puan, tüm maddelerin toplamının 2,5 ile çarpımıdır.

4.1.5 SSG Versiyon 1 Kullanılabilirlik Bulguları

Bu çalışmada, 8 katılımcı için ortalama SSG-tabanlı uygulama 1 kullanılabilirlik puanı 75.94'tür (Şekil 4.8). İlgili araştırma sonuçları, sistem kullanılabilirlik puanının beş dereceye bölünebileceğini göstermektedir: A: 90–100, B: 80–89, C: 70–79, D: 60–69 ve F: 0–59 [52]. İlgili SKÖ çalışmasına göre, uygulamanın sıfat derecelendirmesi, Şekil 4.8'de gösterildiği gibi iyi seviyededir [52]. Sonuçlar, uygulama 1 için sistemin değerlendirilmesinin henüz çok iyi bir seviyeye ulaşmadığını göstermektedir. SKÖ'nün beş puanlık ölçek sonuçlarına göre (Tablo 4.1), kullanıcıların çoğu bu uygulamayı çok çabuk öğrenebileceğini, sıklıkla kullanmaya istekliliklerini ve fonksiyonların iyi entegre olduğunu belirttiler. Bununla birlikte, arayüzle ilgili öğrenilmesi gereken şeylere ve teknik insana ihtiyaç gibi zorluklar bulunmaktadır.



Şekil 4.8 SSG-tabanlı uygulama 1 için SKÖ derecelemesi [231]

Açık uçlu sorular ve video kayıtları incelendiğinde, katılımcıların çoğunun sistemin genel akışını olumlu buldukları anlaşıldı. Bu genel akış, grafik kullanıcı arayüzü aracılığıyla yazılı ve sözlü aktarımı, 3B malzeme katmanlarının temsillerini ve SSG ekipmanının ergonomisini içerir. Ayrıca çoğu katılımcı, 3B modellerin öğretimsel anlatıyı oldukça desteklediğini, ilgili malzeme ve bileşim detaylarının rahatlıkla incelenebildiğini belirttiler.

Tablo 4.1 SSG-tabanlı uygulama 1 için SKÖ değerlendirme sonuçları.

Sorular	Kişi sayısı	Ortalama	Standart sapma
1. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını sıklıkla kullanmak isteyeceğimi düşünüyorum.	8	4,13	.641
2. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını gereksiz bir şekilde karmaşık buldum.	8	1,88	1.126
3. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasının kullanımının kolay olduğunu düşündüm.	8	3,75	1.165
4. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını kullanabilmek için daha teknik bir kişinin desteğine ihtiyaç duyacağımı düşünüyorum.	8	2,38	1.768
5. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasındaki çeşitli fonksiyonları iyi entegre edilmiş buldum.	8	4,13	.835
6. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasında çok fazla tutarsızlık olduğunu düşündüm.	8	1,38	.518
7. Mimarlık alanındaki birçok insanın (mimarlar ve mimarlık öğrencileri) bu sanal gerçeklik uygulamasını kullanmayı çok çabuk öğreneceğini sanıyorum.	8	4,38	.744
8. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasının kullanımını çok elverişsiz buldum.	8	1,25	.463
9. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını kullanırken kendimden çok emin hissettim.	8	3,63	1.061
10. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasında bir şeyler yapabilmek için öncelikle birçok şey öğrenmem gerekti.	8	2,75	1.282

Diğer yandan, sonuçlar ayrıca sistemin geliştirilmesi gereken özelliklerini de ortaya çıkardı (Tablo 4.2). Işınlanma özelliğiyle gezinme katılımcıların ana sahnede yön bulma problemlerine neden oldu. SSG içerisinde farklı gezinme alternatiflerinin gezinme alan kısıtlaması olmadan uygulamada sunulması nedeniyle (Şekil 4.6), bazı kullanıcıların sanal mekanlarda kaybolarak montaj görevlerinden bilişsel olarak koptuğu gözlemlendi. Gezinmeyle ilgili bu bulgular, Parong ve Mayer'in [86] sarmalayıcı ortamın geleneksel ortamlara göre daha fazla dikkat dağıtıcı etmenlere sahip olduğunu gösteren bulgularıyla örtüşmektedir. Bu bulguların, uzamsal becerinin önemli olduğu mimarlık alanı için doğrulanması dikkat çekicidir. Ayrıca, menü kullanım ve gezinme özellikleri katılımcılara ayrı ön bir sahnede

öğretildi ve sonrasında katılımcılar ana sahneye alınarak (öğretim sahnesi) öğretim uygulamasına başladılar. Bundan dolayı, katılımcılar öğretim sahnesindeki sanal mekanların 3B bilgisine, eğitime başlamadan önce sahip olamadılar. Bu durum, gezinme esnasında katılımcıların kaybolma ihtimallerini arttırmış olabilir. Bu nedenle, gelecek çalışmada SSG’de kullanıcıların sanal mekânı kullanım alanlarının kısıtlandırılması ve arayüz öğretiminin ayrı bir ön sahnede değil, ana sahne içerisindeki sanal mekanlarda (şantiye ve malzeme teşhir alanları) gerçekleştirilmesi görev esnasında katılımcıların dikkatlerinin dağılmasının önüne geçebilir.

Tablo 4.2 Nitel veri analizinde ortaya çıkan problemler ve potansiyel çözümler

Kullanılabilirlikle ilgili problemler	Potansiyel çözümler
Işınlanmanın yön bulmayı olumsuz etkilemesi	Sanal mekân içerisinde alan kısıtlamasının oluşturulması
Menü kullanım ve gezinme özelliklerinin ayrı bir sahnede öğretilmesi	İlgili tüm görevlerin aynı sahne içerisinde gerçekleştirilmesi
1:1 ölçek seçiminin ilgili görevlerden katılımcıları uzaklaştırması	Kullanıcının göz hizasında kalacak şekilde ölçek seçiminin yapılması
Her bir bileşenin montajından sonra aynı özellikteki diğer yapı ürünlerinin yerleşme animasyonlarının gözlemlenememesi	Aynı tipteki yapı ürünlerinin daha uzun bir zaman dilimi içerisinde anime edilerek ekranda görünür kılınması
2B grafiklerin görsel anlamda zor incelenebilmesi	2B çizim grafiklerinin farklı sunum teknikleri kullanılarak oluşturulması
Her montaj işlemi tamamladığında envanter panelini kullanmadan, bir sonraki bileşenin montajına geçilme çabası	Katılımcıların elindeki kontrolöre sabitlenen envanter paneli yerine konumu sabit olan arayüz kullanımı
Sistemde geri besleme sağlayan özelliklerin incelenmeden diğer montaj aşamasına geçilmeye çalışılması	Literatürdeki mevcut detay tasarlama ve yapı ürünleri sınıflandırmalarına dayanan belirli, genel bir yapı ürünleri ve montaj süreçleri prosedürleri uygulamasının geliştirilmesi

Katılımcılar tarafından belirtilen ve video kayıtlarında gözlemlenen bir diğer etmen, montaj görevleri için seçilen 1:1 ölçeğin katılımcıların görevleri sürdürmesinde yarattığı ergonomi problemleri oldu. Katılımcılar görev esnasında kendi boyutları ya da kendi boyutlarından daha büyük sanal yapı ürünleri monte ederken görevden kopma yaşadılar. Bu bulgular, literatürdeki [129], [155] daha önceki bulgularla örtüşmektedir. Bu nedenle gelecek çalışmada ilgili görevlerin gerçekleştirilmesinde katılımcıların göz hizasının içinde kalacak şekilde ölçek (1:5, 1:10 vb.) seçimi yapılabilir. Bir diğer bulgu olarak, deney esnasında bazı katılımcıların her bir bileşenin montajından sonra aynı özellikteki diğer yapı

ürünlerinin yerleşme animasyonlarını gözlemleyemedikleri görüldü. Bu nedenle gelecek çalışmada, aynı tipteki yapı ürünlerinin daha uzun bir zaman dilimi içerisinde anime edilerek ekranda görünür kılınması ilgili ürünlerin incelenme sürecine katkı sağlayabilir. Belirtilen bir diğer olumsuz etmen, 2B grafiklerin görsel anlamda zor incelenebilmesi oldu. Bu durum, SSG ekranlı kaskının sunduğu maksimum çözünürlük değerlerinden kaynaklanmaktadır. Bu teknik probleme 2B çizim grafiklerinin farklı sunum teknikleri kullanılarak oluşturulmasıyla çözüm aranabilir.

Bunlarla birlikte, bazı katılımcılar gerekli yapı bileşenlerinin saklandığı envanter paneli üzerinden ilgili yapı bileşenini seçme işlemini (Şekil 4.7-3a) her montaj işlemi tamamladığında unutup, bir sonraki bileşenin montaj anında bu işlemi yapması gerektiğini yeniden hatırlamaya çalıştılar. Bir grafiksel arayüz olan envanter panelinin kullanıcı deneyimini bölen ve kafa karıştıran bir etki yarattığına işaret etmektedir ve Elgewely vd.'nin [160] çalışmasındaki envanter panelinin kullanımıyla ilgili arayüz problemleriyle örtüşür durumdadır. Gelecek çalışmada, katılımcıların elindeki kontrolörden birine sabitlenen envanter paneli yerine konumu sabit olan arayüz kullanımı ilgili katılımcıların ilgili görevlere odaklanmasını pozitif olarak destekleyebilir. Bir başka olumsuz durum, bazı katılımcıların bir yapı bileşenini monte ettikten sonra görünür kılınan aynı özellikteki diğer yapı bileşenlerini (Şekil 4.7-3c) ve geri besleme sağlayan 2B çizimleri (Şekil 4.2) incelemiden sonraki yapı bileşeninin montaj aşamasına geçmeye çalışmış olmalarıdır. Alan uzmanı katılımcılar, konuyla ilgili yeterli bilgiye sahip olduklarından dolayı sadece görevlerin kendisine odaklanarak tüm montaj işlemlerini bilişsel ve reflekssel dürtüyle tamamlamak istemiş olabilirler. Yine de uygulama görevlerini otomatize ederek öğrenmeye potansiyel engel oluşturabilecek bu durum karşısında ilgili montaj görevlerinin kullanıcı tarafından problem çözme teşvik edici bir biçimde gerçekleştirilmesi öğrenim görevinin verimliliğini arttırabilir. Bu nedenle yeni SSG-tabanlı uygulama versiyonunda, literatürdeki mevcut detay tasarlama ve yapı ürünleri sınıflandırmalarına dayanan ve SSG için oluşturulmuş belirli ve genel bir yapı ürünleri ve montaj süreçleri prosedürleri, kullanıcının problem çözmesini destekleyebilir. Bu belirli yöntemle kullanıcılar, montaj görevlerinin aşamalarını genel bir bakış açısıyla kavrayabilir. Bu da SSG içerisindeki yapı ürünleri öğretiminin verimliliğini arttırabilir. Bu

nedenle literatürdeki mevcut detay tasarlama yöntemleri [24]–[28] ve yapı ürünleri sınıflandırmalarının [29]–[31] incelenmesi, farklı yapı ürünleri ve detay tiplerine uygulanabilir SSG-tabanlı uygulamanın geliştirilmesi açısından önemlidir.

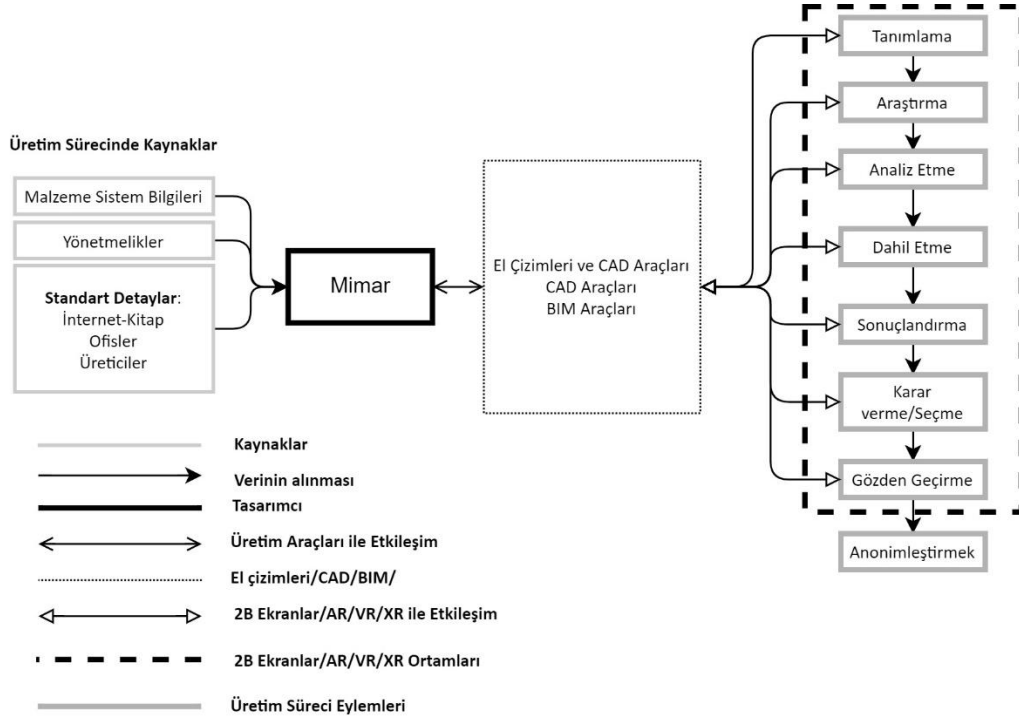
4.2 Mimari Detay Tasarlama Yöntemleri ve Yapı Ürünleri

Sınıflandırmaları

Mimari detay tasarım ve geliştirme süreci, çeşitli kaynaklardan elde edilen verilerin işlendiği, üretim ve görüntüleme araçları kullanılarak aşamalı aktivitelerin gerçekleştirildiği süreçleri kapsamaktadır. Literatürde bu süreçlerin bütünü farklı aşamalar ve içeriklerle inceleyen bir dizi yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemler arasında, Liebing [24] detay üretim sürecini, “Detay Geliştirmenin Adımları” modelinde 8 aşamalı eylemler dizesi olarak ele almaktadır (Tablo 4.3). Üretim sürecinde detayı standartlaştırma zaman ve maliyetten kazanım için önemli bir eylemdir. Bu nedenle üretim sürecinde internet-kitap, ofislerin kendi veri tabanları ve üreticilerden alınan standart detaylar üretimde süreci eylemlerinde anonimleştirilerek yeniden kullanılabilir detaylar haline dönüştürülmektedir (Şekil 4.9).

Tablo 4.3 Detay üretim sürecinin 8 aşamalı eylemler dizesi [24]

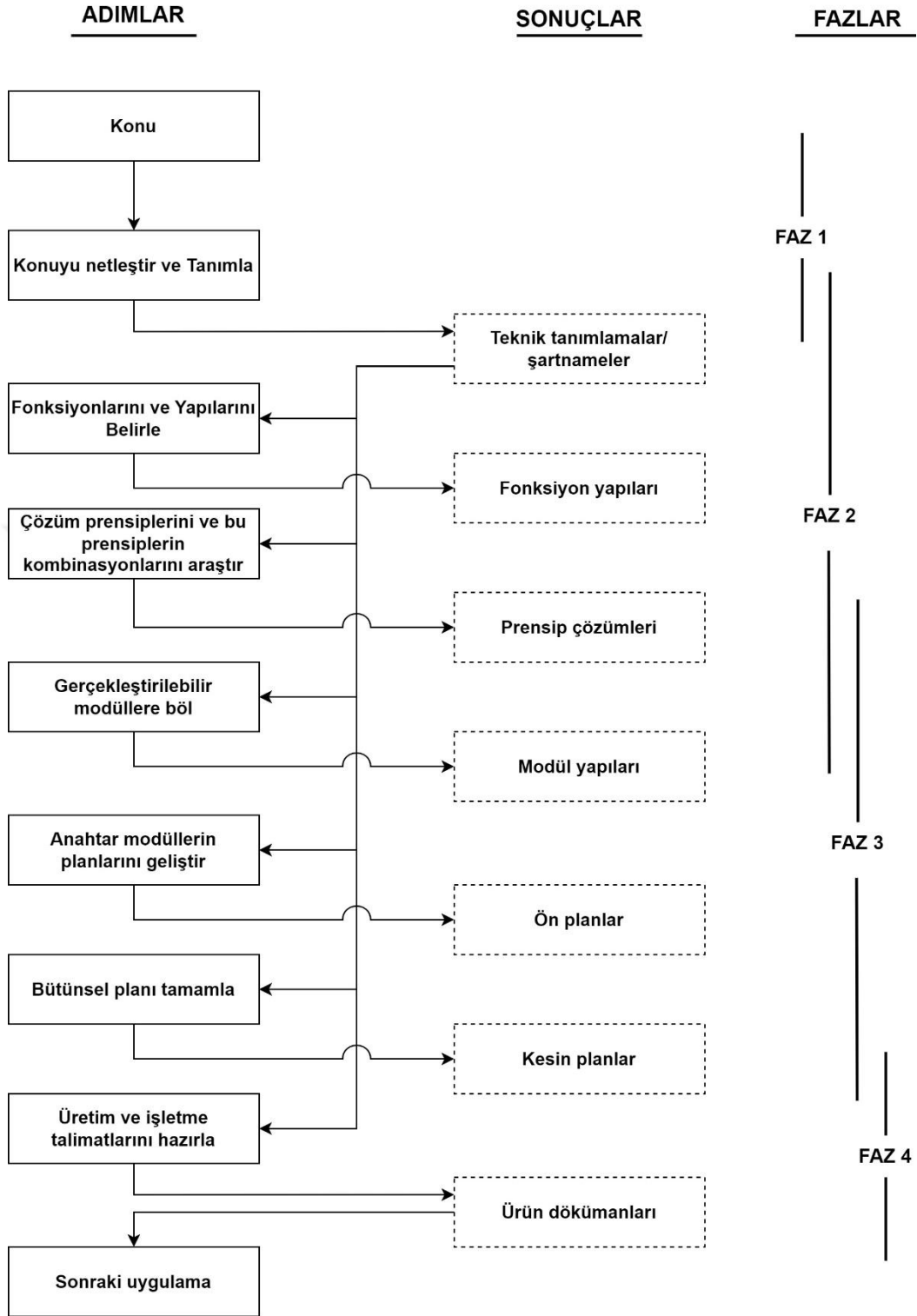
Üretim Sürecinde Eylemler	Tanımlar
Tanımlama	Yapılacak işlerin belirlenmesi
Araştırma	İhtiyaçlar; Gereksinimler, Problemler
Analiz etme	Konum: Gösterilecek Sınırlar / Alan
Dahil etme	Netlik / bütünlük için ölçek seçimi
Sonuçlandırma	İyi taslak hazırlama / CAD-BIM teknikleri; Çizgiler / notlar / çizgi ayarları/ semboller / harfler;
Karar verme/Seçme	İlişkilendirmek
Gözden geçirme	Koordine etmek, katkıda bulunmak,
Anonimleştirme	Etiketleme; Referans, Karşıt referans; Çizim setlerindeki konum; Yeniden kullanılabilirlik (standart detay); Muhafaza etmek



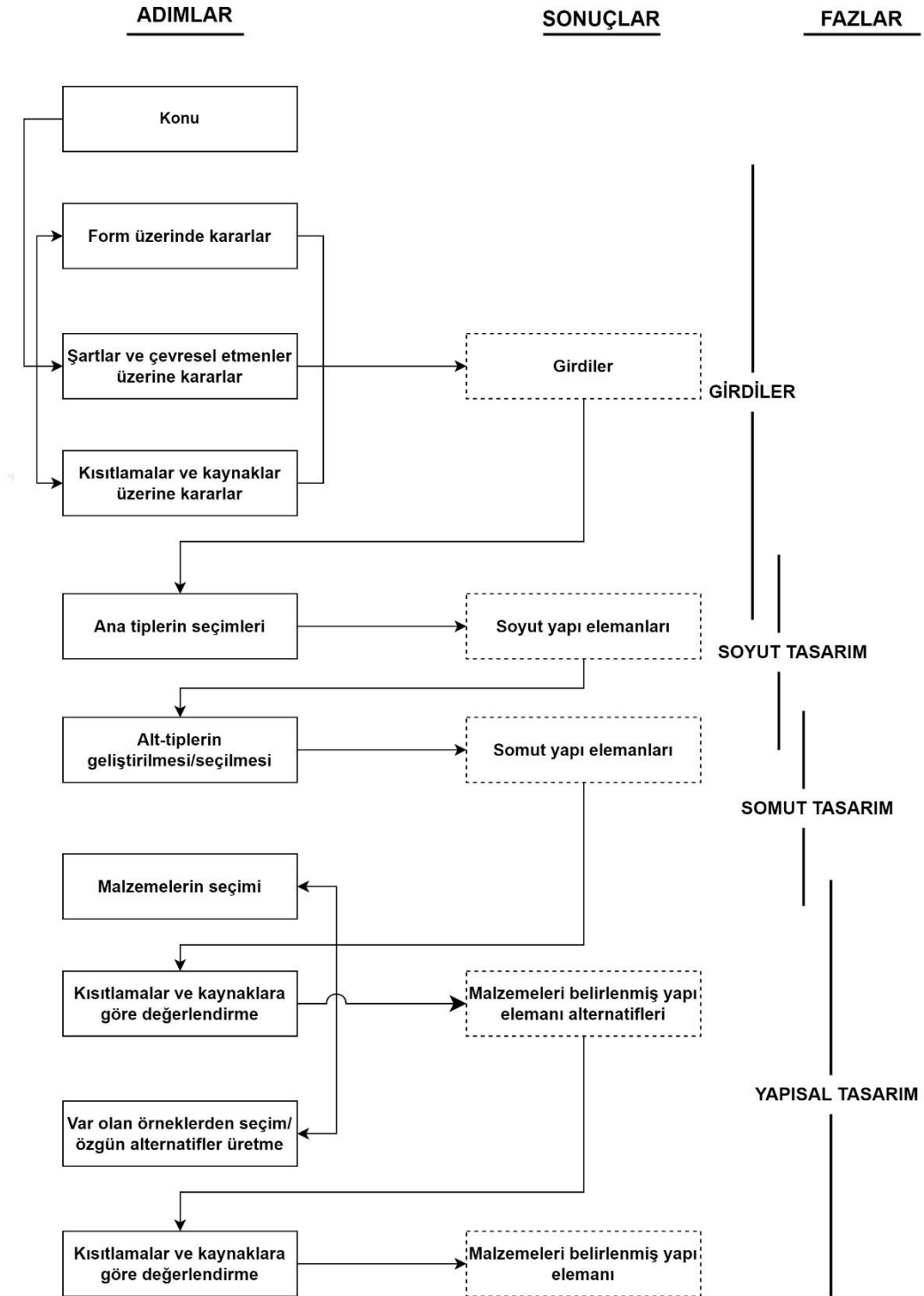
Şekil 4.9 Detay geliştirmenin adımları [24]

F. O. Müller tarafından geliştirilmiş olan “VDI 2221, 2222 Yapı Elemanı Tasarım Yöntemi (Method of Construction and Choosing of Building Materials)” modeli, “özgün” detay tasarımına yönelik bir yöntemdir [233] (Şekil 4.10). Tasarım probleminin analizi, ilkesel tasarım, ön tasarım ve bütünsel tasarım olmak üzere dört fazdan oluşmakta ve bu dört faz ardışık olarak devam eden dokuz adımı içermektedir [26]. Bu adımlara göre, farklı mimari detay alternatiflerinin Faz 3’ün belirli bir sürecine kadar değerlendirilmesi gerekmektedir. Faz 3’ün belirli bir bölümü ile Faz 4 arası ise bu alternatiflerden birinin üretime hazırlanma sürecini kapsar.

“Yapı Elemanı Tasarlama Prensipleri (Principles of Building Element Design)” Peter Rich ve Yvonne Dean tarafından farklı konu başlıkları için yapı elemanları tasarımına yönelik ölçütleri ortaya koymaktadır [25]. Genç ve Altun yürüttükleri bir çalışmada bu ölçütleri bir akış şeması halinde sunmuşlardır (Şekil 4.11) [233]. Bu metot, sonuçlar ve fazlar açısından VDI 2221, 2222 Yapı Elemanı Tasarım Yöntemi [26] ile benzer özellikleri vardır. Ancak, bu metodun adımları ve adımlarının birbiriyle ilişkilerinin daha detaylı olduğu söylenebilir. Ayrıca, bu metot da bir önceki metot gibi mimari detay alternatiflerinin değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.



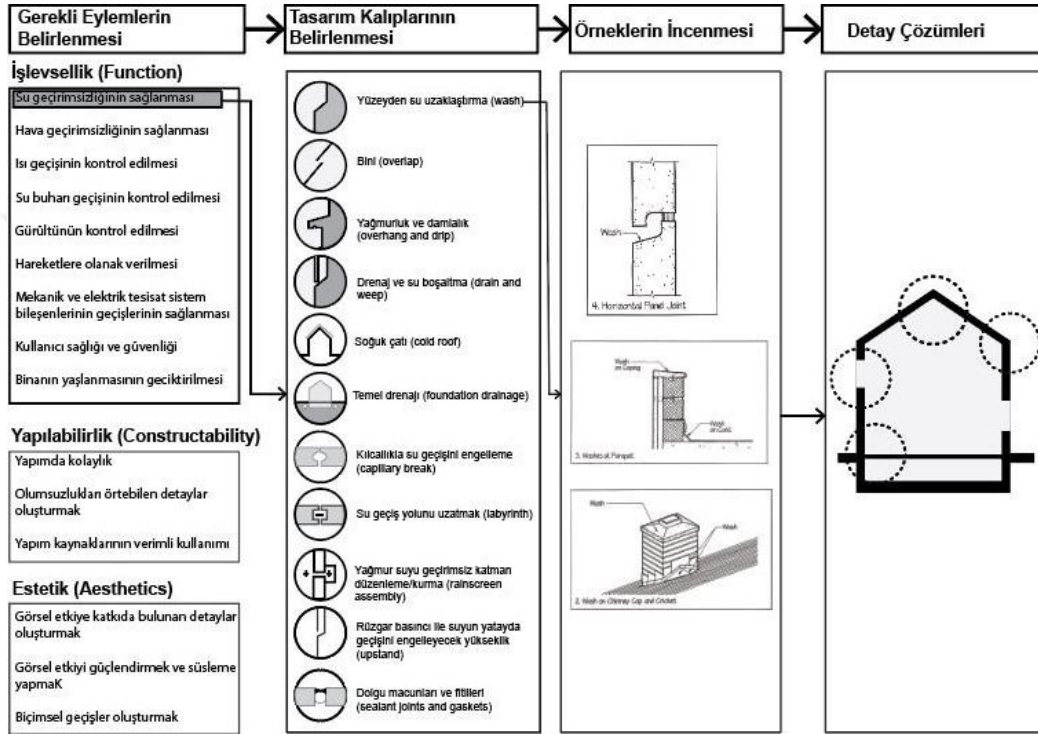
Şekil 4.10 VDI 2221, 2222 yapı elemanı tasarım yöntemi [26]



Şekil 4.11 Yapı elemanı tasarlama prensipleri [233]

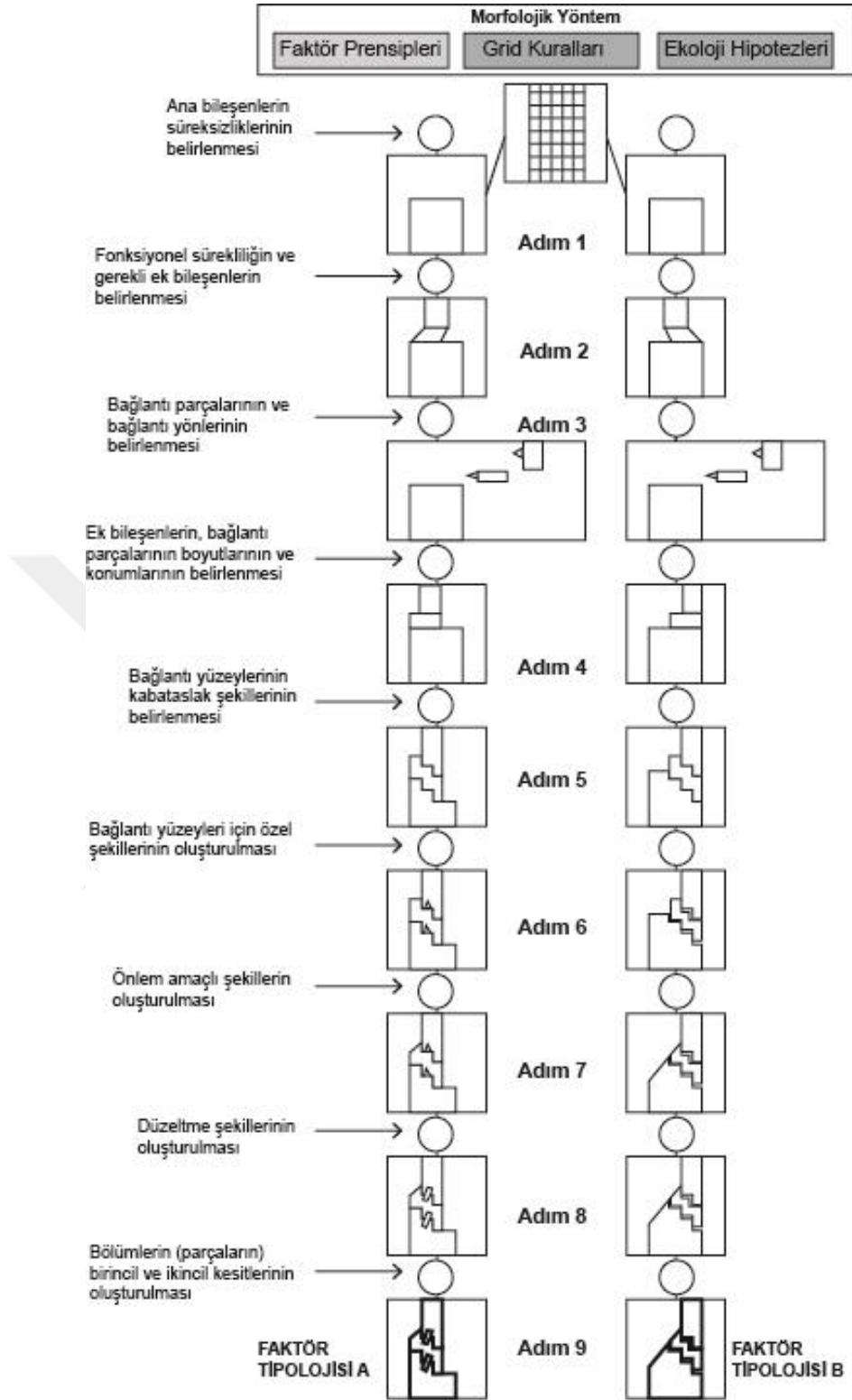
Allen ve Rand'ın Architectural Detailing: Function, Constructability, Aesthetics kitabı içerisinde ortaya koyduğu sistematik bakış açısı ise nokta detaylarda ve tipik detaylarda dikkat edilmesi gereken unsurları 3 başlık altında toplamaktadır: fonksiyon (function), yapılabirlik (constructability) ve estetik (aesthetics) [27].

Bu modele göre fonksiyon, yapılabirlik ve estetik bileşenlerine göre tasarım kalıpları belirlenir ve bu tasarım kalıplarının birçok farklı nokta detaya göre önemi belirtilir. Kızılyaprak ve Oskay yürüttükleri bir çalışmada tasarım kalıplarının “Mimari Detaylandırma Yöntemi” nin adaptasyonunu bir şema ile ifade etmişlerdir (Şekil 4.12). Bu yöntemde diğerlerinden farklı olarak bir mimari detaydaki geometrik biçimleniş ve katmanların bir araya geliş biçimlerinin nedensellik ilişkileri açıklanmaktadır.



Şekil 4.12 Mimari detaylandırma yöntemi [27], [199]

9+1 adımlı detay tasarım prosedürü, Emmitt, Olie ve Schmid tarafından ortaya konmuş morfolojik bir dil kullanılarak geliştirilmiş olan 9+1 adımlı detay tasarım prosedürünün adımlarını içermektedir [28] (Şekil 4.13). Başlangıçta mühendislik tasarımı için kullanılan yöntem, 1980'li yıllarda ayrıntılı bir yapı elemanı tasarım yöntemine dönüştürülmüştür [28]. Bu yöntem detay tasarlama sürecini morfolojik bir şekilde ve dokuz adımda açıklar. Bu yöntemdeki adımların diğer detay tasarlama biçimlerine göre daha detaylı bir biçimde olduğu söylenebilir.



Şekil 4.13 9+1 adımlı detay tasarım metodu [28]

Tüm bu detay tasarlama metotları arasında “Detay Geliştirmenin Adımları” [24] modeli, hem nokta detaylar hem de tipik bölge detaylara uygulanabilecek adımları tanımlamaktadır. Ancak bu metot, mimari detay tasarlamanın detaylı sürecinden çok daha genel eylem dizgesine odaklanmaktadır. “Yapı Elemanı Tasarlama

Prensipleri“ [25] ve “VDI 2221, 2222 Yapı Elemanı Tasarım Yöntemi” [26] modellerinin aşamaları birbirlerine benzemekte ve süreç içerisinde detay tasarım alternatiflerinin değerlendirilmesini sunmaktadırlar. Bu yöntemler arasında, “9+1 Adımlı Yöntem” [28] nokta detaylara uygulanabilecek adımlara sahiptir. Bu model, oldukça detaylı adımları tanımlasa da uygulanabilme pratikliği açısından daha zayıf görünmektedir. SSG sisteminde, ilgili öğretim görevlerinin net bir şekilde tamamlanabilmesi için bu dört metodun SSG görev adımlarını destekleyebilecek yapıları olmadığı söylenebilir. “Mimari Detaylandırma Yöntemi”ne [27] göre tasarım kalıpları birçok farklı detay tasarımı için tasarım prensiplerini net ve sade şekilde ifade etmektedir. Ayrıca bu metodun gerekli işlevsel özellikleri ve detaydaki yapı ürünlerini grafiksel olarak anlatması, SSG’de öğretim görevini desteklemeye imkân tanıyabilir. Tablo 4.4’te detay tasarlama yöntemlerinin karşılaştırması yer almaktadır.

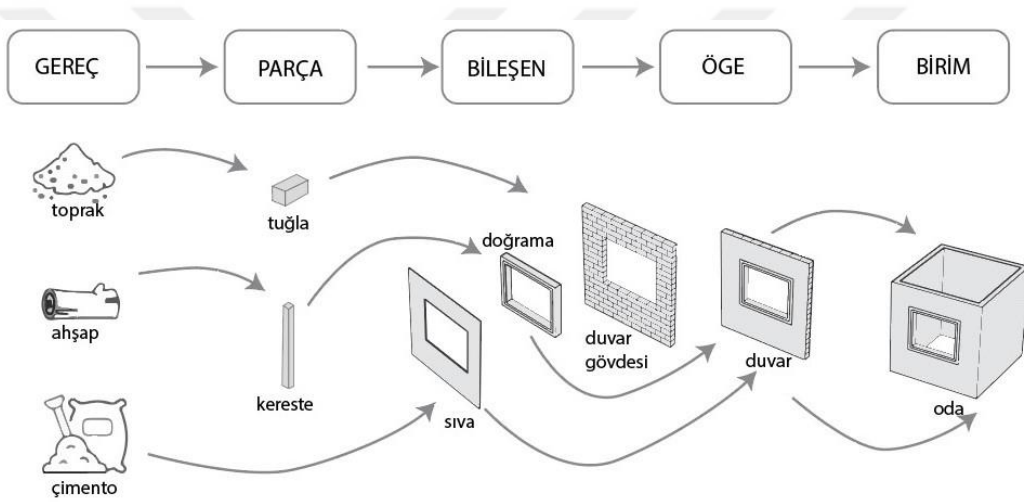
Tablo 4.4 Detay tasarlama yöntemlerinin karşılaştırması

Model Adı	Yapı Elemanı Detay Alanı	Genel Yaklaşımı
“Detay Geliştirmenin Adımları” [24]	Tipik Bölge Detayı- Nokta Detay	Detay tasarlamanın genel prensiplerini açıklar
“Yapı Elemanı Tasarlama Prensipleri” [25]	Tipik Bölge Detayı	Detayı soyuttan somuta üç aşamalı ve pratik biçimde ele alır. Mimari detay alternatiflerinin üretimine olanak tanır.
“VDI 2221, 2222 Yapı Elemanı Tasarım Yöntemi” [26]	Tipik Bölge Detayı	Dört faz ve ardışık olarak devam eden yedi adımı içerir. Mimari detay alternatiflerinin üretimine olanak tanır.
“Mimari Detaylandırma Yöntemi” [27]	Tipik Bölge Detayı- Nokta Detay	Detay kalıpları olarak adlandırdığı prensipleri pratik biçimde detaya uygular.
9+1 Adımlı Yöntem” [28]	Nokta Detay	Mühendislik tabanlı, teknik ve kapsamlı bir yapıya sahiptir. Pratik değildir.

4.2.1 Literatürdeki Mevcut Yapı Ürünleri Sınıflandırmaları

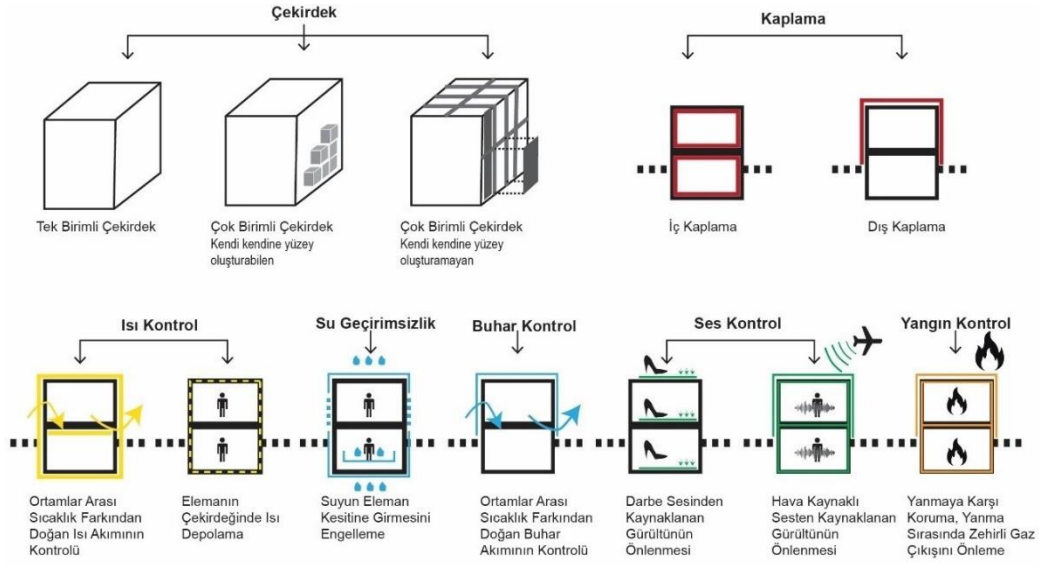
Literatürde yapı ürünlerinin sınıflandırılması üzerine kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlar arasında, Darçin [29] Balanlı [30]’dan uyarladığı yapı ürünleri sınıflandırmasında, yapıli çevrenin oluşturulmasında gerekli ürünlerin belirli yöntemlerle bir araya geliş biçimlerini 5 adımda incelemektedir (Şekil 4.14). Bu süreçte gereçler, tanımlı geometrik biçimleri olmayan doğal ya da yapay

malzemelerdir (örn: taş, ahşap, toprak, taş, metal vb.). Bu malzemeler, belirli bir işlevi yerine getiren ve anlamlı bütünleri oluşturan parçaları oluştururlar (örn: mermer levha, pişmiş toprak kiremit, çelik profil vb.). Parçaların gereçlerle bir araya gelmeleriyle (tuğla duvar gövdesi) ya da gereçlerin doğrudan biçimlendirilmesiyle (seramik lavabo) belirli bir işlev düzeyine ulaşmış bileşenler ortaya çıkar. Gereç, parça ve bileşenler, mekânın sağlaması gereken belirli performansların (ögenin su yalıtımı, ısı yalıtımı vb.) birini ya da birkaçını karşılamak üzere ögeleri (elemanlar) oluştururlar (döşeme, duvar, temel vb.). Bu ögelerin bir araya gelişleri, çeşitli kullanımları ve fiziksel performansları (birimin su yalıtımı, ısı yalıtımı vb.) karşılayan birimleri (mutfak, yatak odası vb.) oluştururlar.

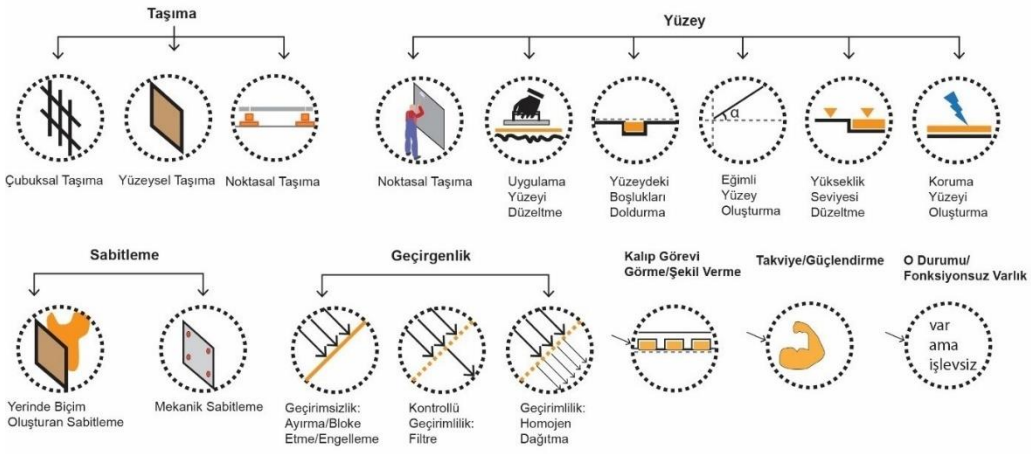


Şekil 4.14 Yapı ürünleri sınıflandırması [29], [30]

Bir başka sınıflandırmada, Kızılyaprak [31] yapı ürünlerini iki biçimde gruplamıştır. Fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenler olarak adlandırılan bu gruplardan ilki, detaydan beklenen performansları karşılamada başlıca görev sahibi olan bileşenlerin yer aldığı, bu performansları karşılamaya yönelik temel fonksiyonu gerçekleştiren gruptur (Şekil 4.15). Diğer grup yapı ürünleri ise detayın karşılaması gereken bu performans gerekliliklerinin yerine getirilmesinde ilk gruba yardımcı olan, destekleyen, işlevsellik açısından tamamlayıcı özellikte olan bileşenleri içeren bir gruptur (Şekil 4.16) [31].



Şekil 4.15 Tip detaylarda fonksiyonel bileşenler [31]

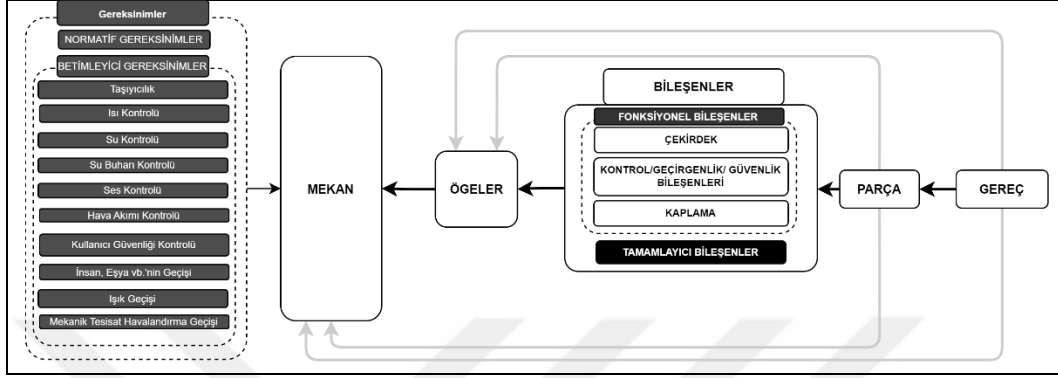


Şekil 4.16 Tip detaylarda tamamlayıcı bileşenler [31]

4.2.2 SSG-Tabanlı Yapı Ürünleri Öğretim Modeli için Yapı Ürünleri Sınıflandırma Önerisi

Darçin [29]'in Balanlı [30]'dan uyarladığı sınıflandırma, mimari detay çözümlerinde yapı ürünlerinin genel hiyerarşisini anlamaya oldukça yardımcı olmaktadır. Bu sınıflandırma, yapı öğelerinin birbiriyle olan ilişkilerinin çözümlenmesi ve bileşen düzeyinde mimari detay türlerinin ayrımının yapılmasıyla daha detaylı tanımlamaların sağlanmasıyla zenginleştirilebilir. Kızılyaprak [31]'in sınıflandırması mevcut haliyle tip detaylarda ürün kullanımı için fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenlerin detaylı incelemesiyle oldukça yol göstericidir. Fakat nokta detaylar da iki farklı öğedeki bileşenlerin bir araya gelişleri açısından kısıtlılığa sahiptir. Bu nedenle bu çalışmada mevcut literatürden yararlanarak, mekânı

oluşturan ürünler ve ürün sınıflarının daha detaylı bir biçimde incelendiği bir yapı ürünleri sınıflandırması geliştirilmiştir (Şekil 4.17). Bu sınıflandırma mekanın sağlaması gereken betimleyici gereksinimleri ve bileşen düzeyinde ürünlerin türlerini detaylandırmakta, öğelerin sürekliliğinde ve süreksiz noktalarındaki oluşan detay türlerinde ayırım yapmaktadır.



Şekil 4.17 Yapı ürünleri sınıflandırması, [29]–[31]’e dayalı yeni sınıflandırma

Bir mekânın tasarımında gereksinimler mimari tasarım sürecindeki betimleyici ve normatif bilgi doğrultusunda belirlenebilir. Betimleyici bilgi ile normatif bilgi arasındaki fark; betimleyici önerme için beklediğimiz açıklamanın nedensellik ilkesine dayalı olmasına karşın, normatif önerme ile ilgili açıklama ereksellik (amaçsallık) ilkesine dayalı olmasıdır [11]. Bu doğrultuda gereksinimler tasarım sürecinde müşteri ya da mekân kullanıcısının kendi öznel amaçsal ihtiyaçlarıyla ve doğa bilimlerinin etken olduğu betimsel gereksinimler ile mümkün olabilir. Betimsel olanın aksine normatif olan sonsuz şekilde var olabilir. Bu doğrultuda mekânı oluşturan yapı ürünleri bu iki farklı gereksinimleri karşılamak için tasarlanırlar. Normatif gereksinimler farklı müşteri ya da kullanıcının çok çeşitli ihtiyaçları doğrultusunda belirlenebildiğinden bu yapı ürünleri sınıflandırması içerisinde yer verilmemiştir. Betimleyici gereksinimler, bir nedensellik ilişkisi sonucunda ortaya çıktığından sınıflandırmanın temel unsurunu oluşturmaktadır. Bu betimleyici gereksinimler, geliştirilen sınıflandırmada ilgili literatür incelemeleri sonucunda [28], [31] 10 farklı temel kriter olarak ele alınmıştır. Bu gereksinimler, mekânın sağlaması gereken farklı betimsel gereksinimler doğrultusunda genişletilebilir. Mekân bu betimleyici gereksinimleri karşılayabilmesi için farklı öğelerden (duvar, döşeme vb.) oluşur (Şekil 4.18). Öğeler bir ya da daha fazla gereksinimi sistematik biçimde karşılarlar ve bu temel gereksinimleri fonksiyonel bileşenler (pencere, duvar gövdesi, yalıtım katmanı vb.) aracılığıyla yerine

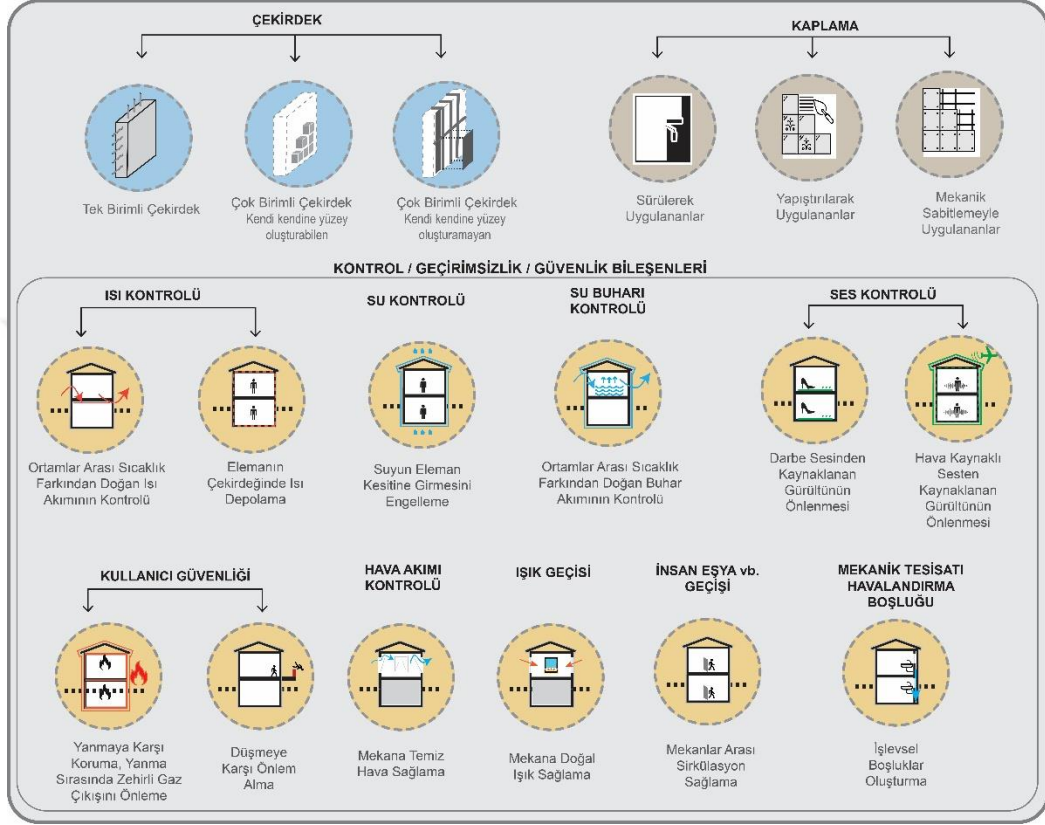
getirirler. Fonksiyonel bileşenler çekirdek, kontrol/geçirgenlik/güvenlik bileşenleri ve kaplama olmak üzere 3 biçimde ögelerde yer alırlar [31]. Bu çalışmada fonksiyonel bileşenler Kızılyaprak [31]'ın sınıflandırmasına benzer biçimde üç temel düzeyde ele alınmış, fakat bu üç temel düzeyin alt bileşenleri geliştirilmiştir (Şekil 4.19). Bu bileşenler ögenin sağlaması gereken bir ya da daha fazla gereksinimi karşılarlar. Fonksiyonel bileşenler parça ya da gereçten oluşurlar. Fonksiyonel bileşeni oluşturan parça ya da gereçlerin kendi başlarına bir gereksinimi karşılama durumu yoktur. Örneğin pencere, bir öge olarak ışık geçişi ve hava akımı kontrolünü sağlarken pencereyi oluşturan doğramalar (parça) kendi başlarına bir gereksinimi karşılayamazlar.



Şekil 4.18 Yapı ürünleri sınıflandırmasında ögeler

Fonksiyonel bileşenler, ögeler içerisinde gerekli işlevleri yerine getirirken ek gereksinimlere ihtiyaç duyabilirler. Bu ihtiyaçları ise tamamlayıcı bileşenler giderirler. Tamamlayıcı bileşenler, ögelerde iki nedenden dolayı yer alabilirler: (i) fonksiyonel bileşenlerin sistem içerisinde var olabilmesini desteklemek ve (ii) bir ögenin içerisindeki iki farklı bileşenin (örneğin duvar gövdesi-pencere) kesiştiği süresiz noktasında ögenin gereksinimleri karşılayabilmesine devam edebilmesi için önlem almak (örneğin duvarda açılan bir boşluğa takılan kapıda ısı kaybına karşı ek koruma ürünlerinin kullanılması). Bu çalışmada, Kızılyaprak [31]'ın sınıflandırmasındaki tamamlayıcı ürünler bir mimari detaydaki kullanım sıklıklarına göre yeniden düzenlendi ve ek ürün sınıfları tanımlandı (Şekil 4.20). Yapı ürünleri sınıflandırmasına göre, parça ya da gereçlerin doğrudan mekânı

oluşturmak da mümkündür. Fakat bu durumda parça ve gereçler mekânın yerine getirmesi gereken betimleyici gereksinimleri sınırlı biçimde sağlarlar. Ögeler içerisindeki farklı bileşen parça ya da gerecin betimsel gereksinimlere cevap olabilmesi için malzeme düzeyinde ürünler geometrik olarak biçimlenebilirler (Şekil 4.19).

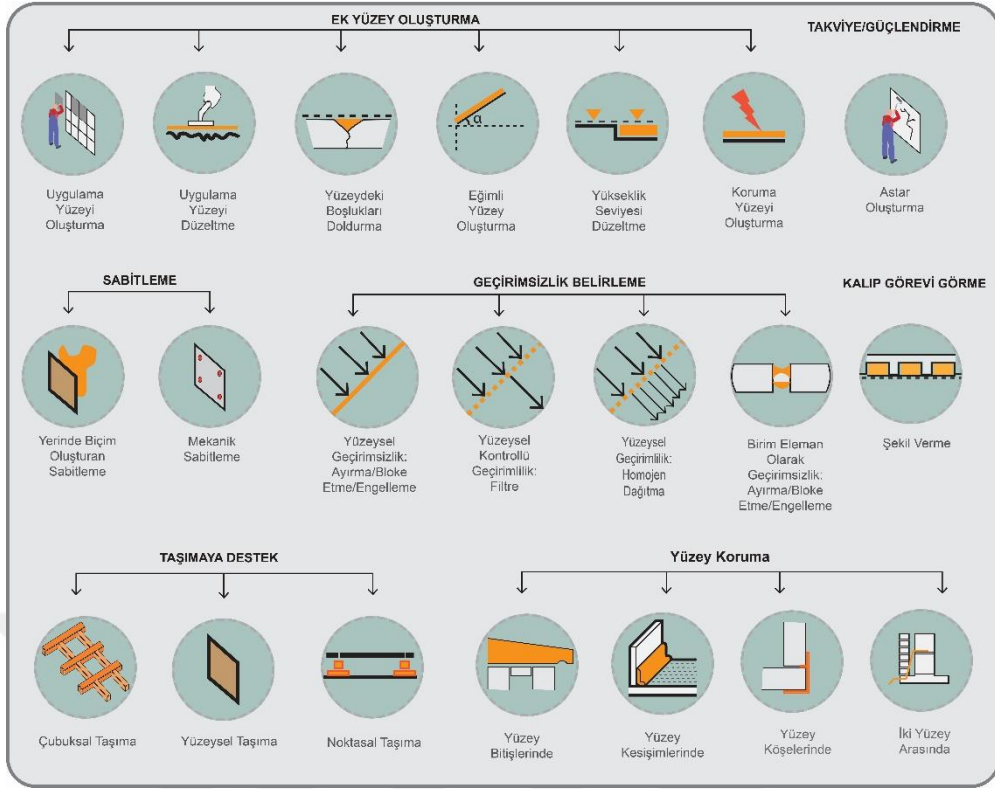


Şekil 4.19 Yapı ürünleri sınıflandırmasında fonksiyonel bileşenler

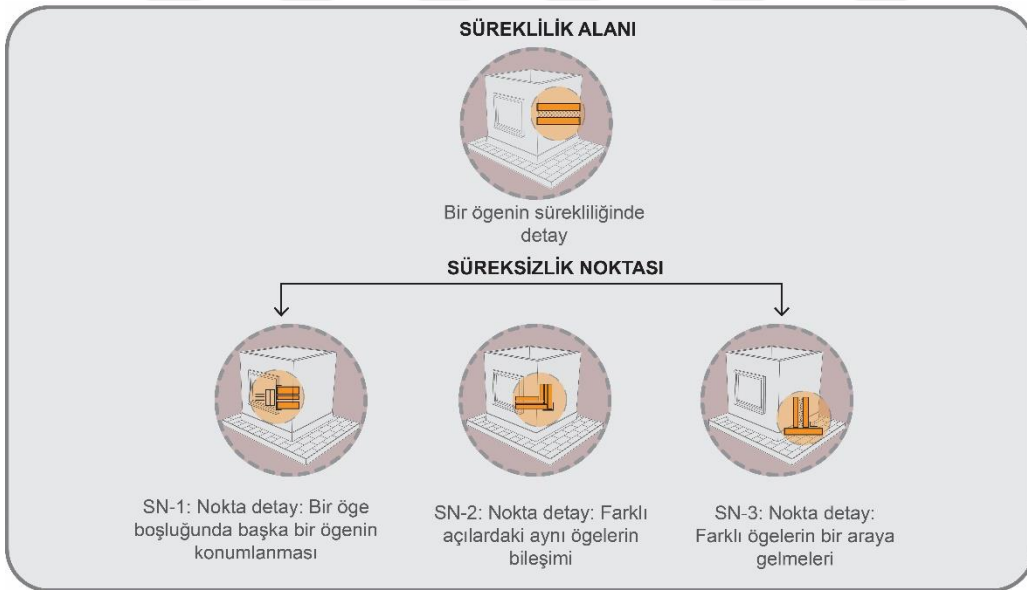
Ögeler aynı bileşenlerin devamlılığında süreklilik alanlarındaki detaylar olarak adlandırılabilirler (Şekil 4.21). Ögelerin bir araya gelişleri ya da öge içerisindeki farklı bileşenlerin bir araya gelmeleri ise süreksizlik noktalarını ortaya çıkarır. Bu süreksizlik noktaları üç nokta detay biçimini oluştururlar (Şekil 4.21):

- Bir öge boşluğunda başka bir ögenin konumlanması
- Farklı açılardaki aynı ögelerin bileşimi
- Farklı ögelerin bir araya gelmeleri

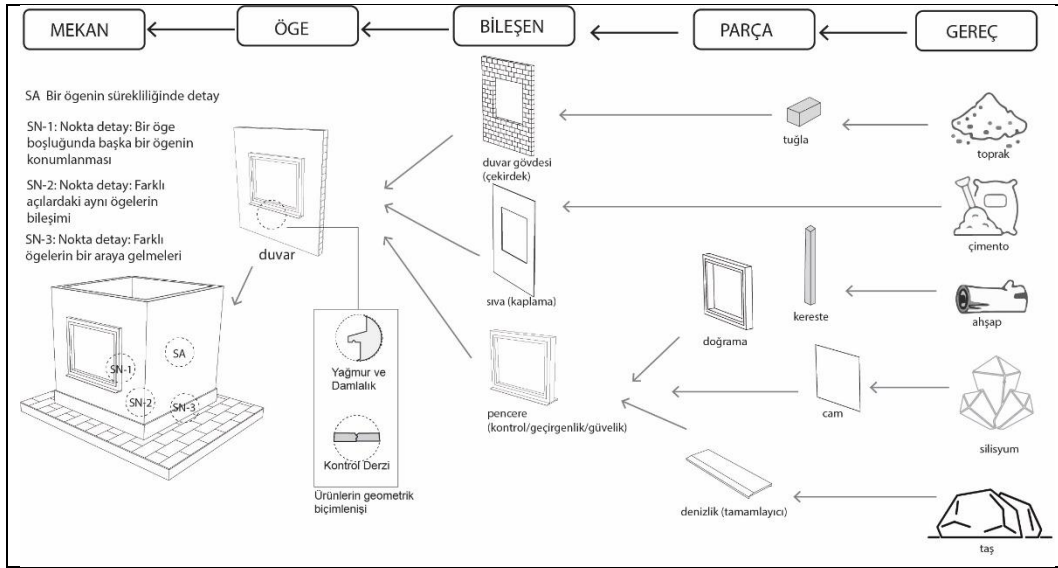
Ayrıca, Şekil 4.22’de tüm bu yapı ürünleri bileşenlerinin bir detay örneği üzerinden incelenebildiği bir örnek sunulmaktadır.



Şekil 4.20 Yapı ürünleri sınıflandırmasında tamamlayıcı bileşenler



Şekil 4.21 Yapı ürünleri sınıflandırmasında detay türleri



Şekil 4.22 Yeni yapı ürünlerinin sınıflandırmasının bir uygulaması, [29]–[31]’den uyarlama

Önerilen bu sınıflandırma, mimarlık eğitiminde yapı ürünleri öğretimi için iki farklı şekilde kullanım pratikliğine sahiptir. Öncelikle bu sınıflandırma, farklı ürünlerin bileşen düzeyinde fonksiyonel ve tamamlayıcı olarak mimari detayda hangi betimleyici gereksinme karşılık gelebileceğini grafiksel biçimde sunmaktadır. Böylece, sınıflandırma mimari detayda bulunan farklı ürünlerin işlevselliğine ait bilginin öğrenimini destekleyebilir. Ayrıca, bu sınıflandırma öge düzeyinde mimari detayları dört biçimde ele almakta (Şekil 4.21) ve ürünlerin biraraya gelme biçimleriyle ilgili bir hiyerarşi oluşturmaktadır. Bu hiyerarşi, mimari detayda katmanların sıralaması ve bileşimiyle ilgili prosedürlerin öğrenimini kolaylaştırabilir.

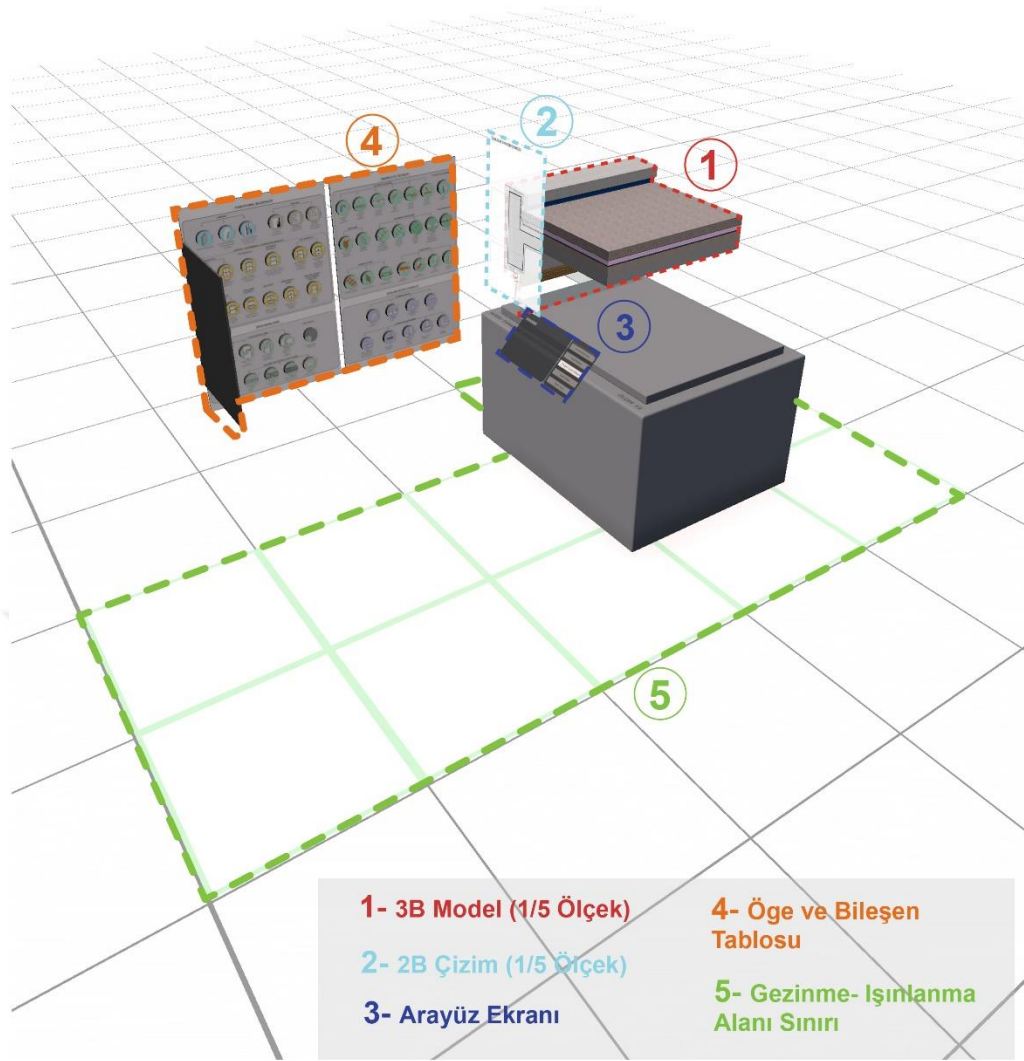
4.3 SSG-tabanlı Uygulama 2’nin Oluşturulması

SSG-tabanlı uygulama 2’nin oluşturulmasında (i) uygulama versiyon 1 bulguları, (ii) yeni yapı ürünleri sınıflandırması ve (iii) mimari detay tasarlama ve geliştirme süreçleri etkili oldu. Mimari detay tasarlama ve geliştirme süreçleri arasında, Allen ve Rand [27]’in detay kalıpları prensibi diğerlerine göre daha kapsayıcı olması, uygulanma pratikliği ve grafiksel sunumu açısından oyunun bu versiyonun geliştirilmesinde oldukça yararlı oldu. Bu aşamada oyunun geliştirilme sürecinde arayüz özellikleri bir önceki oyun modülündeki kısıtlılıklar doğrultusunda geliştirildi (Şekil 4.23). Tablo 4.2’de belirtilen kısıtlılıklar doğrultusunda bu versiyonda yapılan geliştirmeler aşağıdaki gibidir:

- Kullanıcıların ışınlatabilecekleri alanda kısıtlama oluşturuldu, kullanıcılara ışınlanmadan çok kablo sınırları doğrultusunda yürüyebilmelerine izin verildi.
- Arayüz kullanılabilirlik öğretimi ve diğer tüm görevler aynı sanal mekân içerisinde gerçekleştirildi.
- Detay montaj işlemleri ilgili 3B modelin kullanıcıların göz hizası seviyesinde olacak biçimde 1:5 ölçeğe uyarlandı.
- Kullanıcıların montaj işlemlerini daha iyi gözlemleyebilmeleri için yapı ürünleri yerine onları temsil eden sanal vekil objeler tasarımda kullanıldı.
- 2B grafikler kullanıcıların rahatlıkla gözlemleyebilecekleri biçimde yenilendi.
- Her yapı ürünü montajından sonra 2B çizimlerde yapı ürününün sınıfının grafiksel olarak vurgulandığı biçimde geri besleme sistemi yenilendi.
- Kullanıcıların elindeki kontrollere sabitlenen envanter paneli yerine sanal mekânda bir noktaya sabitlenmiş arayüz oluşturuldu.
- Yapı ürünlerinin genel bir sınıflandırmaya dahil edilebileceği biçimde öge, fonksiyonel bileşen, tamamlayıcı bileşen ve detay türleri tabloları oluşturuldu.

4.3.1 Deney Katılımcıları

Öneri prototip, Mart-Nisan 2023 tarihleri arasında Yıldız Teknik Üniversitesi mimarlık fakültesinde ilgili alan uzmanlarıyla test edildi. Tüm katılımcılar çalışmaya gönüllü olarak katıldılar ve bu çalışmaya katılmak için yazılı bilgilendirilmiş onam verdiler. Katılımcılarla e-posta yoluyla iletişime geçildi ve 12 katılımcı deneye katılmak için gönüllü oldu. Alan uzmanlarının beşi profesyonel iş yaşamında beş senenin üzerinde iş tecrübesi olan mimarken, diğer alan uzmanları yapı bilgisi (3 kişi), hesaplamalı tasarım (3 kişi) ve sanal gerçeklik (1 kişi) üzerine çalışmalar yürüten akademisyenlerdi. Deney sürecinde katılımcılar, SSG ekipmanı hakkında yapılan bilgilendirmenin ardından sisteminin nasıl kullanılacağı konusunda bir ön sahnede eğitildiler. Sonrasında katılımcılar ilgili talimatlar doğrultusunda bir teras çatı-duvar ögeleri bileşim detayının montajını yaptıkları ve her adımda 2B detay çizimlerinden geri besleme aldıkları ana görevi deneyimlediler.

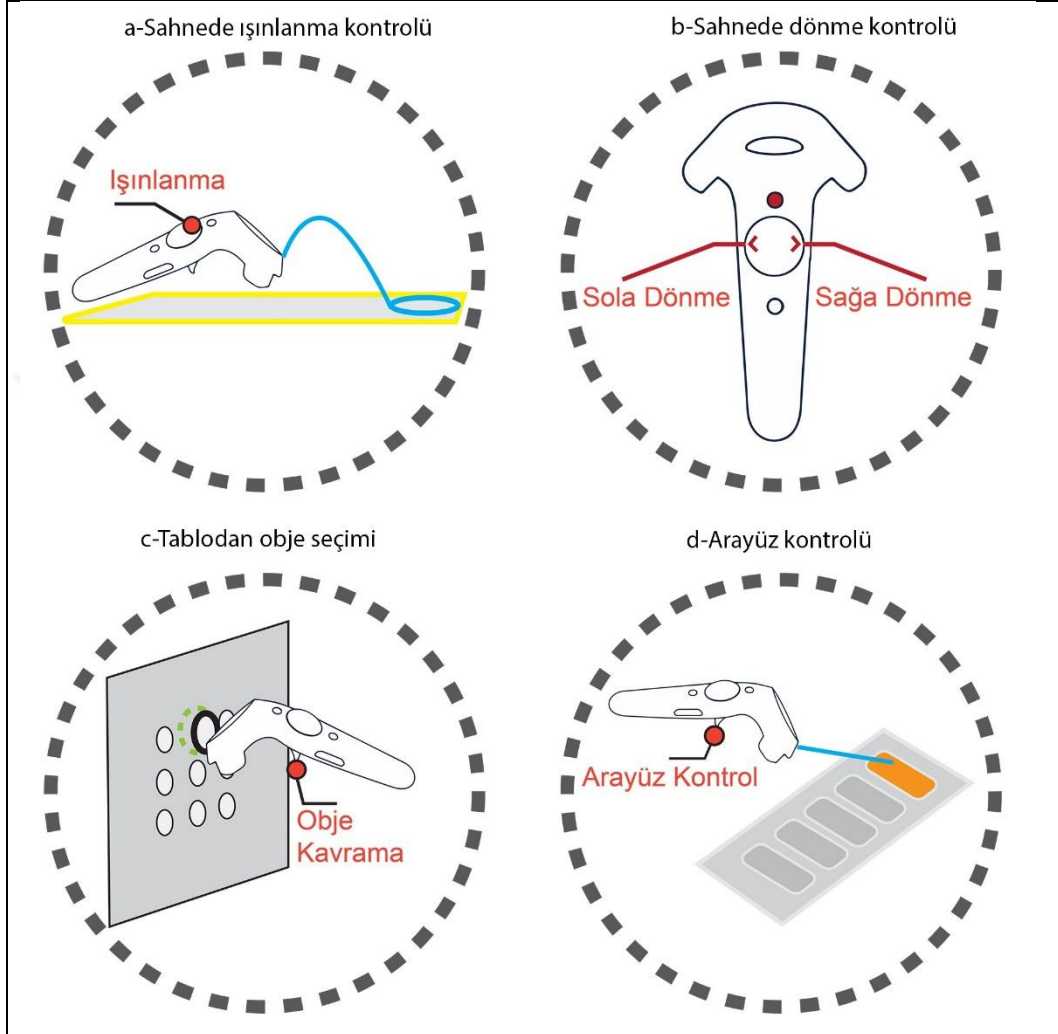


Şekil 4.23 SSG’de öğretim görevlerinin gerçekleştirildiği sanal öğrenme çevresi

4.3.2 SSG-tabanlı Uygulama 2 Deney Süreci

Deney sırasında versiyon 1’dekiyle aynı şekilde HTC VIVE™ Pro [230] sistemi kullanıldı. Bu süreçte katılımcılar, üç aşamadan oluşan bir sistemi deneyimlediler. İlk aşama olan arayüz eğitiminde, kullanıcılar belirlenen bir güzergâh doğrultusunda gezinme işlemlerini ve dönme işlemlerini ellerindeki kontrolörlerden kullanmayı öğrendiler (Şekil 4.24-a ve 4.Şekil 24-b). Sonrasında, kullanıcılara basit bir duvar ögesi katmanlarını yerleştirmeleri istendi. Bu görevde, belirtilen talimatlar doğrultusunda Şekil 23-4’de gösterilen tablodan ürün sınıfını gösteren vekil diskini seçmeyi öğrendiler (Şekil 4.24-c). Ardından bu diskini 3B modelin ekranda görünür olması için belirtilen noktaya yerleştirdiler. Bu işlem sonrasında katılımcılar, oyun içerisindeki, Şekil 4.23-3’te belirtilen menü üzerinden sonraki adıma geçebilirler ya da yerleştirme işlemini tekrarlayabilirler (Şekil 4.24-

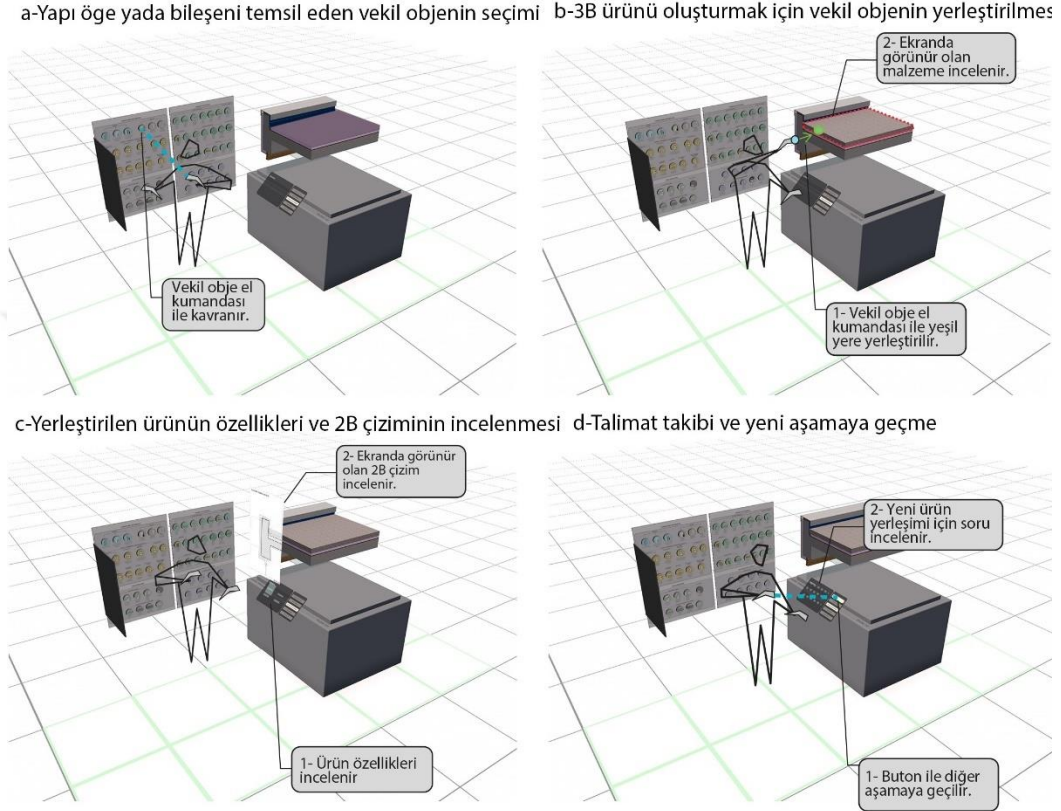
d). Her işlemten sonra Şekil 4.23-2’de belirtilen 2 boyutlu çizim açılır ve bu çizimden geri besleme alırlar. Kullanıcılar bu arayüz eğitiminin olduğu sahneyi iki kez deneyimlerler. Böylece arayüz öğrenme etkisinin asıl göreve olan etkisinin azaltılması hedeflenir.



Şekil 4.24 Arayüz eğitimi sürecinde kullanıcılara öğretilen özellikler

İkinci aşama ise yapı ürünleri öğretiminin sağlandığı aşamadır. Bu aşamada katılımcılar, öncelikle yapı öğelerini ve süreksizlik noktalarının biçimlerini belirleyerek 3B modelin ekranda görünmesini sağladılar. Sonrasında ise tüm yapı öğeleri gizlendi. Ardından, sırasıyla öğeleri oluşturan fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenleri, doğru katman sırasına göre bileşen tablosundaki ürün sınıfından seçtiler (Şekil 4.25-a). Seçtikleri bu vekil nesneyi Şekil 4.25-a1’deki gibi belirtilen yeşil diske yerleştirdiler. Bu yerleşim sonrasında, yapı ürününün 3B modeli Şekil 4.25-a2’deki gibi ekranda görünür oldu. Seçim ve yerleştirme işlemleri sonrasında, Şekil 4.25-c’deki gibi ürünün özellikleri ve boyutlarıyla ilgili bilgi aldılar ve 2B teknik

çizimde bulunduğu noktayı incelediler. Son olarak, kullanıcılar arayüzdeki buton ile diğer aşamaya geçtiler ve bir sonraki ürün için yerleştirme sorunu incelediler (Şekil 4.25-d). Bu işlemler ilk ögenin fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenleri tamamlana kadar aynı sıra ile sürdü. Ardından diğer ögelerin ürünlerine ve süreksiz noktasındaki ürünlere sırasıyla geçildi.



Şekil 4.25 SSG-tabanlı uygulama 2’de montaj işlemleri

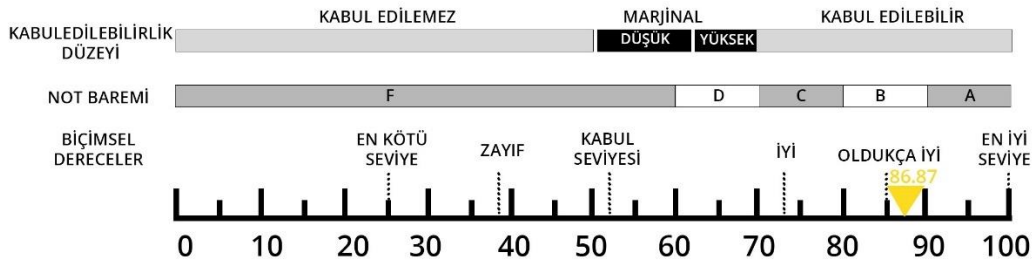
Üçüncü aşama ise SSG sisteminde kullanıcıların performans düzeylerinin aynı görev üzerinden ölçüldüğü aşamadır. Ancak bu aşamaya geçmeden önce katılımcılara montaj işlemine ek olarak ikinci bir görevi el kontrolüyle nasıl gerçekleştireceğinin kısa bir eğitimi verildi. Ardından üçüncü aşamaya başlandı. Bu aşamada, montaj görevinin belirli zaman dilimlerinde olmak üzere üç kez, duydukları anlık bir ses sonrasında on saniye içerisinde ellerindeki kontrollerde belirtilen bir tuşa basmaları istendi. Ayrıca bir önceki aşamada, tablo üzerinden katılımcıların seçmeleri gereken ürün sınıflarını gösteren yönlendirme yapılırken bu aşamada herhangi bir yönlendirme yapılmadı. Bu performans ölçüm aşamasında katılımcıların ikinci görev süreleri, görevi tamamlama süreleri ve yaptıkları hata sayıları otomatik olarak kayıt altına alındı.

4.3.3 Veri Toplama Aracı

Sistem kullanılabilirlik ölçeği (SKÖ) ve açık uçlu sorular çalışmada veri toplamak için kullanıldı. SKÖ donanım ve yazılım ürünlerinin kullanılabilirliğini ölçen 10 maddeli öz-bildirim anketidir ve 5li likert ölçeğinde puanlanır. Ölçek mimarlık, mühendislik, inşaat alanlarında SSG sistemlerinin kullanılabilirliğini ölçmek için literatürde kullanılmıştır [52], [134], [231] ve Türkçe dilinde doğrulanmıştır [232]. SKÖ için toplam puan, tüm maddelerin toplamının 2,5 ile çarpımıdır.

4.3.4 SSG Versiyon 2 Kullanılabilirlik Bulguları

Bu çalışmada, 12 katılımcı için ortalama SSG-tabanlı uygulama 2'nin kullanılabilirlik puanı 86.87'dir. İlgili araştırma sonuçları, sistem kullanılabilirlik puanının beş dereceye bölünebileceğini göstermektedir: A: 90–100, B: 80–89, C: 70–79, D: 60–69 ve F: 0–59 [52]. İlgili SKÖ çalışmasına göre, uygulamanın sıfat derecelendirmesi, Şekil 4.26'da gösterildiği gibi oldukça iyi seviyededir [52]. Ayrıca sonuçlar, uygulamanın bu versiyonun öncekine kıyasla daha iyi bir kullanılabilirlik seviyesinde olduğunu da göstermektedir. SKÖ'nün beş puanlık ölçek sonuçlarına göre (Tablo 4.5), kullanıcıların çoğu bu uygulamayı çok çabuk öğrenebileceğini, sıklıkla kullanmaya istekliliklerini ve fonksiyonların iyi entegre olduğunu belirttiler.



Şekil 4.26 SSG versiyon 2 için SKÖ puan derecelemesi [231]

Açık uçlu sorular incelendiğinde, katılımcıların çoğunun yapı ürünleri sınıflandırmasını tüm mimari detaylara uygulanacak biçimde oldukça genelleyici ve anlaşılır bir perspektif sunduğunu belirttiler (8 katılımcı). Ayrıca 4 katılımcı, SSG sistemi içerisinde gerekli işlemlerin gerçekleştirilme sürecinde sesli ve yazılı yönlendirmelerin başarılı ve akıcı şekilde tasarlandığını belirtti. Diğer yandan, sonuçlar ayrıca sistemin geliştirilmesi gereken özelliklerini de ortaya çıkardı. 4 katılımcı, montaj görevleri gerçekleştirilirken ışınlanma işleminin daha az sayıda gerçekleştirilmesi ve sanal mekan ergonomisinin doğrudan yürümeye izin

vermesine daha fazla olanak sunulması gerektiğinden bahsetti. Ayrıca 6 katılımcı yapı ürünleri tablolarının grafiksel sunumunun iyileştirilmesi gerektiğini belirtti. Katılımcıların belirttikleri geliştirilmesi gereken özellikler dikkate alınarak mekan ergonomisi iyileştirildi. Böylece kullanıcıların sadece yürüyerek ve daha az ısınma kullanarak gezinme işlemlerinin gerçekleştirebilmelerine olanak tanındı. Ayrıca, kullanıcıların gerekli yapı ürün sınıflandırmalarını daha iyi şekilde ayırt edebilmeleri için yapı ürünleri tablolarında grafiksel düzenlemeler ve renklendirmeler yapıldı.

Tablo 4.5 SSG versiyon 2 için SKÖ değerlendirme sonuçları

Sorular	Kişi sayısı	Ortalama	Standart sapma
1. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını sıklıkla kullanmak isteyeceğimi düşünüyorum.	12	4,33	.651
2. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını gereksiz bir şekilde karmaşık buldum.	12	1,41	.668
3. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasının kullanımının kolay olduğunu düşündüm.	12	4,33	.651
4. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını kullanabilmek için daha teknik bir kişinin desteğine ihtiyaç duyacağımı düşünüyorum.	12	1,58	.514
5. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasındaki çeşitli fonksiyonları iyi entegre edilmiş buldum.	12	4,5	.674
6. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasında çok fazla tutarsızlık olduğunu düşündüm.	12	1,17	.389
7. Mimarlık alanındaki birçok insanın (mimarlar ve mimarlık öğrencileri) bu sanal gerçeklik uygulamasını kullanmayı çok çabuk öğreneceğini sanıyorum.	12	4,58	.668
8. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasının kullanımını çok elverişsiz buldum.	12	1,16	.389
9. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasını kullanırken kendimden çok emin hissettim.	12	4,08	.668
10. Deneyimlediğim sanal gerçeklik uygulamasında bir şeyler yapabilmek için öncelikle birçok şey öğrenmem gerekti.	12	1,75	.452

4.4 Bölüm Tartışması

Bu bölümde SSG-tabanlı uygulamanın geliştirilme süreci sunulmakta ve kullanılabilirliği ilgili alan uzmanlarıyla incelenmektedir. Çalışmada geliştirilen SSG versiyon 1 sonrasında elde edilen bulgular doğrultusunda, mimari detay tasarlama süreçleri ve yapı ürünleri sınıflandırmaları SSG versiyon 2 için daha sistematik bir sistem kurgusuna yardımcı olur. Yürütülen kullanılabilirlik testlerinde, SSG versiyon 1'in sanal ortamda gezinme işlemleriyle ilgili kısıtlılıkları ortaya çıktı. Literatürdeki önceki çalışmalar, sanal ortam içerisinde serbestçe gezinmenin öğrenme performansı üzerinde olumsuz bir etki yaratabileceğini [158] ya da uzamsal oryantasyon becerisini geliştirmede [130] göstermektedir. Diğer bir olumsuz etki ise bu gezinme biçimlerinin çeşitli yan etkilere yol açabilmesidir [129], [133]. SSG versiyon 1 içerisinde çeşitli montaj görevleri oldukça net bir şekilde belirtilmesine rağmen, serbest gezinmenin olumsuz etkilerinin önceki bulgular ile örtüştüğü söylenebilir. Bu versiyonda bir diğer geliştirilmesi gereken özellik, 1:1 ölçekli sanal nesnelerin kullanımıyla ilgiliydi. 1:1 ölçekli sanal nesne kullanımı, SSG sistemlerinin sarmalayıcı özelliğinin, kullanıcılarda eylemlilik ve bulunuşluluk duygularına pozitif şekilde katkı sağlayabilmektedir. Ancak, önceki literatürdeki bulgularla benzer şekilde [129], [155], katılımcıların kendi boyutlarındaki nesnelerle çeşitli görevleri sürdürmeleri görevin kendisine odaklanmayı zorlaştırabilmektedir. Bir diğer olumsuz durum ise kullanıcıların elindeki kontrolörlere sabitlenmiş envanter panelinin kullanımında ortaya çıktı. Bu envanter paneli çeşitli kullanım zorluklarını beraberinde getirdi. Versiyon 1 incelemelerindeki kullanılabilirlik problemlerine karşı literatürdeki çözüm önerileri incelendi ve SSG sisteminin geliştirilmesine yönelik potansiyel çözümler sunuldu.

Tüm bunlarla beraber, SSG versiyon 1'de sistem yönlendirmelerinin etkisinin yanı sıra katılımcıların işlem adımlarının oldukça sıralı ve tanımlı olması, çeşitli görevlerin otomatize edilerek sürdürülmesine yol açtı. Bu durumun öğrencilerde öğrenme performanslarını negatif şekilde etkileme olasılığı, literatürdeki mevcut mimari detay tasarlama [24]–[28] ve yapı ürünleri sınıflandırmasının [29]–[31] incelenmesini gerektirdi. Mimari detay tasarlama yöntemleri arasında, Allen ve Rand [27]'in detay kalıpları prensibi SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim sisteminin tasarlanmasında iki biçimde yardımcı oldu. Birincisi bu metot farklı mimari detayları, mekanın sağlaması gereken işlevsel özellikleri bakımından kapsayıcı bir

biçimde sunmaktadır. İkincisi, bu yöntem çeşitli betimleyici gereksinimleri, genel grafiksel sunumlarla desteklemektedir. Böylece ilgili mimari detay çözümlerine, diğer detay tasarlama metotlarına göre daha genel bir bakış açısı sunmakta ve grafiksel ifadelerle uygulama pratikliği barındırmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, SSG version 2'nin geliştirilme sürecinde bu metot oldukça yararlı oldu. Ayrıca bu metodun SSG-tabanlı uygulamaların yanı sıra, mimarlık eğitiminde yapı ürünleri öğretimi için farklı uygulamalar açısından diğer mimari detay tasarlama metotlarına kıyasla (Tablo 4.4) daha pratik ve yararlı olabileceği de söylenebilir. Mevcut yapı ürünleri sınıflandırmaları incelendiğinde ise [29]–[31], bu sınıflandırmaların gelişime açık yönleri belirlendi. Mevcut sınıflandırmalar temel alınarak, bu çalışmada yeni bir öneri yapı ürünleri sınıflandırılması önerisi sunuldu. Bu öneri yapı ürünleri sınıflandırması ve versiyon 1 bulguları doğrultusunda, SSG versiyon 2 sistemi oluşturuldu ve alan uzmanlarıyla kullanılabilirliği incelendi. Kullanılabilirlik incelemelerinde, gezinme ve 2B grafiklerle ilgili özellikler yeniden düzenlendi.

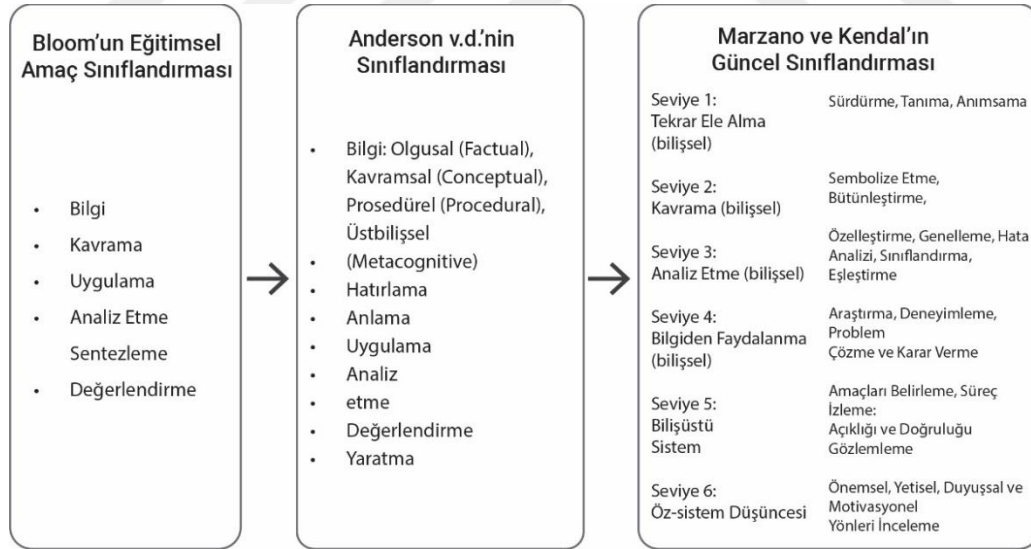
Bölüm 2'de, kullanılabilirlik üzerine bazı mevcut çalışmalar ([116], [140]–[142], [144], [152], [153], [160], [161], [185]), kullanılabilirliğin öğrenme performansı ile pozitif bir ilişkiye sahip olabildiğini göstermiştir. Bu nedenle çalışmanın bu bölümünde versiyon 1 için 75.94 ve versiyon 2 için 85.87 SKÖ puanlarına ulaşılmıştır. Bu sonuçlar, bu bölümdeki kullanılabilirlik incelemelerinin pozitif biçimde sonuç verdiğine işaret etmektedir. İki versiyon SSG sistemi için de iyi bir seviyenin üzerinde bir puan ortalaması yakalanmıştır [52]. Ayrıca versiyon 2'de daha yüksek seviyede puan ortalamasına ulaşılmış olması versiyon 1 sonundaki yukarıdan belirtilen teknik özelliklerin versiyon 2 için geliştirilmiş olmasından kaynaklanıyor olabilir. Ancak, uzmanlarla yürütülen tüm bu kullanılabilirlik çalışmaları, etkili bir SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeline ulaşmak için yeterli değildir. Çünkü, bir öğretim modelinin etkililiğini anlamak için Bölüm 2.1.3'de belirtilen daha fazla sayıdaki pedagojik faktörün incelenmesini gerektirmektedir. Bu nedenle bir sonraki bölümde, SSG-tabanlı bir öğretim modeli önerisi sunulur ve sunulan bu model öğrencilerle yürütülen deneylerle değerlendirilir.

SSG-TABANLI ÖĞRETİM MODELİ UYGULAMASININ TASARLANMASI VE DEĞERLENDİRİLMESİ

1950'lerden bu yana, birçok alandaki eğitimin amacı yönünü, eğitici-odaklı olmaktan öğrenci-odaklı olmaya çevirmektedir. Eğitici-odaklı eğitimde, eğiticinin bireysel odaklı düşünceleri önemli iken, öğrenci-odaklı eğitim ölçülebilir amaçlı ve sonuç odaklıdır. Aynı zamanda öğrenci-odaklı eğitim, öğrencinin bilgi ve beceri kazanımına odaklanır. Öğrenci-odaklı öğretim için Bloom vd. [13], altı adımdan oluşan eğitimsel amaç sınıflandırmasını hazırladılar. Anderson ve Bloom [14] sonrasında bu eğitimsel amaç sınıflandırmasını yedi adımdan oluşan bir süreç olarak ele aldı. Bu son sınıflandırmada, bilginin türleri detaylandırılmış ve eğitimdeki bilişsel süreçlere odaklanıldı. Ayrıca bilgi türlerine, bilginin kullanımıyla ilgili farklı eylemler de eklendi. Marzano ve Kendal [15], bu sınıflandırmanın zayıf noktalarından birinin eylemin nesnesiyle eylemin kendisinin karıştırılması olduğunu belirtirler. Bu nedenle, Marzano ve Kendal [15] önceki sınıflandırmaları detaylandırarak yeni bir sınıflandırma geliştirdi. Bu karışıklık yeni sınıflandırmada, üç düşünce sistemi ve onları oluşturan bileşenler tarafında işletilen üç bilgi alanı önerilerek önlenmeye çalışıldı. Bu sınıflandırmada bilgi ve bilginin işleme seviyelerinin süreci ele alınmakta ve bilmenin bilişsel, duyuşsal ve psikomotor yönlerine odaklanılır.

Yeni sınıflandırmada üç bilgi alanı tanımlanır: (i) kelimelerin ya da kelimelerin ne olduğunu aktaran bildirimsel bilgi (declarative knowledge), (ii) herhangi bir eylemin nasıl yapılacağını içeren prosedürel bilgi ve beceri (procedural knowledge) ve (iii) kişinin karmaşık fiziksel faaliyetlerde bulunabilmesi için kullandığı fiziksel prosedürleri içeren psikomotor bilgi ya da beceri (psychomotor knowledge) [15]. Bir öğrenci, bilgi veya beceriyi kazanıldıktan sonra (seviye 1-3), bilgidan farklı görevler için yararlanılabilmeli (seviye 4), üstbilişsel (meta-cognitive) süreçte (seviye 5) belirli bir bilgi türünü anlamalı, hedefler koyabilmeli, plan geliştirebilmelidir. Bu süreçlerin sonrasında, öğrenci öz-sistem düşüncesi doğrultusunda (self-system thinking) (seviye 6) belirli bir göreve başlayıp

başlamayacağını duyuşsal ve motivasyonel ilişkiler doğrultusunda belirleyebilmelidir [15]. Literatürdeki bu üç eğitimsel amaç sınıflandırması Şekil 5.1’de gösterilmektedir. Bu üç sınıflandırma, farklı kategorilerdeki hedeflere ulaşmak için farklı öğretim yöntemlerine ihtiyaç duyulduğu fikrinden kaynaklanmaktadır [16]. Çünkü, günümüzde medikal eğitimi, mühendislik eğitimi ve mimarlık eğitimi gibi uygulamalı öğretimsel süreçleri içeren alanlarda, farklı bilgi ve becerilerin yapıları oldukça kompleks ve otantik biçimlere sahiptir. Bu kompleks yapıların öğrencilere parçalanmış, bölümlere ayrılmış biçimlerde ve görev merkezli (task-centered) yaklaşımlarla öğretilmesi, öğrencilerin gerçek dünya (yani otantik) sorunlarına veya mesleki görevlere odaklanmalarına yardımcı olabilir. Bu görev merkezli yaklaşımlardan biri olan dört bileşenli ve on adımlı öğretim modeli (4B/10A), tıp eğitimi [234], iletişim eğitimi [235], programlama eğitimi [16] ve teknik eğitim [236], [237] gibi çeşitli bağlamlarda güçlü bir araştırma tabanı ve yaygınlaşan bir popülerlikle kendisine uygulama alanı bulmaktadır. Ayrıca bu öğretim modeli uygulanma sürecini net ve detaylı şekilde tariflemesi nedeniyle SSG [236], [237] ve bilgisayar simülasyon tabanlı [234] otantik eğitim modellerinin oluşturulmasında kullanılabilir.



Şekil 5.1 Literatürdeki eğitimsel amaç sınıflandırmaları [13]–[15]

Eğitimsel amaç sınıflandırmasının en güncel biçime göre [15], mimarlık eğitiminde öğrenciler farklı bilgi ve becerileri öğrenmeli (bilişsel süreç), kazanılan bilgi ve becerileri farklı görevler için kullanmalı (bilişsel süreç), farklı problemlerde çözüme ulaşmak için problemi anlamalı, hedeflerini belirlemeli (üst-bilişsel süreç) ve problemler havuzundan hangilerine çözüm bulacağıyla ilgili tutum ve davranış

geliştirmelidir (öz-sistem) [194]. Çok sayıda eylemi gerektiren bu karmaşık mimari öğretim sürecinde, farklı teknolojilerin rolü de gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Sanal gerçeklik, arttırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik gibi sarmalayıcı teknolojilerin kullanım biçimleri birçok alanda olduğu gibi mimarlık ve yapı teknolojileri alanlarında da sürekli olarak araştırılmaktadır [35], [38], [105], [238]. Çünkü bu teknolojilerin temsili uygunluk, etkileşim düzeyi ve sarmalayıcılık gibi teknolojik özellikleri, bulunuşluluk ve eylemlilik olanaklılıklarına imkan tanır [37]. Bu olanaklılıklar da mimarlık ve yapı teknolojileri eğitimlerindeki farklı derslerin içeriklerine, çeşitli 2B çizim/3B modellerin simülasyonlarla desteklenmesi veya gerçek görevleri içeren öğretim modellerinin tasarlanmasıyla destek sağlayabilir. Örneğin, mimarlıkta yapı ürünleri öğretiminde, bir mimarlık öğrencisinin bir mimari detayı tasarlayabilmesi için karmaşık bilgi ve becerileri kazanması gerekir (Şekil 5.2). Bu bilgi ve beceri türleri, çeşitli bildirimsel bilgileri (ürün bilgisi, şartnameler vb.), prosedürel bilgileri (ürün katmanlarının montaj bilgisi, sıralaması ve bileşim biçimleri) ve farklı becerileri (çizme, modelleme vb.) içerir. Bu aşamadaki prosedürel bilgiler, çoğunlukla mimarlığın profesyonel çalışma alanındaki binanın nasıl inşa edilebileceğiyle ilgili konuları kapsar. Öğrenciler bu bilgileri genellikle staj süreçlerinin içerisinde daha detaylı biçimde öğrenirler. Günümüzde SSG teknolojileri etkileşim araç ve metotlarıyla bu otantik görevlerin sanal ortamda simüle edilebilmesine önemli biçimde katkı sağlayabilir. Tüm bu bilgi ve becerilerin kazanımı için birçok karmaşık öğrenme görevinde olduğu gibi ön-koşul bilgi/becerilere de ihtiyaç vardır [10]. Mimarlıkta yapı ürünleri öğretimi için bu ön-koşul bilgi ve beceriler, uzamsal düşünebilme, el çizimi yapabilme, bilgisayar destekli programları kullanabilme bilgi ve becerilerini kapsamaktadır. Öğrenmenin son aşaması öğretim sisteminin öğrenilen bilgiden-beceriden başka işlerde ya da gerçek hayat problemlerinde yararlanılabilesine (bilginin transfer edilmesi) imkan tanımasıdır [10]. Bu aşama bir öğretim modelinde, bilginin kullanılabilesi için en önemli aşamadır. Tüm bu eğitim süreci farklı bilgi/becerilerin kazanılması ve öğrenci tarafından farklı görevlerde kullanılması süreçlerini kapsamaktadır. Dört bileşenli ve on adımlı öğretim modelinin otantik görevlere odaklanan ve kompleks öğretim yapılarının farklı pedagojik faktörleri öncülleyerek parçalara ayırabilen içeriği [10], mimarlıkta yapı ürünleri öğretimi gibi karmaşık bir konunun öğrencilere öğretilmesinde yardımcı olabilir. Özetle, tüm bu ön-koşul bilgi/becerileri, SSG-tabanlı görevlerin ve öğrenilen bilgi/beceri

ve öğrenilen içeriğin değerlendirildiği durumda mimarlık eğitimine özgü otantik öğretim modelleri oluşturulabilir.



Şekil 5.2 Yapı ürünleri öğretiminde bilgi ve becerinin aktarım süreci

Bu doğrultuda çalışmanın bu bölümünde iki yönlü bir amaç bulunmaktadır. İlki, dört bileşenli ve on adımlı öğretim modeline dayanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin içeriğini sunmaktır. İkincisi ise bu öğretim modelinin verimliliğini farklı pedagojik faktörler ve kullanılabilirlik faktörleriyle incelemektir. Bu ikinci amaçta SSG kullanımını etkileyebilecek pedagojik ve teknik faktörler Bölüm 2'deki literatür incelemeleri sonucunda belirlenir (Şekil 2.11). Bu faktörlerin SSG-tabanlı bir öğretim modeli için potansiyel etkileri sonraki bölümlerde detaylı biçimde incelenmektedir. Bu doğrultuda çalışmanın bu bölümünün ikinci amacı doğrultusunda araştırma soruları aşağıdaki gibidir.

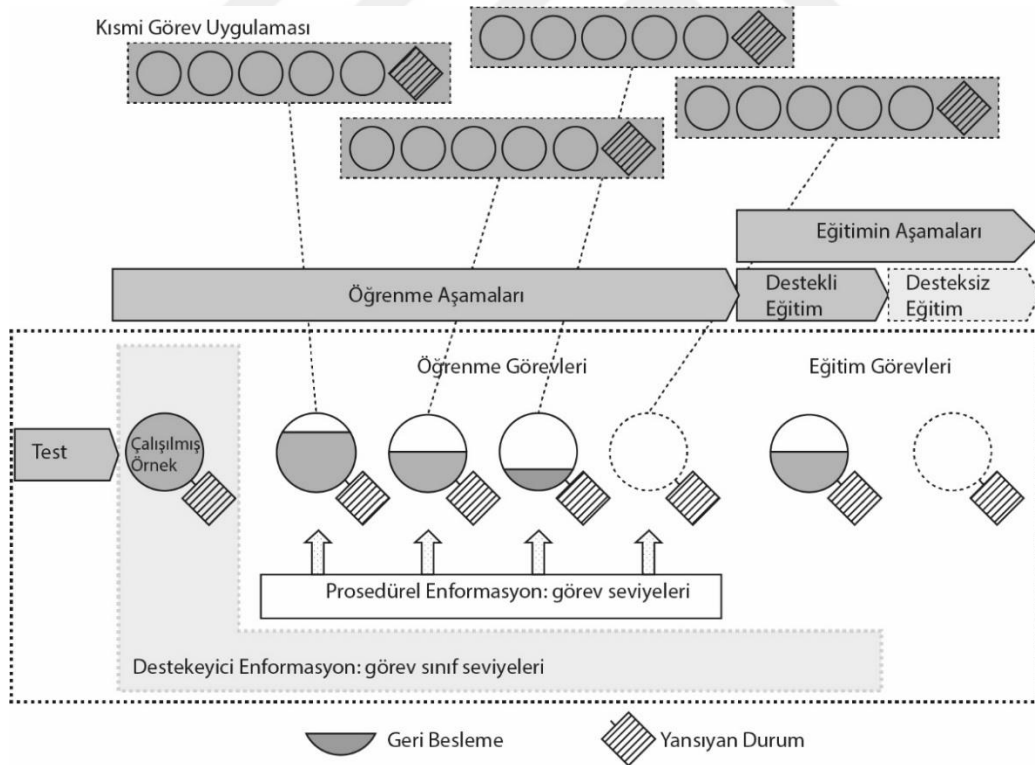
- Yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrenciler arasında kullanılabilirlik puanları açısından anlamlı bir farklılık var mıdır?
- Yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrenciler arasında bilişsel yük (içsel, dışsal, etkili bilişsel yük) puanları açısından anlamlı bir farklılık var mıdır?
- Yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrenciler arasında öz-yeterlik, içsel motivasyon ve algılanan keyif açısından anlamlı bir farklılık var mıdır?
- Yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrenciler arasında öğrenme performansları (SSG tamamlama süresi, hata sayısı ve çizim testi) açısından anlamlı bir farklılık var mıdır?

Tüm bu araştırma soruları, dört bileşenli ve on adımlı modele dayanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin verimliliğinin, mimarlıkta çok önemli bir yeri olan uzamsal beceri düzeyi farklılığına göre test edilmesine yönelik oluşturulur.

5.1 Dört Bileşenli ve On Aşamalı Öğretim Modeli

Mimarlıkta yapı ürünleri öğretimi gibi farklı bildirimsel ve prosedürel bilgileri gerektiren kompleks bir konunun öğretilmesi için bilgi, beceri ve etkili faktörlerin yanı sıra bütünü oluşturan bileşenlerin koordinasyonunu hedefleyen iyi tasarlanmış bir öğretim programı gerekir. Kompleks bilgi/beceriler için eğitim tasarlamının ilk zorluğuyla başa çıkmak için Van Merriënboer ve Kirschner [10], öğretim tasarımının özünü oluşturan öğrenme görevlerini, özgünlük ve değişkenlik ilkeleriyle uyumlu, bütüncül görevler olarak ele alırlar. Özgünlük (otantiklik), gerçek hayattaki görevlere dayanan öğrenme görevlerinin tasarlanmasıyla oluşturulurken, öğrenme görevleri genellikle gerçek hayattaki görevlerden farklı olarak, destek veya rehberlik içerir ve gerçek veya simüle edilmiş bir ortamda tamamlanabilir. Profesyonel uygulamalarda karşılaşılan ve farklı koşulları temsil eden öğrenme görevleri açık bir şekilde tanımlandıktan sonra bu görevlere değişkenlik eklenebilir. Bu çeşitli görevlere maruz kalmak, öğrencileri belirli bir yetkinliği gerektiren temel kalıpları tanımaya ve gerçek uygulamada farklı bağlamlara uyarlanabilen bir problemi çözme yaklaşımı geliştirmeye yönlendirir. Dört bileşenli öğretim tasarımı (4B / 10A) modeli, araştırmalarda kanıta dayalı güçlü bir temele sahiptir ve farklı uygulamaları öğretmen eğitimi [239], tıp eğitimi [240], iletişim eğitimi [235] gibi çeşitli bağlamlarda açıklanmıştır. Bu dört bileşenli modelde, uzmanlık seviyesinin geliştirilebilmesi için gerekli bilgi/becerinin ne olduğuyla ilgili içgörü sağlanmasına yönelik kapsamlı bir içerik ve görev analizi gerekmektedir. Şekil 5.3'te 4B/10A'lı öğretim modelinin süreci gösterilir. Bu görselde, öğrenme görevleri dairelerle gösterilmiştir ve bunlar bir eğitim programının ana bileşenleridir. Farklı alanlardaki profesyonel yaşamda, gerçekleştirilen görevlere öğretim görevleri denir. Çoğunlukla öğrenciler, öğrenme görevleri üzerinde çalışırken destek ve rehberlik alırlar; bunlar görselde dairelerin doldurulmasıyla belirtilir. Öğrenciler uzmanlık kazandıkça destek ve rehberlik zamanla azalır. Dahası, öğrencilerden sıklıkla görev performanslarının kalitesi üzerine düşünceleri istenir ve bu da büyük dairelere bağlı 45 derecelik dörtgenler ile belirtilmiştir. Destekleyici enformasyon L şeklindeki dörtgen ile belirtilir. Bu enformasyon, öğrencilerin öğrenme görevlerinin rutin olmayan yönlerini, yani problem çözme, sorgulama ve karar verme gerektiren yönlerini gerçekleştirmelerine yardımcı olur. Prosedür enformasyon veya tam zamanında

enformasyon, yukarı doğru işaret eden oklar ve dikdörtgenlerle gösterilir. Bu enformasyon, her görev düzeyi için sunulan, öğrenme görevlerinin "tekrarlayan" yönlerini, yani eğitim programı tamamlandıktan sonra rutin olarak gerçekleştirilmesi gereken yönleri hakkında bilgilendirir. Son bileşen, bir dikdörtgen içinde gruplanmış küçük dairelerle gösterilen kısmi görev uygulamasıdır. Diğer üç bileşen 4B/10A modele göre tasarlanan bir eğitim modelinde her zaman gerekliyen, kısmi görev uygulaması, tasarlanan görev uygulamalarında her zaman gerekli olmayabilir [10]. Kısmi görev uygulaması, çok sayıda tekrar eden uygulamayı içerir. Kısmi görev uygulamalarında amaç, şema otomasyonunu güçlendirmektir ve bu nedenle tipik olarak uzun süreli tekrarlı uygulamaları içerir. Şekil 5.3'te gösterilen son bir öge testtir (sağa bakan okla gösterilir). Bu testler, bir öğrencinin halihazırda mevcut ilgili bilgilerini değerlendirmekten daha fazlasını kapsarlar ve bunlar öğrencileri performans standartları hakkında bilgilendirir, onlara öğrenme görevlerinin konusunu ve karmaşıklığını tanıtır.



Şekil 5.3 Dört-bileşenli öğretim modeli [240]

5.1.1 Dört Bileşenin On Aşaması

Dört-bileşenli model, gerekli içerik ve görev analizi için öğretim tasarımcısına rehberlik eden ve dört bileşenin detaylı şekilde uygulanabilmesine olanak tanıyan on aşamalı bir süreç önermektedir. Bu aşamaların tıp eğitiminde nasıl uygulanacağını Vandewaetere et al. [240], Tjiam et al. [234] simülatör tabanlı bir eğitimin tasarımında uzman görev performansının bilişsel görev analizine dayalı olarak cerrahi beceriler için tanımlamışlardır. Tablo 5.1, modelin dört bileşenine ve temel öğrenme süreçlerine karşılık gelen “On Adım” yaklaşımının genel bir bakışını göstermektedir [239].

Tümevarımsal öğrenme, çeşitli somut deneyimler ya da örneklerden bilişsel şemalar oluşturur [239]. Bu, bilgi ve becerilerin entegre edilmesi ve bütünü oluşturan becerilerin koordinasyonunu gerektiren öğrenme görevlerinin (bileşen 1) tasarlanmasıyla kazanılır. Bu aşamadaki görevler, gerçek hayattaki görevlerle benzerlik gösterir. Detaylandırma, yeni bilginin mevcut önceki bilgilerle ilişkilendirildiği bilişsel şemaların oluşturulma sürecini ifade eder. Bu, geleneksel olarak derslerde, çalıştaylarda, kitaplarda veya diğer (multimedya) öğrenme materyallerinde sunulan ve genellikle 'teori' olarak adlandırılan destekleyici bilgileri (bileşen 2) çalışarak yapılır. Rutin olmayan yönlerin uygulanması, her görev için farklı ve ayrıntılı bilişsel şemaları gerektirir. Bu durum, eğitmenin alan hakkında mantık yürütmesine, bilinçli kararlar vermesine ve sorunları esnek bir şekilde çözmelerini sağlar. Aksine, kural oluşturma, farklı görevler arasında benzer olan rutin yönler için bilişsel kurallar oluşturulma sürecidir. Bu eğer-ise yapılar, benzer yanıtların benzer bağlamlarda ve doğru şekilde yürütülmesini sağlar. Bu, şemayı otomatikleştirmeye yardımcı olan bir etmendir. Prosedürel enformasyon (bileşen 3), rutinin tam olarak ne zaman gerçekleştirilmesi gerektiğine ilişkin somut ve adım adım talimatlar sağlayarak bu süreci canlandırır. Son olarak, bilişsel çaba gerektirmeden otomatik olarak gerçekleştirilmesi beklenen rutinler için bir pekiştirme süreci teşvik edilir. Kısmi görevlerin tekrarlarla uygulanması (bileşen 4), rutinlerin otomatik olarak belirlendiği bu süreci mümkün kılar.

Tablo 5.1'deki 1, 4, 7 ve 10 (kalın olarak gösterilmiştir) numaralı adımlar dört ana bileşenin tasarım adımlarına atıfta bulunmaktadır [239]. Diğer numaralı adımlar, dört bileşenin tasarımını destekleyen tamamlayıcı etkinlikleri açıklar. Bölüm 5.4'te

4B/10A öğretim modeline dayanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin içeriği detaylı biçimde açıklanmaktadır.

Tablo 5.1 On adımın dört bileşenle modelde tanımlanması [239]

Öğrenme Süreci		Detaylı Plan Bileşeni	10 Adım
Ana Süreç	Alt Süreç		
Şema inşası	Tümevarımsal Öğrenme	1- Öğrenme Görevleri	1. Öğrenme görevlerini tasarla 2. Performans değerlendirmelerini tasarla 3. Öğrenme görevlerini sırala
	Detaylandırma	2-Destekleyici Enformasyon (rutin olmayan yönler)	4. Destekleyici enformasyonu tasarla 5. Bilişsel stratejileri analiz et 6. Zihinsel modelleri analiz et
Şemanın otomasyonu	Kural formasyonu	3-Prosedürel enformasyon (rutin yönler)	7. Prosedürel enformasyonu tasarla 8. Bilişsel kuralları analiz et 9. Önkoşul bilgiyi analiz et
	Kuvvetlendirme	4-Kısmi-görev alıştırmaları	10. Kısmi-görev alıştırmalarını tasarla

5.2 SSG-Tabanlı Yapı Ürünleri Öğretimi Etkileyen Olası

Faktörler

Bir öğretim modelinin uygulanmasında, öğretim metodunun etkililiğinin belirlenmesinin yanı sıra diğer teknik ve pedagojik faktörlerin incelenmesi deneye dayalı kanıtlara ulaşmak açısından önemlidir. SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelini etkileyebilecek olası faktörler, Bölüm 2'deki tartışma başlığı altında potansiyeller ve zorluklarla sunulmuştur (Şekil 2.11). Bu bölümdeki sistematik literatür incelemesine göre, cinsiyet, acemi/uzman gibi bireysel farklılıkların etkisi SSG kullanım durumları için bazı çalışmalarda incelenmiştir. Ancak bu bölümdeki bulgulara göre, öğrenenin ortamdaki nesnelerin içsel/dışsal ve statik/dinamik

özelliklerinin bilgisini gerektiren uzamsal beceri [186] (bireysel farklılık faktörü) düzeyinin SSG kullanım durumları için diğer pedagojik faktörlere etkisinin incelenmediği görülmektedir. Bu bölümdeki incelemelerdeki bir diğer önemli bulgu, 79 çalışma arasında sadece 11 SSG çalışmasının bilişsel faktörleri incelemiş olmasıdır. Ayrıca, sadece 3 çalışma [137]–[139] bilişsel yük teorisini uygulamıştır. Dahası, 2 çalışma haricinde ([137] ve [139]) bilişsel yükü inceleyen diğer çalışmalar, içsel, dışsal ve etkili bilişsel yük türlerinde bir ayırım yapmadan bilişsel yükü incelemiştir. Tüm bu önceki incelemeler doğrultusunda, bu çalışmada SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin verimliliği, öğrencilerin uzamsal beceri düzeyi açısından kullanılabilirlik, bilişsel yük türleri, algılanan keyif, içsel motivasyon ve öz-yeterlilik ve öğrenme çıktısı faktörleriyle incelenir.

5.2.1 Uzamsal Beceri ve Alt Bileşenleri

Uzamsal beceri, bir bireyin günlük yeterlilikleri, eğitsel başarıları ve profesyonel performansları için önemli bir bileşen olduğundan dolayı sosyal ve pozitif bilimlerde kendisine her zaman araştırma alanı bulmuştur. Birçok farklı alandaki araştırmalar, öğrencilerin öğrenme etkinliklerinde başarılı olmaları için uzamsal yeteneğin hayati bir rol oynadığını göstermektedir. Uzamsal becerinin matematik ve geometri başarısıyla olan pozitif ilişkisinden dolayı, mühendislik, mimarlık ve şehir planlama gibi alanlarda öğrencilerin akademik performanslarını önemli derecede etkileyen bir bileşen olduğu daha önceki çalışmalarda ortaya konmuştur. Uzamsal beceriyle ilgili çalışmalar incelendiğinde, bu becerinin tek boyutlu ve değişmez özellikte değil, bu becerinin birbiriyle ilişkili alt bileşenlere sahip olduğu görülmektedir.

Uzamsal becerinin alt bileşenlerine dair farklı görüşler bulunmaktadır (Tablo 5.2). McGee [241] bir literatür araştırmasının sonucunda, uzamsal beceriyi “uzamsal görselleştirme” ve “uzamsal yönelim” şeklinde iki bileşende ele almıştır. Uzamsal görselleştirme iki ve üç boyutlu uyarıcı nesneleri zihinsel olarak döndürme, manipüle etme ve bükme yeteneği, uzamsal yönelim görsel bir uyarı örüntüsü içindeki öğelerin düzeninin kavranması, uzamsal bir konfigürasyonun sunulabileceği değişen yönlerle karıştırılmadan kalma yeteneğidir [241]. Linn ve Petersen [242], bir meta-analiz çalışmalarında yoluyla uzamsal yeteneğin üç bağımsız alt kategorisini önerdi: (1) "iki veya üç boyutlu bir figürü hızlı ve doğru bir şekilde döndürme" yeteneğini içeren zihinsel döndürme; (2) “uzamsal olarak

sunulan bilgilerin karmaşık, çok adımlı manipülasyonlarını içeren” uzamsal görselleştirme; ve (3) uzamsal yönelime benzeyen, “dikkat dağıtan bilgilere rağmen kendi bedenlerinin yönüne göre uzamsal ilişkileri belirleme” yeteneği olan uzamsal algı. Carroll [243] ise beş bağımsız uzamsal faktör önerdi: uzamsal görselleştirme, uzamsal ilişkiler (zihinsel rotasyona yakın), kapanma esnekliği, kapanma hızı ve algısal hız. Bazı araştırmacılar “uzamsal ilişkinin” zihinsel rotasyon ve uzamsal algının bir birleşimi olduğuna vurgularlarken [244], [245], diğerleri bunu temel görsel biçimleri manipüle etme hızı ve uzamsal bir nesneyi zihinsel olarak hızlı ve doğru bir şekilde döndürme yeteneği olarak görür [246]. Tüm bu araştırmalarda uzamsal becerinin alt bileşenlerine dair bir uzlaşma olmamakla beraber, araştırmacılar bu alt bileşenleri farklı ilişkiler içerisinde incelemektedirler. Yakın tarihli bir meta-analiz çalışmasında, Uttal vd. [247] uzamsal bilgi tipine ve görev tipine dayalı olarak iki boyutta bir uzamsal yetenek tipolojisi önerdi: içsel/ dışsal bilgi ve statik/dinamik görevler. Bu modele göre, belirli bir görevdeki bilgi, tek bir nesne içindeki özelliklere odaklanılıyorsa içsel, farklı nesneler arasındaki ilişkiler hedeflendiğinde dışsal olabilir. Ek olarak, görevler ya statik (nesnelere dönüştürme gerekmediğinde) ya da bir dönüştürme söz konusu olduğunda (ör. döndürme, katlama) dinamik olarak sınıflandırılır.

Tablo 5.2 Uzamsal Beceri ve Alt Faktörleri

Yayın	Zihinsel Döndürme	Uzamsal Görselleştirme	Uzamsal Algı	Diğer Bileşenler
[241]	Uzamsal Görselleştirme		Uzamsal yönelim	
[245]	Uzamsal ilişkiler	Uzamsal Görselleştirme		
[242]	Zihinsel Döndürme	Uzamsal Görselleştirme	Uzamsal Algı	
[246]	Uzamsal ilişkiler			
[243]	Uzamsal ilişkiler	Görselleştirme		Kapanma hızı Kapanma esnekliği Algısal hız
[244]	Uzamsal ilişkiler	Uzamsal Görselleştirme		
[247]	Zihinsel rotasyon (içsel ve dinamik)	Uzamsal Görselleştirme (İçsel ve dinamik)	Uzamsal algı (dışsal ve statik)	İçsel veya dışsal bileşenler Statik veya dinamik bileşenler

5.2.2 Uzamsal Beceri ve Sanal Öğrenme Çevreleri

Uzamsal beceri ve sanal öğrenme çevreleriyle ilgili araştırmalar iki biçimde yürütülmektedir. Araştırmaların bir kısmı sanal öğrenme çevrelerinin uzamsal beceriyi geliştirme etkisine odaklanmaktadır. Bir meta-analiz çalışmasında, Di ve Zheng [248] sanal öğrenme teknolojilerinin okul öncesi eğitim ve pozitif bilimler alanındaki uzamsal beceriyi geliştirme etkisinin orta düzeyde olduğunu tespit etmişlerdir. Yürütülen diğer çalışmalar ise farklı öğretim teorileri altında uzamsal becerinin sanal çevrelerde kullanılabilirliğe, bilişsel/duyuşsal faktörlere ve öğrenim kazanımı etkilerine odaklanmaktadır. Huk [249], biyoloji dersi için masaüstü sanal çevre kullanımı etkisini incelemiş ve yüksek uzamsal becerili öğrencilerin düşük uzamsal becerili öğrencilere göre daha iyi performans gösterdiğini saptamıştır. Lee ve Wong [250], uzamsal becerinin masaüstü sanal çevre kullanımındaki etkisini biyoloji dersi üzerinden incelemişler ve düşük uzamsal beceriye sahip katılımcıların bu sanal çevrelerden daha verimli şekilde yararlandıkları sonucuna ulaşmışlardır. Coxon vd. [251], sarmalayıcı sanal gerçeklikte uzamsal becerinin uzamsal bulunuşlulukla pozitif bir ilişkiye sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Jang vd. [252], anatomi dersinde sanal çevredeki direk manipülasyonun düşük uzamsal becerili öğrencilerin, yüksek uzamsal becerili olan öğrencilere göre daha fazla fayda sağladığını ortaya koymuşlardır. Safadel ve White [253], DNA öğrenimi üzerine sarmalayıcı sanal gerçeklikle yürüttükleri çalışmada, öncekilerle benzer şekilde düşük uzamsal beceriye sahip katılımcıların daha verimli şekilde yararlandıkları sonucuna ulaşmışlardır. Wainman vd. [254] anatomi üzerine yürüttükleri çalışmada sarmalayıcı sanal gerçeklik sisteminde düşük uzamsal becerili öğrencilerin daha kötü performans gösterdiklerini ortaya koymuşlardır. Tüm bu çalışmalar farklı alanlarda uzamsal becerinin öğrenme performansları üzerine uzlaşılmış bir durumun olmadığını göstermektedir. Ayrıca SSG üzerine yapılan çalışmaların da kısıtlı sayıda olduğuna işaret etmektedir.

5.2.3 MMİİ/TY’de Uzamsal Becerinin Öğrenme Performansına Etkisi

Mimarlık, mühendislik ve inşaat, işletme ve tesis yönetimi (MMİİ/TY) alanlarında uzamsal becerinin önemi, bu alanların üretim pratikleri içerisinde 2B çizimleri ve 3B sanal modelleri sıklıkla kullanmasından kaynaklanmaktadır. Bu alanlarda, karmaşık nesnelerin üç boyutlu uzayda görselleştirilmesi ve zihinsel dönüşümü tasarım sürecinin en önemli aşamaları arasındadır [20]. MMİİ/TY alanlarındaki

uzamsal becerinin öğrenme performansına olan etkisi, uzamsal becerinin alanlar içerisindeki etkileriyle sanal çevre ve uzamsal beceri ilişkileri doğrultusunda araştırılmaktadır.

Uzamsal beceri ve sanal çevreyle ilgili çalışmalarda farklı bulgulara ulaşıldığı görülmektedir. Kwiatek vd. [255] mühendislerle, saha çalışanlarının bir boru sistemi montaj işlemini arttırılmış gerçeklik sistemi üzerinden incelemişler ve düşük uzamsal becerili mühendis ve çalışanların yüksek uzamsal becerilere göre daha fazla fayda sağladıklarını tespit etmişlerdir. Lukačević vd. [256], sarmalayıcı sanal gerçeklik ve bilgisayar ekranı üzerinden uzamsal becerinin fiziksel bulunurlukla olan ilişkisini tasarım inceleme aşamasındaki çeşitli görevler üzerinden ele almışlardır. Weng vd. [257], inşaat mühendisliği alanında arttırılmış gerçeklik sistemini geleneksel metotla karşılaştırmışlar ve uzamsal becerinin öğrenme üzerinde bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Obeid ve Demirkan [258], iç mimarlık öğrencileriyle temel tasarım dersinde SSG'yi masaüstü uygulamayla karşılaştırmışlar ve motivasyonlar- akış durumu arasında pozitif ve güçlü bir korelasyon, uzamsal beceri-akış durumu arasında pozitif ve zayıf bir korelasyon bulgularına ulaşılar. Tüm bu çalışmalarda ele alınan faktörler, kullanılan medya araçları ve ortaya çıkan sonuçlar açısından genel bir uzlaşımın ortaya konmadığını göstermektedir. Ayrıca uzamsal beceri, mimarlık eğitiminin farklı konuları ve farklı sarmalayıcı teknolojilerdeki uygulamaları için hala araştırmaya açık bir durumdadır.

5.2.4 Öğrenme Sürecinde Bilişsel Yük

Bilişsel yük kuramı, öğrenme görevlerinin oluşturduğu bilişsel yükün, öğrenen bireyin yeni bilgiyi işleme ve uzun süreli bellek yaratma becerisini nasıl engelleyebileceğini araştırır [9]. Diğer bir ifadeyle bilişsel yük, öğrencilerin öğrenme sürecindeki belli görevleri yürütürken bilgi işleme süreçlerindeki limitin, öğrenenin bilişsel yapılarında oluşturduğu çok boyutlu yapılardır. Bilişsel yük kuramı, bu sınırlı kapasiteye sahip çalışma belleğinin nasıl en verimle şekilde çalışabileceğiyle ilgilendir [259]. Bu kurama göre, çalışan bellek üzerinde oluşan yükün dikkatlice dağıtılabilmesi için öğrenme çevrelerinin etkili şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bu kuram, insan bilişsel mimarisiyle doğrudan ilişkili birçok varsayım üzerine kurulmuştur [260] ve bunları yıllar içerisinde deneye

dayalı çalışmalarla test etmektedir [9]. Bu varsayımlar arasında en temel olanları aşağıda belirtilmiştir [260]:

- İnsanlar sınırlı çalışan bellek ve işlem kapasitesine sahiptir.
- Uzun süreli bellek hemen hemen sınırsız bir kapasiteye sahiptir.
- Bilişsel süreçlerin düzenlenmesi çalışan bellek yükünü azaltmaktadır.

Tüm bu varsayımlar, bilişsel yük kuramının öncülü olan çalışan belleğin sınırlı kapasiteye sahip olduğu ve bu belleğin aşırı yüklenmede öğrenme süreçlerini olumsuz etkileneceği olgularına dayanır. Bilişsel yük kuramına göre içsel (intrinsic), dışsal (extraneous) ve etkili (germane) olmak üzere üç çeşit bilişsel yük bulunmaktadır [261]. İçsel bilişsel yük, öğretim materyalinin kendi doğasından kaynaklanan ve öğretim tasarımcısının doğrudan kontrol edemediği durumları kapsar. İçsel bilişsel yük, bilginin karmaşıklığı ve kişinin bu konudaki bilgisi tarafından belirlenir [9], [261]. Bu nedenle, içsel bilişsel yük, yalnızca öğrenilmesi gereken görevler değiştirilerek veya öğrenenin uzmanlığı geliştirilerek değiştirilebilir [9].

Dışsal bilişsel yük, bilginin içsel karmaşıklığı tarafından değil, bilginin nasıl sunulduğu ve öğrencinin öğretim prosedürü tarafından ne yapması gerektiğiyle belirlenir [9]. Bu bilişsel yük türü, içsel bilişsel yükün aksine, öğretim prosedürlerindeki farklılıklarla değiştirilebilir. Dışsal bilişsel yükü azaltmak için çalışma belleğinin alt kanalları olan sözel ve görsel kanalların bir arada ve etkili bir biçimde kullanılması gerekir. Sadece tek bir kanalın kullanılması öğrencilerde odaklanma sorununu meydana getirir. Bu da dışsal bilişsel yükün artmasına neden olacaktır [262].

Bir diğer bilişsel yük türü olan etkili bilişsel yük kavramı yıllar içerisinde yenilenmektedir [263]. Öğrenenin, kendi kendine açıklama veya not alma gibi aktiviteleri öğrenmeye katkıda bulunan unsurlardır ve etkili bilişsel yük ile ilişkilidir [264]. Etkili bilişsel yük ile içsel bilişsel yük yakın ilişki içerisinde. Kuramın güncel yaklaşımında, etkili bilişsel yükün, toplam yüke katkıda bulunmaktan ziyade, öğrenme görevine özgü bilgilerle ilgilenerek (içsel yük), çalışma belleği kaynaklarını konu dışı faaliyetlerden (dışsal yük), doğrudan öğrenmeyle ilgili faaliyetlere yeniden dağıttığını varsayılır [9]. Bu değişikliğe duyulan ihtiyaç, etkili bilişsel yükün, dış yük azaltıldığında basitçe dış yükün yerini alıyorsa, dış yük

azaltıldıktan sonra toplam yükte herhangi bir değişiklik olmaması gerektiği sorunundan doğmuştur [9]. Mevcut formülasyon, etkili bilişsel yükün, kendi başına bir yük empoze etmek yerine, görevin dışsal yönlerinden içsel yönlerine yeniden dağıtıcı bir işleve sahip olduğunu varsayarak bu sorunu ortadan kaldırır.

5.2.5 Öğrenme Sürecinde İçsel Motivasyon

Motivasyon, bugüne kadar farklı kuramların temelinde birden çok bileşenle incelenen ve sarmalayıcı ortamlarda öğrenme sürecine etkileri araştırılan önemli duyuşsal faktörlerden biridir [265] . Öğrenme sürecinde, öğrencinin motivasyon seviyesi, öğrencinin sürekli derslere odaklanmasına ve bilişsel kaynakların dersin zor bölümlerine ayırmasında daha fazla enerji harcamasına neden olabilir [190]. Bu nedenle karmaşık görevler için, SSG sistemlerinden öğrenenin motivasyonunun incelenmesi önemlidir. SSG sistemlerinin öğrenme sürecinde kullanılmasında duyuşsal faktörler ilgi teorisi, öz-yeterlik ve öz-belirleme teorileri tarafından incelenmektedir [266]–[268]. İlgi teorisine göre [267], öğrenciler ilgili materyallere değer verdiklerinde ya da materyallerle ilgilendiklerinde, içsel biçimde (bireysel ilgi) ya da durumun ortaya çıkardığı biçimde (durumsal ilgi) daha çok çalışırlar. Bu nedenle, sanal gerçeklik dersi gibi eğitimde yeni, sarmalayıcı bir teknoloji öğrenciler için heyecan verici olabilir ve öğrencinin durumsal ilgisini geleneksel derslerden daha fazla çekebilir [190].

Öz yeterlik teorisi, öğrenciler bir görevde yetkin olduklarında daha çok çalıştıklarını belirtmektedir ve başarı davranışları sürecini bir geri bildirim döngüsü olarak tanımlamaktadır [269]. İlk olarak, öğrencinin öz yeterliği hakkında kendi inançları vardır. Bu öz-yeterlik, daha sonra öğrencinin göreve olan bağlılığını etkileyebilir. Görevden sonra, öğrenci geri bildirim alır (örneğin, görevi iyi yaptım) ve geri bildirimden yeterlik ipuçları alır (örneğin, eğitimci bu konuda iyi olduğumu düşünüyor). Son olarak, bu geri bildirim, öğrencinin öz yeterliğini yeniden şekillendirir. SSG sistemleri içerisinde geri bildirim sistemlerinin sağlandığı etkileşim biçimleri öğrencinin ders için motivasyonun artmasında etken rol oynayabilir. Parong ve Mayer [190], SSG-tabanlı öğrenmede ilerleme göstermesi gereken bir eylem, anında ve uyarlanabilir geri bildirim sağladığından; bunun öğrencilerin öz yeterliklerinde anında güncelleme yapabileceğinden bahsederler.

Öz-belirleme teorisi ise, içsel motivasyonu geliştirmek için karşılanması gereken 3 psikolojik ihtiyacı tanımlar [270]:

- Yetkinlik ihtiyacı; öğrenenin arzulanan sonuçlara götüreceği araçsallıkları anlaması ve bunlar üzerinde güvenilir bir etkiye sahip olabilmesi,
- Özerklik ihtiyacı; öğrenenin davranışı açısından içsel nedensellik algısı deneyimini arzulaması nedeniyle davranışlarında kendisini ana kaynak gibi hissetmesi ve kendi davranışlarını belirlemede kendine ait bir girdiye dayanması ve
- İlişki kurma ihtiyacı, içselleştirmenin etkin şekilde gerçekleşebilmesi için kişinin diğer insanlarla bağlantı kurması, toplumun bir üyesi olma ihtiyacıdır.

Bu psikolojik ihtiyaçların öğrenen kişide karşılanması halinde, inandıkları bir öğrenme durumunda oldukları sürece öğrenmek için daha fazla motive olacakları fikrine dayanmaktadır. Makransky vd. [84], özerklik bileşenin öğrencilerin öğrenme sırasında kişisel ilgilerinin peşinden gidebilecekleri zaman daha çok çabaladıklarını savunan ilgi teorisinin yönleriyle, yetkinlik bileşenin ise öğrencilerin bir görevde başarılı olabileceklerine inandıklarında daha çok çabalamak için daha fazla motive olduklarını savunan öz-yeterlik teorisiyle tutarlı olduklarından bahsederler. Bu çalışma içerisinde motivasyon faktörü, öz-yeterlik, algılanan keyif ve öğrenme performansı gibi diğer faktörlerle birlikte incelenerek bu faktörün SSG içerisinde öğrenme sürecine olan etkisi araştırılır.

5.2.6 Öğrenme Sürecinde Algılanan Keyif

Öğrenmek için SSG sistemlerini kullanmanın avantajlarının bir kısmı, eğitimde katılımı ve motivasyonu etkileyerek öğrenmeyi eğlenceli hale getirmesinde yatmaktadır [37]. Bunun teorik bir açıklaması kontrol-değer teorisinde bulunmaktadır [271]. Pekrun [271], devam eden başarıyla ilgili faaliyetler ve sonuçlarla ilgili başarı duyguları arasında ayrım yapar. Önemli bir etkinlik duygusu, başarı etkinliğine olumlu değer verildiğinde ve kontrol edilebilir olduğunda tetiklenen keyiftir. Keyif, performansa fayda sağlar; çünkü öğrenci dikkatini göreve odaklar, bu da daha yüksek içsel ve dışsal öğrenci motivasyonuna yol açar [271]. Eğitim psikolojisi alanındaki bazı çalışmalar, SSG'de eğitimin öğrencilerin motivasyon ve algılanan ilgi ya da hoşlanma düzeylerinin geleneksel öğrenme

ortamlarına kıyasla arttığından fakat öğrenme düzeylerinin bu sistemde daha düşük kaldığını ampirik bulgularla ortaya koymuştur [84], [187], [190]. Bu nedenle algılanan keyifin, motivasyon ve öğrenme performansları gibi diğer faktörlerle incelenmesi mimarlık eğitiminde etkili SSG-tabanlı öğrenme stratejilerinin geliştirilebilmesi için önemlidir.

5.3 Çalışma Metodolojisi

5.3.1 Katılımcı Grubu

Örnekleme, Yıldız Teknik Üniversitesi mimarlık fakültesinde, mimarlık eğitiminin ilk yılında olan 35 lisans öğrencisinden oluşmaktadır. Tüm katılımcılar çalışmaya gönüllü olarak katıldılar. Katılımcılar bu çalışmaya katılmak için yazılı bilgilendirilmiş onam verdiler. Ayrıca bu çalışma, Yıldız Teknik Üniversitesi etik kurulu tarafından onaylandı. Asıl deney sürecine başlamadan önce, üç öğrenciyle pilot testler yürütüldü ve bu pilot testlerde çalışmadaki bir takım işlemeyen yönlerle karşı önlemler alındı. Sonrasında ise otuz iki öğrenciyle deney aşamasına geçildi. Öğrencilerin demografik verileri incelendiğinde 13 erkek ve 19 kadından oluşuyordu ve yaşları 19 ile 24 arasında değişiyordu. Ayrıca öğrencilerin bu deney sürecine dâhil olabilmeleri için daha öncesinde mimari teknik resim dersinden başarıyla geçmiş olmaları bir gereklilikti.

5.3.2 Deney Süreci

Tüm deney süreci, Yıldız Teknik Üniversitesi mimarlık öğrencilerinin aşına olduğu bir laboratuvar ortamında gerçekleştirildi. Şekil 5.4'te tüm deney sürecinin aşamaları sunulmaktadır. Deney sırasında iki el kumandası ve altı alan derinliğine sahip ekranlı kaskı ile HTC VIVE™ Pro [230] kullanıldı. Mobil sanal gerçeklikten (ör. Google Cardboard, Samsung Gear) farklı olarak HTC VIVE™ (ör. Oculus Rift™'e benzer), kullanıcının ekranlı kask ve el kumandalarıyla 3 × 3 m'lik bir alanda hareket etmesine olanak tanır. Deney sürecinde, katılımcıların ön-test ve son-test puanlarının toplandığı yarı-deneysel desen kullanıldı.

Katılımcılar, SSG-tabanlı öğretim sürecine başlamadan bir hafta önce, bilgilendirilmiş onam formunu imzaladılar ve demografik bilgileri alındı. Sonrasında ise, uzamsal beceri testini çözdüler. Bu aşamada, katılımcıların demografik verilerinin alınması ve uzamsal beceri testi çözümü yaklaşık 45 dakika

sürdü. Bu çalışmada, katılımcıları yüksek uzamsal beceriye sahip veya düşük uzamsal beceriye sahip olarak sınıflandırmak için medyan bölme kullanıldı. Bu, farklı uzamsal yeteneklere sahip öğrencileri kategorize etmek için genel bir yol sağladı [250].

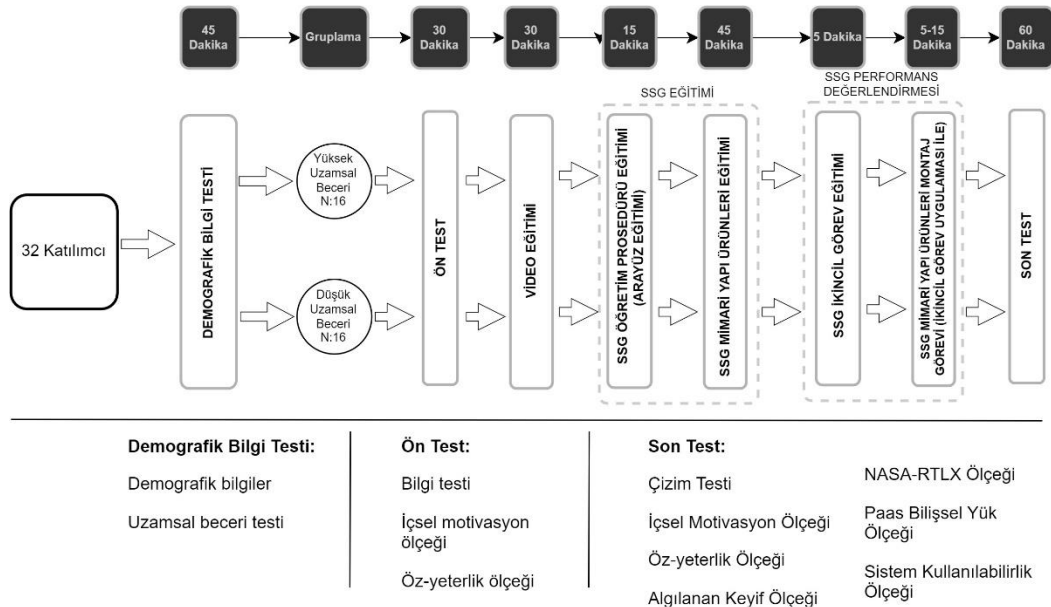
Bir hafta sonra, her iki gruptan katılımcılar laboratuvara davet edildiler. Tüm katılımcılar ilk önce öğretim modelinin prosedürü hakkında bilgilendirildiler. Katılımcılara eğitim sürecine başlamadan önce ön test olarak içsel motivasyon, öz-yeterlik anketi ve bilgi testi uygulandı. Bu aşama yaklaşık otuz dakika sürdü. Sonrasında ise eğitim süreci başladı. SSG eğitimine başlamadan önce katılımcılara ilgili öğretim metoduyla ilgili iki video eğitimi verildi. Bu video eğitimlerden biri 18 dakika iken diğer 10 dakika sürdür. Bu ön eğitimin, yüzyüze yerine video aracılığıyla tercih edilmesinin nedeni, eğitmenin farklı zamanlardaki anlatım biçimi farklılıklarını ortadan kaldırmaktı. Bu iki eğitim videosu aşağıdaki konuları içermektedir:

- Mimari teknik çizim değerlendirme kriterleri (video 1)
- Yapı ürünleri sınıflandırması (video 2)
- Fonksiyonel bileşen, tamamlayıcı bileşen özellikleri (video 2)

Video eğitiminin ardından, öğrenciler SSG ortamındaki eğitime geçtiler. SSG eğitiminde katılımcılar önce el-kontrollerini kullanma ve sanal çevre gezinme özelliklerine alıştırmak için asıl eğitim prosedürüyle (çatı-duvar bileşim detayı) ilgisi olmayan ve basit bir tip duvar detayını konu alan yaklaşık 15 dakikalık uygulamalı arayüz öğrenme egzersizini gerçekleştirdiler. Böylece, arayüzün neden olabileceği bilişsel yükün optimize edilmesi hedeflendi. Sonrasında katılımcılar, 4B-10A öğretim metodolojisine dayalı gerekli talimatları gerçekleştirerek teras çatı-duvar bileşim detayı SSG eğitimini aldılar. Bu 4B-10A öğretim metodolojisine dayanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeli bir sonraki bölümde detaylı şekilde açıklanmaktadır. Bu eğitim süresince katılımcılardan her montaj aşamasındaki sorular karşısında ilgili yapı ürününü sesli olarak tahmin etmesi istendi ve eğer tahminleri yanlış ise anlık geri besleme sağlandı. Bu geri beslemenin verilme nedeni, uzmanlarla ve pilot testte öğrencilerle yürütülen deneylerde sistemin gerçekleştirdiği yönlendirmelerle katılımcıların montaj işlemleri üzerine düşünmeden gerekli işlemleri gerçekleştirme eğiliminde olmalarıydı.

Bu SSG eğitim sahnesinin sonrasında katılımcılar, SSG performanslarının ve dışsal bilişsel yükün ölçüldüğü diğer sahneye geçmeden önce, ikincil görevin kullanımını öğrendikleri, yaklaşık 5 dakika süren bir arayüz eğitim görevini tamamladılar. Ardından teras çatı-duvar bileşim detayı eğitim sahnesindeki aynı montaj görevlerini ve 2B çizim analizini yönlendirme olmadan kendilerinin gerçekleştirecekleri SSG performans değerlendirme sahnesine geçtiler. Bu aşamada, katılımcılara birincil görev olan montaj görevine ek olarak, ikincil görev performansı uygulandı.

Katılımcıların ikincil görev performansları olarak, üç zaman diliminde (0. dakika, 2.5 dakika ve 5. dakika) başlatılan görsel ipucuyla bir düğmeye basılmasına kadar geçen süre olarak tepki süresi ölçüldü. Bu üç sürenin başlangıcında, el-kontrollerinden birinde düğmeye basmaları ve görsel bir zamanlayıcıya mümkün olan en kısa sürede yanıt vermeleri istendi. Bu SSG performans değerlendirme aşamasında, katılımcıların ikincil görev değerlerinin yanı sıra görev tamamlama süreleri ve hata sayıları da otomatik olarak kayıt altına alındı. Tüm eğitim sürecinden sonra katılımcılar SKÖ, içsel motivasyon envanteri, öz-yeterlik, algılanan keyif, NASA-RTLX testi ve PAAS bilişsel yük testlerini çözdüler. Son olarak, SSG içerisinde gerçekleştirdikleri uygulamadaki teras çatı-duvar bileşim detayının 1/10 ölçek teknik detayını çizdiler. Tüm görevler sonrasında istatistiksel analizler, IBM SPSS programı kullanılarak gerçekleştirildi.



Şekil 5.4 Deney süreci

5.4 4B/10A Modele Dayanan Ders Materyali

Bu bölümde 4B/10A öğretim modeli temelinde tasarlanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretimi için bir model önerisi sunulmaktadır. Model önerisinde tanımlanan adımlar, önceki bölümlerde açıklanan teorik çerçeve doğrultusunda açıklanır. Ayrıca, bu model önerisinde SSG'deki bir teras çatı-duvar bileşimi detayının öğretimi için pratik bir öneri sunulur. Öğretim senaryosunun tüm aşamaları Tablo 5.3'te detaylı olarak sunulmaktadır.

Tablo 5.3 SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin 4B / 10A temelinde tasarlanması

Zorluk Seviyesi: Zorluk seviyesi arttıkça öğrenen kişiye enformasyonun verilme düzeyi azalacaktır. Destekleyici Enformasyon (bildirimsel enformasyon): Bu enformasyon öğretim görevleri öncesinde sunulmaktadır. Bir eğitim videosunda: • Yapı ürünleri sınıflandırması • Fonksiyonel, tamamlayıcı bileşen tabloları Bir eğitim videosunda: • Mimari teknik çizim değerlendirme kriterleri Öğrenme Görevleri ve Öğrenme Sınıfları: Yapı Ürünleri Tipleri/ Malzeme bilgisi/Montaj Bilgisi: Montajın nasıl yapılacağı ve gerekli yapı ürünlerinin fonksiyonlarının yerine getirilmesi doğrultusunda senaryonun tasarlanması		
Görev 1: SSG'de montaj görevlerinin yerine getirilebilmesi ve sanal mekânda gezinmenin problem oluşturmaması için basit bir montaj uygulaması ile arayüz kullanımı ve gezinmenin öğretilmesi	Destekleyici Enformasyon (yönerge enformasyonu): Öğrenen kişinin öğrenim görevlerinin gösterileceği 3B sanal mekân bilgisinin kavranması için görev öncesi yapıda gezinme ve montaj işlemlerinin gerçekleştirilmesi	

Tablo 5.3 SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin 4B / 10A öğretim modeli temelinde tasarlanması (devamı)

Görev 2.1: SSG’de yapı öğelerinin (teras çatı ve duvar) ve süreksizlik noktasının (çatı ve duvar bileşim noktası) ne olduğunun ve bunların yapı ürünleri sınıflandırmasındaki hiyerarşik düzeylerinin öğrenilmesi	Tanımlayıcı Enformasyon: -Eğitim alan kişiye yapı öğeleri ve süreksizlik noktası özelliklerinin, bileşenlerdeki bir araya gelişlerin 2B grafiksel ve yazılı temsiller ile sunulması Direkt geri-besleme: -Montaj dizesinde bir hata meydana geldiğinde öğrenciye doğru katmanı yerleştirmesi için sözlü ve grafiksel geri besleme ile nedensel bilgi sunulur. (Direkt geri besleme uzmanlık seviyesi arttıkça azaltılır ve öğrencinin kendisinin problem çözme yeteneğinin geliştirilmesi sağlanır)	Kısmi-görev uygulaması: Yapı ögesi ve süreksizlik noktasındaki aynı fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenlerin katman sırasının ve montaj işlemlerinin destek düzeyi azaltılarak öğrenci tarafından gerçekleştirilmesi Enformasyon seviyesi uzmanlık seviyesi arttıkça azaltılır ve öğrencinin kendisinin problem çözme yeteneğinin geliştirilmesi sağlanır
Görev 2.2: Yapı ögesi ve süreksizlik noktasındaki fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenlerin katman sırasının montaj işlemiyle öğrenilmesi Montaj esnasında, yapı ürünlerinin mekân için gerekli fonksiyonu nasıl yerine getirdiğinin öğrenilmesi:	Tanımlayıcı Enformasyon: Görev 1.1’deki ile aynı Direkt geri-besleme: Görev 1.1’deki ile aynı	
Görev 3: Bu aşama SSG içerisinde tanımlayıcı enformasyon desteği verilmeden, yapı ögesi ve süreksizlik noktasındaki fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenlerin katman sırasının montaj işlemini gerçekleştirmesidir		
Destekleyici Enformasyon (Bilişsel geribesleme): Eğitim alan kişi, Görev 3 alıştırmada tamamlama zamanı ve hata sayıları üzerinden geri besleme alır		

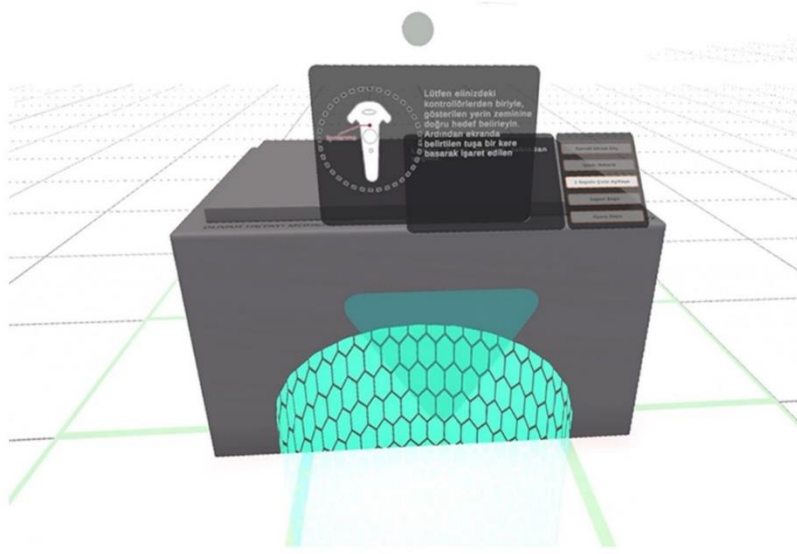
5.4.1 Öğrenme Görevleri ve Öğrenme Sınıfları

Mimarlıkta yapı ürünleri öğretimi için öğrenme görevleri, (i) yapı ürünleri sınıfları (ii) yapı ürünleri tipleri malzeme bilgisi ve (iii) bunların belirli kriterler doğrultusundaki 2B çizimleridir. SSG-tabanlı bir öğretim modeli önerisi için senaryoların tasarlanması önemlidir. Senaryolar 4B/10A metodunda bütüncül yaklaşım için tüm görevlerin artan zorluk seviyelerine göre belirlendiği kılavuzlardır [234]. Çalışmada, bir ters teras çatı ve duvar bileşiminin, basılı yayınlardan elde edilen standart detaylara [53]–[55], [272] dayalı olarak ürün boyut bilgisi, ürünlerin montajın nasıl yapılacağı ve gerekli yapı ürünleri fonksiyonlarının yerine getirilmesi doğrultusunda bir senaryo sunulur.

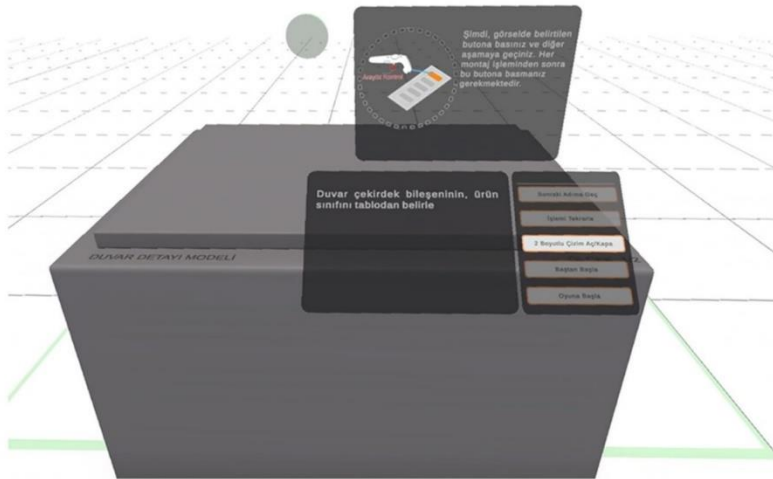
5.4.2 Destekleyici Enformasyon

Destekleyici enformasyon bildirimsel enformasyon ve yönerge enformasyonu olmak üzere iki biçimlidir. SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim metodunda bildirimsel enformasyon SSG eğitimi öncesinde öğrencilerin katıldığı iki video dersten oluşur. Bu videoların ilkinde yapı ürünleri sınıflandırması ile fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenlerin örnekler üzerinden sunulur. Diğer video eğitiminde mimari teknik çizim değerlendirme kriterler ve bu kriterleri sağlamadaki alt etmenler örnekler üzerinden sunulur.

Yönerge enformasyonu, Tablo 5.3 görev 1 aşamasında tanımlanan, katılımcıların öğrenim görevleri için gerekli işlem talimatlarının gösterileceği yerlerin ve gezinme işlemlerinin kavranmasıdır (Şekil 5.5-a). Diğer bir yönerge enformasyonu, SSG sisteminde montaj işlemleri için gerekli arayüz birimlerinin nasıl kullanılacağına öğrenci tarafından pratik edilmesidir (Şekil 5.5-b). Bu arayüz kullanım ve gezinme özellikleri Bölüm 4'te belirtilen kullanılabilirlik çalışmaları sonucunda geliştirildi.



a-Gezinme işlemlerinin öğretilmesi için yönerge enformasyonu



b-Arayüz işlemlerinin öğretilmesi için yönerge enformasyonu

Şekil 5.5 SSG-tabanlı öğretim modeli için yönerge enformasyonları

5.4.3 Tanımlayıcı Enformasyon ve Direkt Geri Besleme

Tanımlayıcı enformasyon, senaryodaki montaj görevleri sırasında öğrencilerin yapı öğeleri, fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenlerin bir sanal ortamda seçerek bunların bilgisini edinmesidir. Bu tanımlayıcı bilgi edinimi, yapı ürünlerinin malzeme ve boyut özellikleri ve 2B mimari teknik çizimde öğe ve bileşenlerin konum bilgilerini kapsar (Şekil 5.6). SSG’de görev 2.1 ve 2.2 esnasında öğrencilere direk geri beslemeler sunulmuştur. Bu geri beslemeler, öğrenci montajı sürdürürken bir hata meydana geldiğinde öğrenciye doğru katmanı yerleştirmesi için hata yaptığının belirtilmesidir. Bu hatalar ilk önce grafiksel olarak belirtilir, ardından eğitmen

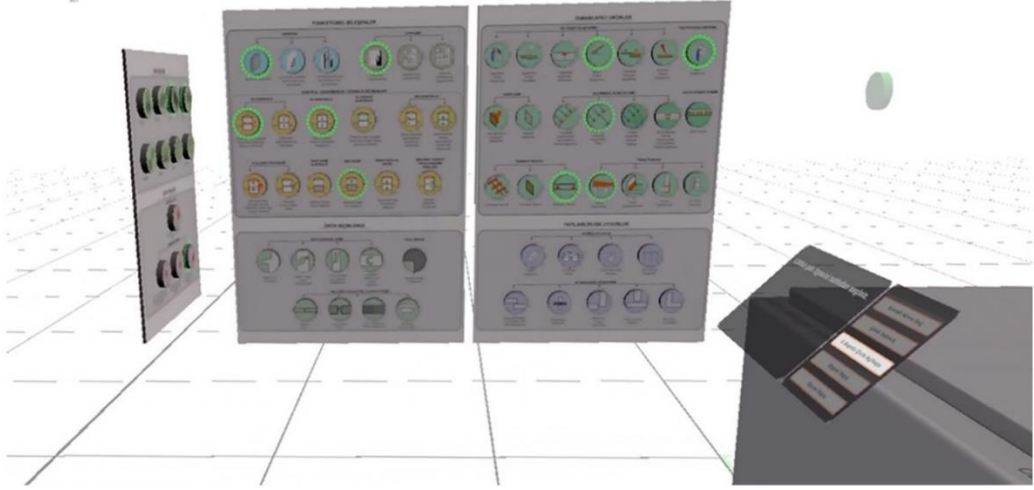
5.4.4 Kısmi-görev Alıştırmaları

5.4.5 Desteksiz Eğitim ve Görev Değerlendirmesi

146



a-Vekil objelerde grafiksel yönlendirme (Görev 2)



b-Vekil objelerde grafiksel yönlendirme yapılmaması (Görev 3)

Şekil 5.7 SSG-tabanlı öğretim modelinde grafiksel destek verilme biçimi

5.5 Ölçüm Yöntemleri

Bilişsel yükü subjektif olarak tahmin etmek için Paas'ın bilişsel yük ölçeği ile NASA-RTLX, öğrenme çıktıları değerlendirmek için SSG görev tamamlama süreleri, hata sayıları ve dereceli puanlama anahtarı (çizim testi) kullanıldı. Ayrıca dışsal bilişsel yük ikincil görev performansı kullanılarak değerlendirildi. Duyuşsal faktörlerin değerlendirilmesi için içsel motivasyon ölçeği, öz-yeterlik ölçeği ve algılanan keyif ölçeği; kullanılabilirliği değerlendirmek için sistem kullanılabilirlik ölçeği kullanıldı. Tüm bunlara ek olarak, anonim nitel geri bildirim, öğrenim sürecinin genel değerlendirmesini yapmak için açık uçlu sorular aracılığıyla alındı. Bu bölümde kullanılabilirlik faktörü çalışmanın diğer bölümünde detaylı şekilde incelendiği için sunulmamaktadır. Ancak, uzmanlarla yürütülen deneylerdeki gibi

kullanılabilirlik için sistem kullanılabilirlik ölçeğinin Türkçe dilinde doğrulanmış [232] versiyonunun kullanıldığını belirtmek önemlidir. Kullanılan ölçekler Ek materyaller C’de sunulur.

5.5.1 Uzamsal Becerinin Ölçülmesi

Cho [273] iç mimarlık öğrencileriyle yürüttüğü bir çalışmada, tasarım stüdyosu performansının doğrudan yaratıcılık, uzamsal beceri ve görsel bilişsel stille ölçülemeyeceğini ve tahmin edilemeyeceğini göstermektedir. Elgazzar vd. [274], mimari tasarım stüdyosunda uzamsal beceriyle öğrencilerin stüdyo başarıları ilişkisini incelemiş ve pozitif bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Suh ve Cho [275] iç mimarlık tasarım stüdyosunda yürüttükleri diğer bir çalışmada, mekansal stratejiler açısından uzamsal becerisi yüksek olan bireylerin tasarım projeleri form oluşturmada güçlü yönler gösterme eğilimindeyken, orta ve düşük uzamsal becerisi olan kişilerin eklemeli yaklaşımlarda güçlü yönler sergilediklerini göstermişlerdir. Berkowitz vd. [20], geliştirdikleri kentsel yerleşim testi, iç mekan perspektif testi ve yerleştirme testi üzerinden tecrübeli/tecrübesiz öğrenci ve cinsiyet farkları araştırmaları yürütmüşlerdir. Yürüttükleri çalışmada uzman öğrencilerin bu üç testte de daha yüksek skor aldığını ortaya koymuşlar; fakat cinsiyet ayrımıyla ilgili net bir sonuca ulaşamamışlardır [20]. Cho ve Suh [19], [195]’da iç mimarlık ve mimarlık alanlarında kullanılabilecek bir diğer alana özgü uzamsal beceri testini geliştirmişler ve çalışmalarında kullanmışlardır. Bu çalışmada, Berkowitz vd. [20]’nin uzamsal beceri testi kullanıma açık olduğu ve pratik bir biçimde uygulanabildiği için kullanılmıştır. Bu test kentsel yerleşim testi, yerleştirme (packing), iç mekan perspektif testi olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Her bölümde 10 soru vardır. Ancak ilk bölüm her soru için iki doğru cevaba sahiptir. Bu ölçekte çalışmanın ilk denemesindeki uygulama süreleri göz önünde bulundurularak [20], öğrencilere ilk bölüm için yaklaşık on beşer dakika ve diğer bölümler için onar dakika süre verilmiştir.

5.5.2 Bilişsel Yükün Ölçülmesi

Bilişsel yük üzerine yürütülen önceki araştırmalar, zihinsel çaba ve görev zorluğu olmak üzere iki sözel etkinin bilişsel yükün farklı yönlerini ölçtüğünü göstermektedir. Daha spesifik olarak, DeLeeuw ve Mayer [276], görev zorluğu derecelendirmelerinin, içsel yük ve algılanan zihinsel çabanın etkili yük ile ilişkili

olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca önceki araştırmalara göre, daha karmaşık olan problemler gecikmiş (öğretim aşamasından sonra) subjektif derecelendirmeler için en iyi tahmin ediciler gibi görünmektedir [277]. Bu nedenle, bu araştırmada verilen tasarım probleminin karmaşık olması nedeniyle katılımcıların eğitimi bitirmesinden hemen sonra subjektif bir ölçme aracıyla bilişsel yük değerlendirmelerini yapmaları istenmiştir. Önceki çalışmalar, derecelendirme ölçeklerinde sözel etiketlerin ifade edilme biçiminin bilişsel yükün ölçümünü etkileyebileceğini göstermektedir [278]. Bu nedenle, çalışmamızda Türkçe dilinde geçerlilik ve güvenilirliği sağlanmış olan ölçek kullanıldı [279]. Başka bir çalışmada bu ölçek, zihinsel çaba ve görev zorluğu olarak iki boyutta kullanılmıştır [280].

Byers vd. [281] tarafından geliştirilen NASA-RTLX ölçeği, NASA-TLX indeksinin [282] basitleştirilmiş bir versiyonudur. Bu iki ölçek zihinsel iş yükünün belirlenmesinde farklı birçok alanda kullanılan ölçeklerdir. NASA-RTLX ölçeği altı alt boyuttan oluşmaktadır: zihinsel talep, fiziksel talep, zamansal talep, performans, çaba ve hayal kırıklığı. Katılımcılar, müdahaleden hemen sonra görsel her bir boyutun seviyesini derecelendirir. Daha sonra bu 6 alt boyutun toplamının ortalaması alınarak toplam puan bulunur. Bu iki ölçek, literatürde toplam bilişsel yükün ve farklı bilişsel yük türlerinin ölçülmesinde de kullanılmaktadır. Leppink vd. [192], iş yükünün ve bilişsel yükün, bağlamlar arasında ne ölçüde aynı kavramı ifade ettiğinin tam olarak net olmadığını belirtirler. Wiebe vd. [283] NASA-TLX'in, NASA-RTLX ölçeğine göre çok az ek değer sağladığını gösterdiler. Ayrıca bu çalışmada hem NASA-RTLX'in hem de Paas bilişsel yük ölçeğinin içsel ve dışsal yükteki değişikliklere duyarlı olduğu sonucu çıkmıştır. Naismith vd. [284], Paas ölçeği ve NASA-TLX'in, içsel bilişsel yükün ölçümleri olarak birbirinin yerine geçebileceğini, ancak toplam bilişsel yükün hesaplanmasında bu durumun geçerli olamayacağını belirtirler. Galy vd. [285], NASA-TLX ölçeğinde; zihinsel, fiziksel ve zamansal taleplerin içsel ve dışsal bilişsel yüklerin belirlenmesinde etkin rol oynayabileceğini belirtirler. Bu çalışmada NASA-RTLX ölçeği bilişsel yük açısından Paas ölçeğiyle ilişkisinin belirlenmesi açısından kullanılır. NASA-RTLX ölçeği Türkçe çevirileri yapılmış ve önceki çalışmalarda kullanıldı [286].

Araştırmada kullanılan bir diğer bilişsel yük ölçüm tekniği ikincil görev kullanma yöntemidir. İkili görev paradigması prensip olarak iki şekilde bilişsel yükü tahmin etmekte kullanılabilir [287]:

- İkincil görev, öğrenme görevinin yükünü artırmak için birincil göreve eklenir ve burada ilgilenilen değişken birincil görevdeki performanstır veya
- Birincil görevin neden olduğu yükü ölçmek için birincil görevin değişen yükünü yansıtan ikinci görevdeki performans incelenir.

Bu çalışmada, ikinci yöntem seçilmiştir. Çünkü katılımcılara uygulanan birincil görevdeki prosedürler karmaşıktır ve ikincil görevin bu karmaşık görev sürecinden ayrı tutularak ayırım yapılması birincil görevin etkililiğini anlamak açısından önemlidir. Ayrıca bu ikinci yöntem farklı araştırmalarda sıklıkla kullanılmıştır. Eğitim psikolojisi alanında yapılan önceki araştırmalar ikincil görev performansının dışsal bilişsel yükün ölçülmesine duyarlı olduğuna dikkat çekerler [276], [287]. İkincil görev performansının, medikal alanında simülasyona dayalı deneylerde, acemi-uzman ayırımında [288] ya da medya türü farklılıklarında [289]–[291] bilişsel yükü tahmin etmede hassas olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada birincil görev, katılımcıların ilgili detayın montajını tamamlaması ve 2B çizimleri incelemesidir. Birincil görev için benzer algısal-bilişsel kaynakların kullanılmasını sağlamak için, katılımcılardan mümkün olan en kısa sürede bir denetleyicideki bir düğmeye basarak görsel bir zamanlayıcıya yanıt vermeleri istendi. Görsel ipucu görüş alanlarında belirdi ve 10 saniye sürdü [289]. İkincil görev tepki süresini izlemenin önemini keşfetmek için, gözden geçirme süresi boyunca 0 dakika, 2.5 dakika ve 5 dakika olarak görsel ipucu sunumundan düğmeye basılmasına kadar geçen süre olarak tanımlanan tepki süresi ölçüldü. Katılımcılar bir yanıtı kaçırdığında, performans sonuçlarındaki boşlukları ve tepki süresi tahminlerindeki yanlışlıkları önlemek için tepki süresini "11 saniye" olarak kabul edildi [289].

5.5.3 Duyuşsal Faktörlerin Ölçülmesi

Bu çalışmada, farklı duyuşsal teorilerin ekseninde özerklik, yeterlilik bileşenlerinin incelemesi yapılır. Özerkliğin ölçülebilmesi için katılımcılardan SSG uygulamasından önce ve sonra içsel motivasyon düzeylerini puanlamaları istendi. Yeterliliklerinin ölçülmesi için SSG uygulamasından önce ve sonra öz-yeterliliklerini puanlamaları istendi. Ayrıca duyuşsal faktörlerin etkisini karşılaştırmak için algılanan keyif de SSG uygulamasından sonra katılımcılara uygulandı.

Deney katılımcılarının içsel motivasyon düzeylerinin belirlenebilmesi adına Ryan ve ekibinin geliştirdiği [292] İçsel Motivasyon Envanteri kullanılmıştır. Bu ölçek 32 maddelik 7'li likert tipi bir ölçektir ve 6 alt boyuttan oluşmaktadır: İlgi Duyma/Hoşlanma, Algılanan Yeterlik, Çaba/Önem, Baskı/Gerilim, Algılanan Seçme Hakkı ve Değer/Fayda. Yapılan incelemeler doğrultusunda önceki SSG çalışmalarında bu ölçeğin ilgi duyma ve hoşlanma boyutunun kullanıldığı fark edildi [84], [187], [190]. Teorik tartışmanın tutarlı olması için bu çalışmada da benzer bir yol izlendi. Katılımcıların öz-yeterliklerinin belirlenebilmesi için Pintrich (1991) tarafından geliştirilen öz-yeterlik ölçeği kullanıldı. Ayrıca SSG uygulaması tamamlandıktan sonra son test içerisinde algılanan keyif [294] üç madde ile ölçüldü. İçsel motivasyon envanterinin [295], öz-yeterlilik ölçeğinin [296] ve algılanan keyif [297] Türkçe geçerlilik ve güvenirlik çalışmaları yürütülmüştür.

5.5.4 Öğrenme Çıktılarının Değerlendirilmesi

Çalışmada öğrenme çıktıları iki biçimde test edilmiştir. Bunlardan biri, SSG performans sahnesindeki görev tamamlama süreleri ve bu sahnedeki hata sayılarının geliştirilen sistem tarafından otomatik olarak toplanmasıdır. Bir diğeri ise öğrencilerin bilgilerinin incelendiği ön-bilgi testi ve SSG görevlerinden sonra uygulanan çizim testidir. Ön-bilgi testi iki grup arasında var olan farklılıkları kontrol etmek için kullanıldı. Ön bilgi testi olarak belirlenen bir arka plan testi uygulandı. Çünkü öğrencilerin dersten sonra bir öğretim biçimi olarak cevaplar oluşturmaya yönelik bir test etkisinin yaratılması istenmedi [190]. Bu arka plan testinde öğrencilere, SSG'de uygulanan ters teras çatı ve duvar bileşimindeki fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenlerin türleri ve detaydaki katman sıraları soruldu. Eğitim sürecinin sonrasında, öğrencilere 1/10 ölçekli bir teknik kesit çizimi uygulandı. Çizim testinin sonuçları, bu çalışmada geliştirilen Mimari Teknik Çizim Değerlendirmesi için Dereceli Puanlama (Rubrik) Anahtarının (MTÇ-DPA) değiştirilmiş bir biçimi kullanıldı. Çünkü bu MTÇ-DPA formu bir teknik çizim paftasındaki birden fazla çizimin bir arada kullanılmasının değerlendirilmesine destek olmaktadır. Ancak bu çalışmada sadece 1/10 ölçekli bir teknik kesit çizimi uygulandığından, formdaki yardımcı çizgiler, tarama-temsili alanı ve mekân yazıları kriterleri değerlendirme dışında bırakıldı. Geri kalan kriterler arasında ise taramalar, ölçülendirme, referans işaretler ve pafta düzeni kriterleri ve alt-kriterleri

1- 0 (var-yok) biçiminde olarak daha kesin bir şekilde değerlendirildi. Diğer kriterlerde ise MTÇ-DPA formundaki değerlendirme yapısı kullanıldı.

5.6 Bulgular

Çalışmada kullanılan ölçekler için Cronbach alfa kullanılarak güvenilirlik katsayıları hesaplandı. Sonuçlar, içsel motivasyon ölçeğinin ön test ve son test için sırasıyla 0,74 ve 0,89 güvenilirlik değerlerine sahip olduğunu ve öz yeterlilik ölçeğinin ön test ve son test için sırasıyla 0,89 ve 0,93 değerlerine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca, algılanan keyif 0.87 güvenilirlik değerine sahiptir.

5.6.1 Ön-test Bulguları ve Grupların Demografik Yapısı

Öğrencilerin cinsiyetleri ile uzamsal beceri düzeyi (yüksek-düşük) arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yapılan ki-kare ilişki testi sonucuna göre, cinsiyet ile uzamsal beceri düzeyi arasındaki anlamlı bir ilişkiye rastlanmadı; $X^2 (1, N = 32) = 1.16, p = .28$. Öğrencilerin yaşları ile uzamsal beceri düzeyi (yüksek-düşük) arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yapılan bağımsız t-test testi sonucuna göre, uzamsal beceri düzeyi ile yaş arasındaki anlamlı bir ilişkiye rastlanmadı; $t (23.315) = 1.555, p = .133$. İki gruba uygulanan bilgi testinde ise, fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşenler ve teras çatı-duvar bileşim detayındaki yapı ürünleri katman sıralaması bilgisinde sorulara doğru cevap veren olmadı. Çünkü öğrenciler bu çalışma kapsamında oluşturulan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelindeki yapı ürünleri sınıflandırmasını daha önce görmediler. Ayrıca öğrenciler, daha önce bir yapı ögesi olan çatı üzerine eğitim de almadılar. Dolayısıyla, iki grup temel özellikler bakımından farklılık göstermediler.

5.6.2 Gruplar Arası Kullanılabilirlik İncelemesi

SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretiminde, SKÖ puanları yüksek uzamsal becerili öğrenciler ($\bar{x} = 88.59, ss = 7.63$) ve düşük uzamsal becerili öğrenciler ($\bar{x} = 85.46, ss = 6.53$) için ayrı ayrı incelendi. Puan ortalamaları sistem kullanılabilirliğinin iki grup için de oldukça iyi düzeyde olduğunu göstermektedir. Yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin SKÖ puanları bağımsız örneklem t-testi ile karşılaştırıldığında ise istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa rastlanmamaktadır (Tablo 5.4).

Tablo 5.4 Kullanılabilirlik ortalama puanları ve standart sapmaları

Hipotez ölçümü	Gruplar				sd	t	p
	Yüksek uzamsal beceri (N:16)		Düşük uzamsal beceri (N:16)				
	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma			
Sistem kullanılabilirlik ölçeği	88,59	7,63	85,46	6,53	30	1,244	p = .22

Katılımcıların açık uçlu sorulara verdikleri cevaplar incelendiğinde, 18 öğrenci 2B çizimin 3B modelle tam aynı konumda olmasının ikisinin bir arada rahatça gözlemleyebilme açısından oldukça olumlu olduğunu ifade etti. Ayrıca tüm öğrenciler tarafından belirtilen bir diğer olumlu özellik, SSG uygulamasında tüm genel akışın belirli bir sistematik ile ilerlemesinin oldukça öğretici olduğudur. Öğrenciler tarafından belirtilen bu sistematik akış, yapı ürünlerinin belirli bir bileşen sınıfı doğrultusunda montajını, monte edilen yapı ürününün 2B çizimde konumunun belirtilmesi, açıklayıcı ve yardımcı metinlerle deneyimin desteklenmesini içermektedir.

Geliştirilmesi gereken özelliklere bakıldığında, deney esnasında 8 öğrenci, SSG sistemini kullanmaya başladıklarında ışınlanma özelliğine biraz zor alıştıklarını belirtti. Ayrıca deney sonrasında, 2 öğrenci de benzer durumu açık uçlu sorularda vurguladı. Deney esnasında 6 öğrencinin, ilk SSG sahnesinde el kontrolörlerinde ışınlanma tuşu ile sanal nesne tuşunu karıştırdıkları gözlemlendi. Ayrıca açık uçlu sorularda 5 öğrenci, ekranlı kaskın ağır olduğundan bahsetti.

5.6.3 Gruplar Arası Bilişsel Yük Düzeyleri İncelemesi

Yüksek uzamsal becerili ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin SSG görev esnasında ve sonrasındaki farklı bilişsel yük seviyeleri bağımsız örneklem t-testi ile karşılaştırıldı (Tablo 5.5). Bu bilişsel yükler ikincil görev zamanları, NASA-RTLX ölçeği ve Paas görev zorluğu ve zihinsel çaba ölçekleri ile incelendi. İnceleme sonuçlarına göre yüksek uzamsal becerili öğrenciler ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin farklı bilişsel yük türlerine ait skorlarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur.

Tablo 5.5 Bilişsel yük düzeyleri ortalama puanları ve standart sapmaları

Hipotez ölçümü	Gruplar				sd	t	p
	Yüksek uzamsal beceri (N:16)		Düşük uzamsal beceri (N:16)				
	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma			
İlk ikincil görev değeri	1,431	0,317	1,494	0,541	30	-0,398	p = .69
İkinci ikincil görev değeri	1,342	0,346	1,448	0,355	30	-0,856	p = .39
Üçüncü ikincil görev değeri	1,258	0,352	1,277	0,249	30	-0,173	p = .86
Ortalama ikincil görev değeri	1,344	0,243	1,41	0,32	30	-0,626	p = .53
NASA-RTLX Ölçeği	21,87	14,8	25,37	11,73	30	-0,739	p = .46
Paas görev zorluğu ölçeği	2,5	1,32	2,19	1,05	30	0,743	p = .31
Paas zihinsel çaba ölçeği	2,94	1,29	2,88	1,71	30	0,117	p = .91

Öğrencilerin NASA-RTLX değerleri ve ortalama ikincil görev değerleri arasındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yapılan Pearson korelasyon testi sonucuna göre (Tablo 5.6), NASA-RTLX ölçeği ile ortalama ikincil görev değerleri arasında doğrusal bir ilişkiye rastlanmadı ($r = .297$, $p = .99$). Ancak, yürütülen Spearman korelasyon testi sonucuna göre, NASA-RTLX değerleri ile Paas görev zorluğu ölçeği ve Paas zihinsel çaba ölçeği arasında sırasıyla $r = .355$, $p = .04$ ve $r = .555$, $p = .001$ değerlerine sahip orta düzeyde, pozitif yönde doğrusal bir ilişki vardır. Yapılan regresyon analizlerinde NASA-RTLX'in ortalama ikincil görev değeri, görev zorluğu ve zihinsel çaba ölçeğini yordama gücünün olmadığı görüldü.

Tablo 5.6 NASA-RTLX ve diğer değerler arasındaki Pearson korelasyon testi

	Sayı	Ortalama	Standart sapma	1	2	3	4
1-NASA-RTLX Ölçeği	32	23,62	13,25	1	0,297	0,355*	0,555**
2-Ortalama ikincil görev değeri	32	1,38	0,278				
3-Paas görev zorluğu ölçeği	32	2,34	1,18				
4-Paas zihinsel çaba ölçeği	32	2,91	1,49				

* $p < .05$ ** $p < .01$

5.6.4 Gruplar Arası Duyuşsal Faktörlerin İncelemesi

Yüksek uzamsal becerili ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin SSG sonrasındaki ve öncesindeki öz-yeterlik ve içsel motivasyon puan farkları bağımsız örneklem t-testi ile karşılaştırıldı (Tablo 5.7). Bu inceleme sonuçlarına göre yüksek uzamsal becerili öğrenciler ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin öz-yeterlik ve içsel motivasyon puan farklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılığa ulaşılamadı.

Tablo 5.7 Öz-yeterlik ve içsel motivasyon ortalama puan farkları ve standart sapmaları

Hipotez ölçümü	Gruplar				sd	t	p
	Yüksek uzamsal beceri (N:16)		Düşük uzamsal beceri (N:16)				
	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma			
Öz-yeterlik Farkı	0,53	0,51	0,72	0,73	30	-0,871	p = .39
İçsel Motivasyon Farkı	0,36	0,48	0,28	0,45	30	0,484	p = .63

Algılanan keyfin hesaplanmasında, bağımsız gruplar parametrik t testi uygulamak uygun olmadığı için Mann-Whitney U testi uygulandı (Tablo 5.8). Mann-Whitney U testi sonucuna göre, SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretiminde yüksek uzamsal beceriye sahip öğrenciler ile düşük uzamsal beceriye sahip öğrencilerin algılanan keyif puanları açısından anlamlı bir farklılık yoktur (U: 144, p= .564).

Tablo 5.8 Algılanan keyif sıralar ortalaması

Hipotez ölçümü	Gruplar		U	p
	Yüksek uzamsal beceri	Düşük uzamsal beceri		
	N:16	N:16		
Algılanan keyif Farkı	Sıralar Ortalaması: 15,5	Sıralar Ortalaması: 17,5	144	.564

5.6.5 Gruplar Arası Öğrenme Çıktılarının İncelemesi

Tablo 5.9’da öğrenme çıktıları karşılaştırmaları sunulmaktadır. Yüksek uzamsal becerili ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin SSG görev tamamlama süreleri bağımsız örneklem t-testi ile karşılaştırıldığında düşük uzamsal becerili öğrencilerin görev tamamlama sürelerinin ($\bar{x}$ = 9.5, ss = 2,54) yüksek uzamsal

becerili öğrencilerin görev tamamlama sürelerinden ($\bar{x} = 6.97$, $ss = 1.49$) istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek olduğu gözlemlendi; $t(30) = -3.768$, $p < .001$, $d = 1.38$. Hesaplanan etki büyüklüğü, aradaki farkın çok büyük seviyede bir etki büyüklüğüne sahip olduğuna işaret etmektedir. Sonuçlar, yüksek uzamsal becerili öğrencilerin daha hızlı şekilde görevi tamamladıklarını desteklemektedir. SSG performans aşamasında öğrencilerin yaptıkları hata sayılarının karşılaştırılmasında da yüksek uzamsal becerili öğrencilerin hata sayılarının ($\bar{x} = 3.63$, $ss = 2.82$), düşük uzamsal becerili öğrencilerin hata sayılarından ($\bar{x} = 11$, $ss = 7.55$) istatistiksel olarak anlamlı şekilde daha az olduğu gözlemlendi; $t(19,116) = -3.658$, $p = .016$. Hesaplanan etki değeri ($d = 1.67$), farkın çok büyük olduğunu göstermektedir. Benzer biçimde, SSG performans testi sonrasındaki çizim testi sonuçları karşılaştırıldığında, yüksek uzamsal becerili öğrencilerin çizim testi puanlarının ($\bar{x} = 20.25$, $ss = 3.09$) düşük uzamsal becerili öğrencilerin puanlarından ($\bar{x} = 11.56$, $ss = 3.78$) istatistiksel olarak anlamlı şekilde yüksek olduğu gözlemlendi; $t(30) = -3.658$, $p = .000$, $d = 2.6$. Hesaplanan etki büyüklüğü aradaki farkın çok büyük olduğunu gösterdi. Tüm bu sonuçlar, öğrenme performans değerlendirmelerini belirleyen etmenler açısından değerlendirildiğinde yüksek uzamsal becerili öğrencilerin SSG performansında ve sonrasındaki çizim testinde daha yüksek başarı gösterdiğini desteklemektedir.

Tablo 5.9 Öğrenme çıktıları ortalama puanları ve standart sapmaları

Hipotez ölçümü	Gruplar				sd	t	p	d
	Yüksek uzamsal beceri (N:16)		Düşük uzamsal beceri (N:16)					
	Ortalama	Standart sapma	Ortalama	Standart sapma				
SSG görev tamamlama süresi	6,97	1,49	9,5	2,24	30	-3,768	p < .001	1,38
SSG’de hata sayısı	3,63	2,82	11	7,55	19,116	-3,658	p = .016	1,67
Çizim testi sonucu	20,25	3,09	11,56	3,78	30	7,124	p = .000	2,6

5.7 Bölüm Tartışması

Çalışmanın bu aşamasında ilgili bulgulara yönelik bilimsel tartışma, bu bölümde farklı başlıklar altında yürütülür. Bunlardan birincisi SSG öğretim modelini

etkileyen ilgili kullanılabilirlik bulguları, bilişsel/duyuşsal faktörler, öğrenme çıktılarının yorumlanmasıdır. Bir diğeri pratik uygulama ve metodolojik uygulamanın yorumlanmasıdır. Bu bölümlerin ardından çalışmanın kısıtlılıkları incelenir. Tablo 5.10’da gelecek çalışmalar için öneriler sunulmaktadır. Gelecek bölümlerde bu öneriler detaylı şekilde tartışılmaktadır.

Tablo 5.10 SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretimi için öneriler

İlgili faktör etkilerinin geliştirilmesi
Farklı gezinme türlerinin SSG görevleri için incelenmesi
Bilişsel yük türlerinin farklı objektif yöntemlerle (mobil cihazlar) incelenmesi
NASA ölçeklerinin hangi faktörleri inceleyeceğinin net şekilde belirlenmesi
Uzamsal beceri düzeyinin SSG içerisinde öğrenme performansına olan etkisini azaltmak için görev tekrarı, gezinmenin kolaylaştırılması gibi önlemler alınmalı
SSG’de uzamsal beceri düzeyi, medya türü, etkileşim ve eylemlilik değişkenlerinin öğrenme çıktılarına olan etkilerinin gelecek çalışmalarda incelenmesi
Pratik uygulama önerileri
Ders müfredatının belirli bölümünde SSG’nin başka medya araçlarıyla beraber kullanılması ya da sınıf ortamı yerine daha küçük gruplarla uygulaması
SSG sistemlerinin güncel biçimiyle, yapı ürünleri montajı gibi pratik ve uygulamalı konularda eğitim müfredatının tamamında bulunması yerine önemli bir destekleyici araç olarak kullanılması
Metodolojik uygulama önerileri
SSG uygulamalarında geri besleme verilmesine dikkat edilmeli
Düşük uzamsal beceriye sahip öğrencilerinin daha fazla geri beslemeyle desteklenmeleri ve daha fazla sayıda uygulama tekrarı yapmaları

5.7.1 SSG-Tabanlı Öğretim Modelinde İlgili Faktörlerin Etkileri

SSG uygulamasında kullanılabilirlik açısından iki grup arasında istatistiksel anlamda bir fark ortaya çıkmadı. Ayrıca, her iki grup açısından da SKÖ puan ortalamalarının mevcut literatürdeki değerlere göre [52] oldukça iyi seviyede olduğu (Tablo 5.4) gözlemlendi. Bu nedenle, iki uzamsal beceri düzeyine sahip öğrenciler açısından sistemin yapı ürünleri öğretimi için kullanılabilir olduğu söylenebilir. SSG uygulamasının bir önceki bölümde incelenen (Tablo 4.2) birinci versiyonun sonrasında gezinme özellikleri, sanal alan kısıtlılıklarının yaratılması ve kullanıcıya daha fazla yürümeye izin verme biçiminde bu versiyonda geliştirildi. Bu geliştirmeler, mevcut literatürdeki gezinme özelliklerinin [130], [158] SSG öğrenme uygulamalarına etkisi göz önünde bulundurularak yapıldı. Ancak SSG sisteminin bu ikinci versiyonunda da gezinmeyi sağlayan ışınlama özelliğinin bazı kullanıcılarda problem yarattığı gözlemlendi. Bu nedenle, SSG’de yapı ürünleri

öğretimi gibi karmaşık görevlerin gerçekleştirilmesinde kullanıcıların görevleri ayakta tamamlaması yerine oturarak ve literatürdeki alternatif SSG gezinme özellikleriyle [298] gerçekleştirmeleri yararlı olabilir.

Bu çalışmada mimarlık öğrencilerinin uzamsal beceri türü Berkowitz vd.[20]'nin mimarlık alanı için geliştirdikleri test ile belirlendi. Bu test öğrencilerin mimarlıkla ilgili uzamsal becerilerini uzamsal görselleştirme ve zihinsel görselleştirme üzerinden analiz eder. Mevcut çalışan bellek modellerine göre, uzamsal yetenekler, büyük ölçüde çalışan bellek kaynaklarına dayanır [299]. Ancak mevcut literatürde çok az sayıda çalışma, uzamsal beceri ve bilişsel yük faktörlerini birlikte incelemiştir. MMII/TY alanında ise bilişsel yük ve uzamsal beceriyi SSG uygulamaları için bir arada inceleyen çalışmaya rastlanmadı (bakınız Bölüm 2-Tartışma). SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretiminde mimarlık öğrencilerinin uzamsal beceri düzeyine göre dışsal, içsel ve asıl bilişsel yük düzeyleri istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedi. Çalışmada, yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin dışsal bilişsel yükünü ölçmeyi hedeflemiş olan ikincil görev zamanlarında istatistiksel olarak bir farklılık olmamasının nedeni bu çalışmada yürütülen kullanılabilirlik analizleriyle açıklanabilir. Dışsal bilişsel yük bilginin sunulma biçimi ve öğretim materyalinde öğrencinin ne yapması gerektiğiyle doğrudan ilgilidir [9]. Bu da herhangi bir öğretim sisteminin kullanılabilirlik seviyesinin iyi durumda olmasını gerektirir. Bu çalışmada kullanılabilirlik, ilgili literatür araştırması, ilk versiyon SSG sisteminin uzmanlarla incelenmesi ve ikinci versiyon SSG sisteminin uzmanlarla incelenmesi ve bu incelemeler doğrultusunda uygulamanın yeniden geliştirilmesiyle sağlandı. Tablo 5.4'deki yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrencilerin SKÖ puan ortalamaları da göz önünde bulundurulduğunda uzamsal beceri düzeyine göre dışsal bilişsel yükün anlamlı bir farklılık göstermemesi tutarlı görünmektedir. İçsel bilişsel yük, öğrenilmesi gereken görevlerin tür ve zorluklarıyla veya öğrencilerin uzmanlığıyla ilişkili bir bilişsel yük türüdür [9]. Bu çalışmada içsel bilişsel yükün ölçülmesi için SSG performans deneyi sonrasında Paas'ın görev zorluğunu ölçen ve Türkçe dilinde doğrulanmış tek maddelik ölçek [279] kullanıldı. Bu ölçek aracılığıyla ölçülen içsel bilişsel yük, yüksek ve düşük uzamsal becerili öğrenciler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedi (Tablo 5.5). Bu durum iki farklı şekilde açıklanabilir. Birincisi, bu çalışmadaki SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeli

bilişsel yük teorisine dayanan dört bileşenli ve on adımlı öğretim modeline [10] göre tasarlandı. Dolayısıyla, SSG öğretim modelindeki tüm öğretim görevleri öğrencilerin bilişsel kaynaklarına göre düzenlendi. Örneğin, dört bileşenli ve on adımlı öğretim modeline öğrenciler SSG eğitimi öncesinde videolarla ön bilgi almış ve SSG için oluşturulan senaryoda tüm öğrenme görevleri adımlara ayrıldı. Ayrıca eğitim süresince öğrenciler çeşitli geri besleme ve yönlendirmelerle desteklendi. Bu durum, öğrenme görevlerini her iki grup için de etkili ve basitleştirilmiş hale getirerek içsel yükün kontrol edilmesinde etken olmuş olabilir. İkinci olarak ise, kullanılan tek maddeli ölçeğin içsel bilişsel yükü ölçmesindeki etki düzeyinden kaynaklanıyor olabilir. Önceki literatürde, içsel yükün doğrudan olmayacak şekilde farklı objektif yöntemlerle de ilişkili olabileceğinden bahsedilmektedir [287]. Tablo 5.9'daki SSG esnasındaki hata sayıları ve SSG görev tamamlama süreleri ortalamalarının uzamsal beceri düzeyine göre istatistiksel farklılıkları düşünüldüğünde, içsel bilişsel yükün farklı objektif yöntemlerle (mobil cihazlar) değerlendirilmesi gerekebilir. Çalışmada diğer bilişsel yük türlerine benzer şekilde Paas zihinsel çaba ölçeğiyle belirlenen etkili bilişsel yüklerde de uzamsal beceri düzeyine göre anlamlı bir farklılığa rastlanmadı. Bu bulgu bilişsel yük teorisinin etkili bilişsel yükün, kendi başına bir yük empoze etmek yerine, görevin dışsal yönlerinden içsel yönlerine yeniden dağıtıcı bir işleve sahip olduğu güncel yaklaşımıyla örtüşmektedir [9]. SSG sisteminin kullanılabilirlik düzeyi yüksek olduğu ve dışsal bilişsel yük düzeyinde anlamlı bir farklılık çıkmadığı ve her iki grup için öğrenciler görevin kendisiyle aktif biçimde ilgilenebilmiş ve bu nedenle etkili bilişsel yük için her iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşmamış olabilir.

Bir diğer inceleme NASA-RTLX ölçeği ile bilişsel yükü ölçen diğer subjektif ölçekler ve objektif yöntemler arasındaki korelasyon analiz üzerine oldu (Tablo 5.6). Bu incelemeler doğrultusunda, NASA-RTLX ölçeğinin önceki bulgulardan farklı olarak [283], dışsal yükse duyarlı olmadığı içsel ve etkili bilişsel yüklerle de orta düzeyde ilişkili olduğu ortaya çıktı. Bu ölçek, MMİİ/TY alanındaki SSG çalışmalarında kullanılmaktadır [124], [134], [137], [169], [178]. Ancak, NASA-RTLX'in bilişsel yük türleriyle ilişkisi net olmadığından MMİİ/TY alanında kullanılacak NASA ölçeklerinin hangi faktörleri inceleyeceği net olarak belirlenmelidir.

Bölüm 2’de belirtildiği üzere MMİİ/TY alanındaki mevcut çalışmalar, bir bireysel farklılık olan uzamsal beceri düzeyinin SSG’deki öğrenme süreçlerinde duyuşsal faktörler üzerine etkilerini net bir şekilde incelememişlerdir. Literatürdeki bu boşluk nedeniyle çalışmada incelenen ve önemli bir bireysel farklılık olan uzamsal beceri düzeyine göre içsel motivasyon, öz-yeterlik ve algılanan keyif düzeyi istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermedi (Tablo 5.7 ve Tablo 5.8).

SSG görevi esnasında görev tamamlama süresi, hata sayısı ve SSG sonrasında çizim becerilerinin birbirleriyle tutarlı biçimde istatistiksel olarak uzamsal beceri düzeyine göre farklılık göstermesi önemlidir (Tablo 5.9). Bu durumun literatürdeki farklı alanlardaki çalışmalarla örtüştüğü söylenebilir [186], [250]. Uzamsal beceri düzeyine göre öğrenme performans ve kazanımlarındaki farklılık, birkaç farklı etmenden kaynaklanmış olabilir. Ortamdaki nesnelerin içsel/dışsal ve statik/dinamik özelliklerinin mekansal analizleri doğal öğrenme süreçleridir; ancak bu özelliklerin öğrenenler arasında farklı şekilde analiz edilmesi onların öğrenmesini de farklı şekilde etkileyebilir [186]. Öncelikle SSG içerisinde birbiriyle ilişkili 2B ve 3B nesne ilişkilerini içeren farklı görevler bulunmaktadır. Bu görevler arasında, 2B sanal elemanları kavrama (ürün sınıflarının grafikleri), 2B mimari detay çizimlerini irdeleme, 3B elemanları yerleştirme (vekil ürün sınıfları diskleri) ve 3B yapı ürünlerinin montaj sırasını kavrama bulunmaktadır. SSG içerisinde, 3B-montaj görevleri ve 2B-çizim görevlerinin bir zamansal dizgi içerisinde gerçekleştirilen görevlerin nispeten karmaşık içeriğe sahip olması, karmaşık nesnelerin üç boyutlu uzayda görselleştirilmesi ve zihinsel dönüşümünü içeren mimari uzamsal becerinin düzeyi açısından bir etken oluşturmuş olabilir. Tüm görev dizgesinin nispeten karmaşık adımları içeriyor olmasına rağmen, öğrencilerin tümü 3B modelin 2B çizimlerle bir arada aynı sistem içerisinde ve art arda görevler olarak sunulmasını oldukça olumlu buldu.

Diğer bir olası etken, SSG’nin 3B bir ortama sahip olması ve burada görevlerin gezinerek gerçekleştirilmesi, düşük uzamsal becerili öğrencilerde dikkat dağıtıcı bir etki yaratarak öğrenme performanslarına da olumsuz şekilde etkilemiş olabilir. Literatürdeki önceki çalışmalar, öğrenme performansları açısından SSG ile geleneksel yöntemleri kıyasladıklarında (medya karşılaştırması), geleneksel yöntemlerde öğrenmenin daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır [83], [187], [190]. Ayrıca literatürde medya türünün neden olduğu etkileşim [83], [187]

ve eylemlilik düzeyine [82] göre öğrenmenin negatif etkilendiğine dair kanıtlar da bulunmaktadır. Bu çalışmalarda, SSG sistemlerinin görsel efektlerinin ve arayüz kullanım özelliklerinin (gezinme ve sanal nesne kontrolü) öğrenen kişide yaratabileceği öğretimsel olmayan dış etkilere neden olabileceğine vurgu yapılmaktadır. Dahası, MMİİ/TY eğitiminde gezinmenin rolüne dair önceki bulgular serbest gezinmenin öğrenme performansını olumsuz etkilediğini [158] ya da uzamsal oryantasyon becerisini geliştirmede [130] göstermektedir. W. Li vd. [158]'nin bulguları doğrultusunda, bu çalışmada bir önceki bölümde tariflenen biçimde (Şekil 2.11) gezinme işlemleri için çeşitli düzenlemeler yapıldı. Ancak bu düzenlemeler düşük uzamsal becerili öğrenciler için yeterli olmamış olabilir. Diğer yandan bu durum, çalışmada incelenen dışsal bilişsel yük düzeyi açısından (Tablo 5.5) doğrulanamadı. Ayrıca literatürdeki önceki kanıtlar medya farklılıklarının etkilerini incelediklerinden tek başlarına uzamsal beceri düzeyine göre öğrenme performansları farklılıklarını anlamamızda yeterli değildir. Tüm bu nedenlerden dolayı, uzamsal beceri düzeyinin SSG içerisinde öğrenme performansına olan etkisini azaltmak için görev tekrarı, gezinmenin kolaylaştırılması gibi önlemler almak önemlidir. Dahası, SSG'de uzamsal beceri düzeyi, medya türü, etkileşim ve eylemlilik değişkenlerinin öğrenme çıktılarına olan etkilerinin gelecek çalışmalarda incelenmesi önemlidir.

5.7.2 Pratik Uygulama

Bu çalışmadaki SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeli önerisinin sınıf ortamında kullanımına yönelik bir tartışma önemlidir. Bu çalışmanın sonuçlarına göre öğrencilerle yürütülen deney süreleri göz önüne alındığında, sadece SSG-tabanlı bir yapı ürünleri öğretim sürelerinin tüm ders müfredatı boyunca sürdürülebilmesinin güçlükleri bulunmaktadır. Teorik ve pratik birçok farklı aşamayı içeren yapı ürünleri gibi kompleks konularda, diğer öğretim medyasının yerine sadece SSG'de verilecek derslerin özellikle bu çalışmadaki kompleks içeriklere benzer dersler için henüz faydalı olmayabilir. Çalışmada dört bileşenli ve on adımlı öğretim modeline göre farklı bilgi türleri ve destekleyici enformasyon biçimleri (Tablo 5.3) çeşitli öğretim medya ve dokümanları aracılığıyla öğrencilere sunuldu. Yine de SSG'de gerçekleştirilen görev sürelerinin uzunluğu düşünüldüğünde, SSG sistemlerinin yapı ürünleri öğretimi gibi çok sayıda görev aşamalarını içerek konularda yaygın kullanım için pratik kullanım sağladığı

söylenemez. Bu nedenle SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin bir ders müfredatının tamamında kullanılması yerine ders müfredatının belirli bölümünde başka medya araçlarıyla beraber kullanılmasının ya da sınıf ortamı yerine daha küçük gruplarla uygulamanın daha yararlı olabileceğini düşünmekteyiz. Ayrıca farklı alanlardaki önceki bulgular da bu durumu destekler niteliktedir [86], [187].

Öğrenciler SSG-tabanlı öğretim modelinin algılanan keyif, içsel motivasyon ve öz-yeterlik gibi duyuşsal faktörler açısından tatmin edici olduğunu belirttiler. Ancak öğrencilerin bir kısmı kask ve el kontrolörleri açısından da ergonomisi problemleri yaşadılar. SSG eğitim sahnesinden sonra 8 öğrenci kask ergonomi problemlerinden dolayı dinlenme isteklerini belirttiler. Bu durumun gelişen teknolojinin hızına bağlı olarak iyileşmesi oldukça mümkündür. Yine de uzun saatler aynı konu üzerinde üretimin gerçekleştiği mimarlık eğitimi alanında sadece SSG sistemlerinin kullanılabilmesi pek olası görünmemektedir. Bu nedenle, SSG sistemlerinin güncel biçimiyle, yapı ürünleri montajı gibi pratik ve uygulamalı konularda eğitim müfredatının tamamında bulunması yerine önemli bir destekleyici araç olarak kullanılabileceği görülmektedir.

5.7.3 Metodolojik Uygulama

SSG uzman kullanıcı testlerinde ve öğrencilerle yürütülen pilot testlerde, katılımcılara geri besleme verilmeden görevleri kendi başlarına tamamlamaları istendi. Fakat bu denemelerde, bir önceki SSG versiyonunda ulaşılan bulgularda olduğu gibi (Tablo 4.2) katılımcılar, ilgili montaj görevlerini gerekli talimatları takip etmeden sürdürdüler. Yani yürütülen kullanılabilirlik testlerinde katılımcılar, ilgili montaj görevlerini sadece hangi nesneyi yerleştireceğini belirten yönlendirmeler doğrultusunda otomatize ederek tamamlamaya çalıştılar. Bu nedenle, SSG öğretimindeki her montaj aşamasında, katılımcılardan ilgili ürün sınıfı ipuçları talimatından sonra ürünün fonksiyonel ya da tamamlayıcı bileşenden hangisi olduğunu sesli olarak tahmin etmeleri istendi. Böylece görevi yürüten katılımcının her ürünün montaj aşamasından önce ilgili ürün sınıfı üzerine düşünmesi gerekti. Yanlış tahmin ettiklerinde ise doğru ürün sınıfıyla ilgili açıklama yapıldı. Tüm bu nedenlerden dolayı, SSG versiyon 1 ve versiyon 2 uygulamalarıyla verilen öğretimde geri beslemenin önemi ortaya çıktı. Dört bileşenli ve on adımlı öğretim metodunda belirtilen destekleyici enformasyon ve

öğrenmeyi destekleyen geribildirimlerin önemi [10], uzman testleri ve pilot öğrencilerle yürütülen testlerde ortaya konuldu.

SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinde, öğrencilerin uzamsal beceri düzeylerinin öğrenme görevleri (SSG tamamlama süreleri ve hata sayısı) ve eğitim görevleri (çizim testi) açısından birbirleriyle tutarlı biçimde farklılık oluşmasını dikkate almak gerekmektedir. Bu bulgulara göre (Tablo 5.9), düşük uzamsal beceriye sahip öğrencilerinin daha fazla geri beslemeyle desteklenmeleri ve daha fazla sayıda uygulama tekrarı yapmaları SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretiminin verimliliğini arttırabilir. Bu durum, uzmanlık seviyesine göre destek ve rehberliğin düzeyinin ayarlanmasına vurgu yapan dört bileşenli ve on adımlı öğretim metodolojisine dayanan [10] SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretiminin verimliliğini arttırabilir.

Öğrencilerle yürütülen deneylerde, yapı ürünleri sınıflandırmalarına yönelik geliştirilmesi gereken etmenler de ortaya çıktı. SSG performans sahnesinde, öğrencilerden yirmi biri, benzer hiyerarşi düzeyinde olan yapı öğeleri ve süreksizlik noktası ayrımını belirten aşamada hata yaptılar. Bu nedenle sınıflandırmada yapı öğelerinin süreksizlik noktasıyla ayrımının net bir şekilde öğrencilere belirtilmesi önemlidir. Ek olarak, yapı ürünlerinin bir mimari detayda kullanım amaç düzeyine göre bulunan fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşen ilişkisinin bazı öğrenciler tarafından kavramsal olarak kavranmasında zorluklar ortaya çıkmıştır. Bu nedenle fonksiyonel ve tamamlayıcı bileşen adlandırması ana bileşenler ve yardımcı bileşenler olarak değiştirilebilir. Ayrıca, tamamlayıcı bileşenlerden olan yüzey koruma ifadesinin çoğu öğrenci tarafından görev esnasında kaplama bileşeniyle karıştırılıp fonksiyonel bileşen olarak anlamlandırılmaya çalışılması yapı ürünleri sınıflandırmasıyla ilgili bir diğer problem oldu. Bu yüzden yüzey koruma ifadesi lineer koruma ya da bölgesel koruma olarak adlandırılabilir. Benzer biçimde, taşımaya destek ifadesini taşıma destek/sağlamaştırma olarak değiştirilmesi sınıflandırmada daha kapsayıcı bir kavramsal yapı sağlayabilir.

5.7.4 Çalışma Kısıtlılıkları ve Gelecek Çalışmalar

Uygulamanın tek bir okulda gerçekleştirilmiş olması bu çalışmanın bir kısıtlılığı olabilir. Öğrencilerle yürütülen çalışma, Türkiye’de yaşanmış olan bir deprem sonrasında gerçekleştirildi. Bu nedenle, tüm Türkiye’deki üniversitedeki dersler

online olarak gerçekleştiği için az sayıda öğrenciye ulaşılabildi. Ayrıca az sayıda öğrenciye ulaşılabilmesinin bir diğer nedeni de deney sürecinin 3-4 saat arasında sürmesinden dolayı çoğu öğrencinin deneye vakit ayırmama isteği oldu. Bu nedenle iletişime geçilen toplam 52 öğrenciden 35'i ile deney gerçekleştirilebildi. Bunlardan 3 kişi pilot deney katılımcısıydı. Gelecek çalışmalarda farklı üniversitelerden ve daha fazla sayıda öğrenciyle deneyin gerçekleştirilmesi çalışmanın sonuçların daha anlamlı şekilde ortaya konmasını sağlayabilir.

Deneyde bilişsel yük ölçmek için NASA-RTLX ve Paas ölçeklerine ek olarak objektif biçimde ikincil görev yükleri kullanıldı. Tek maddelik Paas ölçeğinin işel ve etkili bilişsel yüknü ölçecek şekilde uyarlanması neredi, İngilizce dilindeki diğer subjektif bilişsel yükü ölçeklerinin Türkçe dilinde uyarlamalarının bulunmamasıydı. Gelecek çalışmalarda daha objektif ve güncel bilişsel yükü ölçen araçların kullanılması bu çalışmanın sonuçlarını geliştirebilir. Ayrıca gelecek araştırmalar, farklı SSG görev zorluklarıyla bilişsel yükü ilişkisini de uzamsal beceri düzeyi açısından inceleyebilirler.

Bu alışma, en genel biçimde yürütülen literatür incelemeleri doğrultusunda ortaya çıkan ihtiyaçtan dolayı, SSG-tabanlı bir uygulamanın yapı ürünleri öğretimine yönelik geliştirilme ve değerlendirilme süreçlerini kapsamaktadır. Bu doğrultuda SSG-tabanlı yapı ürünleri ğretim modeli uzamsal beceri gibi mimarlık eğitiminde önemli bir bireysel özelliğe göre incelenmiş ve kullanılabilirliği her iki grup için de kabul görmüştür. Bu verimlilik hem kullanılabilirlik puanlarında anlamlı bir farklılık çıkması hem de kullanılabilirlik puanının her iki grup için de iyi seviyede olması açısından değerlendirebilir. Ayrıca bilişsel yükü değerlerinin de iki grup açısından oldukça düşük seviyelerde kalması ve anlamlı farklılık yaratmaması bu sonucu destekler niteliktedir. Ancak bu çalışmada SSG-tabanlı ğretim modeli, mevcut yapı ürünleri ğretim modeliyle karşılaştırmalı incelenmemiştir. Bunun iki nedeni vardır. Üstte belirtildiği üzere çalışmanın iki temel amacının, SSG-tabanlı sistemin geliştirilmesi ve ğretim modelinin oluşturulmasıdır. Bir diğer neden ise deney sürelerinden dolayı nispeten az sayıda öğrencinin deneye katılma istekliliğini belirtmiş olmasıdır. Bu nedenle gelecek çalışmalarda SSG-tabanlı ğretim modeli mevcut ğretim modeliyle karşılaştırmalı olarak incelenebilir.

6 SONUÇ

Birçok alanda olduğu gibi, mimarlık alanı da bir süredir sarmalayıcı teknolojileri profesyonel meslek alanına ve eğitim uygulamalarına adapte etmeye çalışmaktadır. Bu sarmalayıcı teknolojilerden biri olan SSG araçları diğer sarmalayıcı teknolojilere göre daha yüksek görsel konfor, etkileşim deneyimi [39], sarmalayıcı etki [40], mesafe algısı [41] ve bulunuşluluk [42] sunmaktadır. Bu nedenle de SSG mimarlıkta eğitim uygulamaları için farklı olanaklılıklar üzerinden kullanım potansiyeli taşımaktadır. Bu araçlar, öğretim teknolojisi ve eğitim psikolojisi alanlarında, sarmalayıcı öğretim ortamları olarak on yıllardır araştırılmaktadır. Bu alanlar, SSG araçlarının mimarlık, mühendislik gibi uygulamalı eğitim alanlarında dikkat edilmesi gereken pedagojik ve teknik faktörlere yön göstermektedir. Mimarlık eğitiminde SSG üzerine yürütülen araştırmalarda, öğrenme teori/modellerine ve farklı bilişsel/duyuşsal faktörlere yönelik bilimsel araştırma eksikliği, bu doktora tezinin yürütülmesinde etken rol oynamaktadır. Bu doğrultuda bu doktora tezi çalışması, genel anlamıyla mevcut öğretim teknolojisi, eğitim psikolojisi ve MMİİ/TY alanlarında SSG üzerine önceki bulguların ışığında fikir, gözlem ve analiz üretmeyi amaçlar. Bu çalışmada Bölüm 2 ve 5 arasında, “ilgili SSG literatürünün sistematik biçimde incelenmesi”, “mimarlıkta teknik çizim ve dokümantasyon değerlendirme için rubrik geliştirme”, “SSG-tabanlı uygulamanın geliştirilmesi ve analizi”, “SSG-tabanlı öğretim modeli uygulamasının tasarlanması ve değerlendirmesi” olmak üzere dört aşama sunulmuştur. Bu tezin her bir aşamasında ortaya çıkan bulguların bölüm sonlarında teorik ve pratik uygulama tartışmaları, mevcut literatür bulgularıyla yürütülmüştür.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, MMİİ/TY eğitimi için SSG teknolojilerinin (kablolu ve PC-bağımlı) uygulanmasına odaklanan sistematik bir literatür incelemesi yürütülmüştür. Belirli temel faktörlere veya alanlara odaklanan önceki sistematik incelemelerin aksine, bu bölümdeki literatür incelemesi tüm MMİİ/TY kullanım durumlarını kapsamakta ve öğrenme teorilerini/modellerini, tüm temel faktörleri ve deneysel tasarımı içermektedir. Bu bölümde sistematik literatür incelemesinin kapsamı MMİİ/TY alanına genişletilmiştir. Böylece SSG kullanımı

üzerine yürütülen daha fazla sayıda çalışmaya ulaşarak, mimarlık eğitiminde SSG kullanımı için daha kapsamlı bulgulara ulaşmak hedeflenmiştir. Bu SLİ, SSG'de öğrenmenin girdi-süreç-çıktı aşamaları (SG-GSÇ) modelinden uyarlanan araştırma sorularını tanımlamaktadır [49]. Bilişsel yük teorisine [9], medya ile öğrenmenin bilişsel-duyuşsal teorisine [36] ve sarmalayıcı öğrenmenin bilişsel-duyuşsal modeline [82] dayanmaktadır.

Gelecek çalışmalarda araştırmacılar bu SLİ'nin bulgularını MMİİ/TY eğitiminde pratik deneyler geliştirmek için kullanmayı düşünebilirler. Öğretim teknolojisi ve eğitim psikolojisi temelindeki temel faktörler bu SLİ'de sentezlenmiş ve analiz edilmiştir. Bu SLİ'nin sonuçları, tüm MMİİ/TY eğitiminin mevcut durumunun daha net anlaşılmasına katkıda bulunmakta ve gelecekteki araştırma önerilerine rehberlik etmektedir. Toplam 79 adet konferans bildirisi ve dergi makalesi, tüm MMİİ/TY kullanım durumlarındaki SSG'leri analiz ederek tanımlanmıştır. Yürütülen sistematik literatür incelemesinde, bu çalışmanın sonraki aşamalarının yürütülmesine etki eden bulguları aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür:

- MMİİ/TY eğitimindeki birçok SSG çalışması, veri toplama ve değerlendirme yöntemleri açısından bilimsel titizlikten yoksundur (Şekil 2.10). Öğretim uygulaması kararları için bir başlangıç rampası olarak kullanılabilecek daha geçerli sonuçlar elde edebilmek için temel faktörlerin değerlendirmelerinin bilimsel titizliğini iyileştirmek bir zorunluluktur. Bu nedenle, çalışmanın üçüncü bölümünde öğrencilerin SSG-tabanlı eğitim uygulamasından sonra, çizim testlerinin daha objektif biçimde analiz edilmesine yönelik bir dereceli puanlama anahtarı (rubrik) geliştirilmiştir.
- MMİİ/TY literatüründe SSG'nin kullanılabilirliğinin iyi seviyelerde olduğu çalışmalarda ([116], [140]–[142], [144], [152], [153], [160], [161], [185]), kullanılabilirliğin iyi seviyede olmadığı çalışmalara göre ([135], [143]) diğer medya türlerine kıyasla SSG kullanımında daha yüksek öğrenme performansı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, bir öğretim aracı olarak SSG-tabanlı uygulamanın verimliliğini sağlamak için çalışmanın dördüncü bölümünde, uygulamanın özellikle teknik özelliklerinin incelendiği kullanılabilirlik çalışmalarına odaklanılmıştır.
- SLİ'nin bir bulgusu, MMİİ/TY'de SSG üzerine mevcut çalışmaların öğrenme teorilerinin/modellerini yeterince kullanmadığını göstermektedir

(Şekil 2.7 ve Şekil 2.11). SSG çalışmalarında kapsamlı eğitim stratejileri geliştirmek için öğrenme teorilerinin/modellerinin uygulanması önemlidir. Bu bulgunun ışığında, tezin beşinci bölümünde SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeli oluşturmada etkili bir öğretim stratejisi belirlemek için 4B/10A öğretim modeli temel alınmıştır. 4B/10A öğretim modeli bilişsel yük teorisine dayanmakta [10] ve önceki ampirik kanıtlar doğrultusunda farklı alanlardaki öğretim modellerinin tasarlanabilmesine olanak tanımaktadır.

- SLİ'nin bir diğer bulgusuna göre, cinsiyet, acemi/uzman gibi bireysel farklılıkların etkisi, SSG kullanım durumları için bazı çalışmalarda incelenmesine rağmen (Şekil 2.11), öğrenenin ortamdaki nesnelerin içsel/dışsal ve statik/dinamik özelliklerinin bilgisini gerektiren uzamsal beceri (bireysel farklılık faktörü) düzeyinin [186] diğer faktörler üzerinde etkisi incelenmemiştir. Dahası, uzamsal beceri düzeyi, karmaşık nesnelerin üç boyutlu uzayda görselleştirilmesi ve zihinsel dönüşümü işlemlerini gerektirdiğinden 2B çizimleri ve 3B sanal modellerinin sıklıkla kullanan MMİ/TY alanında farklı eğitim konuları açısından oldukça önemli bir faktördür. Bu nedenle, çalışmanın beşinci bölümünde SSG-tabanlı öğretim uygulamasının verimliliği öğrencilerin uzamsal beceri düzeylerinin diğer faktörlere olan etkisiyle analiz edilmiştir.
- SSG'de etkili öğrenme yöntemleri geliştirmek için görev türünü, görev karmaşıklığını, sanal ortam tasarımını ve SSG araçlarının ergonomisini bilişsel faktörler açısından dikkate almak gerekir. Ayrıca SLİ bulgularına göre bilişsel faktörleri inceleyen 11 çalışma arasında (Şekil 2.8) sadece üç çalışma bilişsel yük türlerini uygulamış [137]–[139] (Şekil 2.7) ve iki çalışma haricinde ([137] ve [139]) diğer çalışmalar bilişsel yük türleri arasında bir ayırım yapmamışlardır. MMİ/TY alanındaki bazı SSG çalışmalarında ([124], [134], [137], [169], [178]) NASA ölçekleri bilişsel yük ölçümü için kullanılmıştır. Ancak farklı alandaki önceki bulgular, NASA ölçeklerinin toplam bilişsel yük veya bilişsel yük türleri ölçme konusundaki ilişkinin belirgin olmadığını deneysel çalışmalar ile ortaya koymuşlardır [283], [284]. Bu sebeplerden dolayı çalışmanın beşinci bölümünde öğrencilerin içsel, dışsal ve etkili bilişsel yük seviyelerini belirlemek ve NASA-RTLX ölçeğinin bilişsel yük türleriyle ilişkisini

incelemek amaçlarıyla bilişsel yük faktörü deneysel çalışmaya dahil edilmiştir.

- Mevcut SSG çalışmalarında, SSG'nin duyuşsal faktörleri olumlu yönde etkilediği konusunda fikir birliği vardır (Şekil 2.11). Dahası mevcut çalışmalar, SSG-tabanlı etkili öğrenme yöntemleri geliştirmek için öğrenme performansıyla ilişkili bilişsel ve duyuşsal faktörlerin derinlemesine incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, çalışmanın beşinci bölümünde deneysel çalışmaya, duyuşsal faktörler de (içsel motivasyon, öz-yeterlik ve algılanan keyif) dahil edilerek SSG-tabanlı öğretim modelinin verimliliğinin daha kapsamlı şekilde analiz edilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmanın üçüncü bölümünde, literatürdeki önceki çalışmalar ve pilot bir öğrenci uygulamasıyla mimari teknik çizim değerlendirmesi için dereceli puanlama (rubrik) anahtarı (MTÇ-DPA) hazırlanmıştır. Sonrasında, bu form 13 alan uzmanının görüşlerine değiştirilmiş Delphi metodu ve açık uçlu sorular aracılığıyla sunulmuştur. Değiştirilmiş Delphi metodu uzmanlara üç tur sunulmuş ve her turdaki uzman görüşleri MTÇ-DPA formunun geliştirilmesine katkı sağlamıştır. Bu bölümde kullanılan değiştirilmiş Delphi metodu yöntemi ve geliştirilen MTÇ-DPA formuyla ilgili sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Uygulanan değiştirilmiş Delphi metodunun, öğrenci bilgisinin örtük ve sübjektif yöntemlerle değerlendirildiği yöntemlerin yerine açık ve metodolojik bir biçimde ölçülebildiği dereceli puanlama anahtarı gibi performansa dayalı durum belirleme yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceği ortaya konmuştur. Çalışmanın bu aşaması, mimarlık eğitiminde değiştirilmiş Delphi metodunun öğrenci bilgisinin niteliğini gerçekçi bir şekilde değerlendirmeye olanak tanıyan yeni yöntemlerin geliştirilmesi [207] için etkili bir strateji sunduğunu göstermiştir. Ancak gelecek çalışmalarda bu metodun mimarlık eğitimindeki farklı konular için kullanım sürecinde, zaman planlaması konusunda etkili stratejilerin geliştirilmesi önemlidir.
- Mimarlık eğitiminde mevcut mimari teknik çizim ve dokümantasyon değerlendirmesi üzerine kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır [196], [197]. Ayrıca literatürdeki çalışmalarda, öğrencilerin yapı detay bilgi kazanım seviyeleri çoktan seçmeli testler ve açık uçlu sorular [160], [182], [200]

aracılığıyla ölçüldüğünden bu çalışmada sunulan dereceli puanlama anahtarı daha objektif ölçüme izin verir. Bu çalışmada oluşturulan dereceli puanlama anahtarının farklı uygulamalar için kullanmanın nedeni iki yönlü olabilir. Bu dereceli puanlama anahtarı, tasarım stüdyoları, mimari detay tasarımı araştırmaları ve sanal gerçeklik/artırılmış gerçeklik gibi medya araştırmalarında ön- ve son-test uygulamaları gibi bağlamlarda ve durumlarda kullanılabilir. İkinci olarak, bu dereceli puanlama anahtarı tasarım stüdyoları, yapı teknolojileri ve ürünleri derslerinde öğrencilere açık ve ölçülebilir biçimde geri besleme sağlayabilecek kriterleri detaylı olarak sunmaktadır.

- Son olarak, bu dereceli puanlama anahtarı bu alanda yürütülecek çalışmalar için sistematik bir başlangıç görevi görebilir. Bu dereceli puanlama anahtarındaki kriterler, geleneksel bilgisayar destekli tasarım sistemleri ya da yapı bilgi modelleme sistemleri için belirlenecek mimari detay tasarımı öğretim metotları için kapsayıcı bir rolü üstlenebilir. Gelecek çalışmalar, belirledikleri detay tasarımı öğretim metotlarında bu ölçekteki kriterleri geliştirerek veya revize ederek kendi çalışmalarına adapte edebilirler.

Çalışmanın dördüncü bölümünde, SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretimi için versiyon 1 ve versiyon 2 üzerinden iki ayrı uygulamanın tasarımı ve kullanılabilirliği incelenmiştir. Tasarlanan versiyon 1 sisteminin kullanılabilirliği 8 alan uzmanıyla incelenmiştir. Uzmanlardan edinilen SKÖ puan ortalamasına göre versiyon 1'in iyi derecede olduğu görülmüştür. Bu versiyonun kullanılabilirliğinin daha iyi bir seviyeye ulaşması için uzmanların belirttiği ve video kayıtlarda gözlemlenen bulgular doğrultusunda geliştirilmesi gereken önemli özellikler (Tablo 4.2) aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Gezinme işlemlerinin ışınlamayla gerçekleştirilmesinin yön bulmayı olumsuz etkilemesi nedeniyle sanal alan kısıtlamalarının ya da alternatif gezinme biçimlerinin oluşturulmasının gerekliliği ortaya çıkmıştır.
- Montaj işlemlerinde 1:1 ölçekli sanal obje kullanımı, ilgili montaj görevlerinin yürütülmesinde zorluk yarattığı için göz hizasında kalacak daha küçük ölçeklerin belirlenmesi ilgili görevlerinin akışının problemsiz şekilde yürütülmesine katkı sağlayabilir.

- Uygulama versiyon 1'deki montaj görevlerinin katılımcılar tarafından sadece yönlendirmelerin kullanılarak otomatize edilmesi, öğrenmeye potansiyel engel oluşturabileceği için yeni önlemlerin alınması gerekti. Bu durumun öğrenmeye potansiyel engel oluşturabileceği öngörülmüştür. Bu nedenle literatürdeki mevcut detay tasarlama yöntemleri [24]–[28] ve yapı ürünleri sınıflandırmalarının [29]–[31] incelendi. Bu detaylı incelemeler doğrultusunda yeni bir yapı ürünleri sınıflandırması oluşturuldu. Bu yeni yapı ürünleri sınıflandırması, uygulama versiyon 2'de problem çözmeye teşvik edici görev dizgelerinin oluşturulmasına olanak tanıdı.

Bu yapı ürünleri sınıflandırması, bir mimari detayda kullanılabilecek yapı ürünlerini belirli bir hiyerarşi ve işlevsellik doğrultusunda kategorilere ayırmaktadır. Ayrıca bu sınıflandırma, SSG-tabanlı öğretim modelinin uygulanmasında farklı özelliklerle destek sağlamıştır:

- Oluşturulan sınıflandırma, versiyon 2'deki farklı yapı ürünleri ve detay tiplerine uygulanabilir montaj kurgusuna imkan tanıdı.
- Bölüm 5'de incelenen SSG-tabanlı yapı ürünleri metodunda öğretilecek konuların, içeriğinin sistematik ve hiyerarşik biçimde belirlenmesine yardımcı oldu.

Çalışmada önerilen bu sınıflandırma, gelecek çalışmalarda SSG-tabanlı uygulamaların yanı sıra diğer yapı ürünleri öğretim modellerinde de kullanım potansiyeli taşımaktadır. Ancak bu sınıflandırmanın geleneksel öğretim yöntemleri ve/veya diğer sarmalayıcı teknolojilerde kullanım pratikliğinin gelecek çalışmalarda değerlendirilmesi, sınıflandırmanın verimliliğini anlamak açısından önemlidir.

SSG-tabanlı uygulama versiyon 2, yeni yapı ürünleri sınıflandırması ve mevcut detay tasarlama yöntemleri doğrultusundan tasarlandı ve 12 alan uzmanıyla SKÖ ve nitel veriler aracılığıyla incelendi. Uzmanlardan edinilen SKÖ puan ortalamasına göre versiyon 2'in kullanılabilirliğinin çok iyi derecede olduğu görüldü. Açık uçlu soruların nitel analiz bulgularına incelendiğinde, uzmanların belirttikleri geliştirilmesi gereken özellikler dikkate alınarak sanal mekan ergonomisi iyileştirildi. Ek olarak SSG sistemindeki yapı ürünleri sınıflandırmaları

tablolarında grafiksel düzenlemeler yapıldı. Çalışmanın bu bölümüyle ilgili genel çıkarımlar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- SSG-tabanlı öğretim uygulamalarının tasarlanma sürecinde, version 1 ve 2'nin geliştirilmesi gereken özellikler bulgularına göre, sanal ortamda gezinme özelliklerinin, 2B çizim grafiklerinin, sistem animasyonlarının ve sanal obje ölçeklerinin ilgili öğretim görevlerinde katılımcıların deneyimlerini bölmeyecek şekilde seçilmesi gerekmektedir.
- SSG-tabanlı öğretim uygulamalarının tasarlanma sürecinde, sistemin etkili eğitim stratejilerine uygun hale getirilebilmesi için ilgili ders konularındaki mevcut metot ve sınıflandırmalar detaylı şekilde analiz edilmeli ve SSG-tabanlı uygulama senaryolarının bu metot ve sınıflandırmalara dayanarak oluşturulması gerekmektedir.

Son olarak çalışmanın beşinci bölümünde, dördüncü bölümdeki kullanılabilirlik bulgularının göz önünde bulundurulduğu ve dört bileşenli on adımlı öğretim metoduna dayanan SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim metodu tasarlandı. Tasarlanan bu metodun verimliliği mimarlık eğitiminde önemli bir bireysel farklılık faktörü olan uzamsal beceri düzeyi üzerinden incelendi. SSG-tabanlı yapı ürünleri metodu yüksek ve düşük uzamsal beceri düzeyine sahip öğrencilerle kullanılabilirlik, bilişsel yük, duyuşsal faktörler ve öğrenme performansları açısından yarı deneysel bir düzende test edildi. İncelenen bu faktörler, daha önce de belirtildiği üzere ikinci bölümdeki literatür incelemesi bulgularına dayalı biçimde belirlendi. 3 öğrenciyle pilot test gerçekleştirildi ve deneysel sürecin potansiyel engellerine karşı önlemler alındı. Ardından, 32 mimarlık öğrencisinin SSG-tabanlı yapı ürünleri metodunu deneyimlediği deneyde ön koşul, mimari teknik resim dersini başarıyla tamamlamış olmaları olarak belirlendi. Berkowitz vd. [20]'nin uzamsal beceri testi sonuçlarına göre öğrencileri yüksek ve düşük uzamsal beceri düzeyine göre sınıflandırmak için medyan bölme kullanıldı. Tüm bu deney süreci, Şekil 5.4'de detaylı olarak sunulmaktadır.

Bu bölümdeki yarı deneysel çalışmanın bulguları göz önünde bulundurulduğunda ortaya çıkan önemli sonuçlar aşağıdaki gibidir:

- Uzmanlarla yürütülen kullanılabilirlik testleri ve üç öğrenciyle yürütülen pilot testlerde ilgili eğitmen tarafından sunulan geribeslemenin, sistem yönlendirmelerinin neden olduğu ve öğrenme sürecinde potansiyel engel oluşturan görevlerin otomatize edilmesi sürecinin önüne geçtiği görüldü. Bu nedenle gelecek çalışmalarda, sanal ortamdaki avatarlar ya da gerçek kişiler tarafından sunulacak farklı geri besleme biçimlerinin etkilerinin araştırılması önemlidir.
- Tablo 5.4'teki bulgular, SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin uzamsal beceri düzeyleri açısından kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Bu durum Bölüm 2'deki literatür incelemeleri doğrultusunda SSG sistemlerinin geliştirilmesi sürecinde versiyon 1 ve 2 için uzmanlarla yürütülen kullanılabilirlik testlerinin olumlu sonuç vermesinden kaynaklanan olası bir bulgudur. Dahası, SSG sisteminin teknik faktörler açısından verimli olduğunu gösteren önemli bir bulgudur.
- Deney bulgularına göre uzamsal beceri düzeyinin içsel, dışsal ve etkili bilişsel yük türleri üzerinde anlamlı bir farklılık oluşturmadığı gözlemlendi. Bu durum aşağıdaki etmenlerle açıklanabilir:
 - Bu çalışmada kullanılan ikincil görev performansı, önceki çalışmalara göre dışsal bilişsel yükün ölçülmesine duyarlıdır [276], [287]. Çalışma sürecinde, SSG öğretim uygulaması bölüm 2'deki kullanılabilirlikle ilgili mevcut bulgular ve bölüm 4'teki uzmanlarla yürütülen kullanılabilirlik bulguları göz önünde bulundurularak öğrencilere uygulandı. Bu nedenle öğretim prosedürleri ve kullanılabilirlikle ilgili olan dışsal bilişsel yük, öğrencilerle yürütülen deney öncesinde mevcut teorik ve pratik bulgular doğrultusunda kontrol altına alındı.
 - Uzamsal beceri düzeyleri açısından içsel ve etkili bilişsel yük ortalamalarında anlamlı bir farklılığın ortaya çıkmaması iki biçimde açıklanabilir. İlk olarak, sunulan yapı ürünleri öğretim modeli 4B/10A'lı öğretim modeline göre tasarlandı. Bu model ise bilişsel yük teorisine dayanmaktadır. Dolayısıyla SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeli, bilişsel yük teorisini esas alan önceki ampirik kanıtlara dayanmaktadır. Bu nedenle, SSG-tabanlı öğretim modeli, bilişsel yük açısından etkili bir strateji sunmaktadır.

Bu bulgunun diğerk bir olası açıklama ise, deneyde kullanılan tek maddeli Paas ölçeğinin Türkçe’de doğrulanmış tek ölçek olması ve görece eski bir ölçek olmasıdır. Gelecek çalışmalarda, mimarlık eğitiminde bilişsel yük araştırmaları farklı ölçek ve mobil araçlarla yürütülebilir.

- SSG-tabanlı öğretim modelinin uygulanması sonrasındaki ölçümlere göre, NASA-RTLX değerleri ile Paas görev zorluğu ve zihinsel çaba ölçekleri arasında orta düzeyde, pozitif yönde doğrusal bir ilişki tespit edildi (Tablo 5.6). Bu bulgu doğrultusunda ve MMİİ/TY alanında bilişsel faktörleri görece net olmayan biçimde NASA ölçekleriyle inceleyen önceki çalışmalar düşünüldüğünde ([124], [134], [137], [169], [178]), gelecek çalışmaların NASA ölçeklerini kullanma amaçlarını net bir şekilde ortaya koymaları önemlidir.
- SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modelinin uygulanmasında, uzamsal beceri düzeyinin farklılığı duyuşsal faktörler açısından anlamlı bir farklılık ortaya çıkmadı (Tablo 5.7 ve 5.8). Literatürdeki öğretim teknolojileri alanındaki önceki bulgular doğrultusunda [83], [187], [190], bu sonucun olası olduğu söylenebilir.
- Son olarak, yüksek ve düşük uzamsal beceri düzeyli öğrenciler arasında hem SSG performans sürecinde hem de SSG performans sahnesi sonrasındaki çizim test ortalamalarında anlamlı farklılıklar ortaya çıktı (Tablo 5.9). Bu bulgular, karmaşık nesnelerin üç boyutlu uzayda görselleştirilme ve zihinsel dönüşüm süreçlerini içeren uzamsal beceri düzeyinin, SSG’de 3B montaj ve 2B çizim inceleme gibi bir zamansal dizgedeki görece karmaşık görevler açısından farklılaşmaya etkisi olduğunu gösterdi. Bu nedenle mimarlık eğitiminde yapı ürünleri montajı gibi kompleks öğretim görevlerinde, öğrencilerin uzamsal beceri düzeyine göre ilgili görevin tekrarlarla ve daha etkin geribeslemelerle pekiştirilmesi önemlidir. Bu yöntemler, düşük uzamsal becerili öğrencilerin öğrenme performansları pozitif biçimde etki edebilir.

Beşinci bölümde sunulan 4B-10A modele dayanan ve yarı-deneysel çalışma ile test edilmiş SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim modeli literature aşağıda belirtilen biçimlerde farklı açılardan katkı sağlamaktadır:

- Sistematik literatür incelemelerinde, ampirik kanıtlara ve bilişsel yük teorisine dayana dört bileşenli ve on adımlı metodun MMİ/TY eğitiminde bir uygulamasına rastlanmadı (Şekil 2.7). Bu nedenle, bu çalışmada 4B/10A metoda dayalı geliştirilen SSG-tabanlı yapı ürünleri öğretim metodolojisi benzer mimarlık konularında da bu metodun uygulanması için öncü olabilir.
- Deneysel çalışma sonrasındaki bulgular doğrultusunda SSG-tabanlı öğretim modeli uygulamasında, uzamsal beceri düzeyinin kullanılabilirlik, bilişsel yük türleri ve duyuşsal puan farkları ortalamalarına etki etmediği mimarlık eğitimi için verimli öğretim modeli ortaya konmuştur. Bu çalışmadaki öğretim modelinin geliştirilmesi gereken yönleri ve öğrenme performansına olan etkisinin, gelecek çalışmalarda yazar tarafından araştırılması planlanmaktadır.
- Deneysel süreçte yüksek ve düşük uzamsal beceri düzeyine göre öğrencilerin öğrenme performans ortalamalarında ortaya çıkan anlamlı farklılık, mimarlık eğitimi açısından bu bireysel farklılığın önemini ortaya koymuştur. Bu nedenle düşük uzamsal becerili öğrencilerin, bu çalışmadaki öğretim modeline benzer uygulamalarda farklı geribesleme biçimleriyle desteklenmeleri önemlidir.
- Ayrıca, bu çalışmadaki bilişsel yük üzerine yürütülen deneyler mimarlık eğitiminde bir öncü olabilir. Çalışmadaki Türkçe dilinde geçerliliği ve güvenilirliği kabul edilmiş subjektif bilişsel yük ölçekleriyle yürütülen deneyler, gelecek çalışmalarda farklı objektif ölçek ve araçlarla tekrarlanabilir. Böylece, mimarlık eğitiminde oldukça kısıtlı biçimde incelenmiş olan (Şekil 2.11) bu faktör üzerine daha kapsamlı bulgulara ulaşılabilir.

-
- [1] A. Prabhakaran, A.-M. Mahamadu, and L. Mahdjoubi, "Understanding the challenges of immersive technology use in the architecture and construction industry: A systematic review," *Autom. Constr.*, vol. 137, 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2022.104228.
 - [2] E. Van Dooren, J. Van Merriënboer, H. P. A. Boshuizen, M. Van Dorst, and M. F. Asselbergs, "Architectural design education: In varietate unitas," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 28, no. 2, pp. 431–449, 2018, doi: 10.1007/s10798-017-9396-1.
 - [3] A. M. Salama, *Spatial design education: New directions for pedagogy in architecture and beyond*. Glasgow: Routledge, 2016.
 - [4] U. Hettithanthri and P. Hansen, "Design studio practice in the context of architectural education: a narrative literature review," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, pp. 1–22, 2021, doi: 10.1007/s10798-021-09694-2.
 - [5] P. A. Ertmer and T. J. Newby, "Behaviorism, cognitivism, constructivism: Comparing critical features from an instructional design perspective," *Perform. Improv. Q.*, vol. 26, no. 2, pp. 43–71, 2013, doi: 10.1002/piq.21143.
 - [6] F. Lam, "The Socratic method as an approach to learning and its benefits," Carnegie Mellon University, 2011. [Online]. Available: <https://kilthub.cmu.edu/ndownloader/files/12212393>
 - [7] P. A. Kirschner, J. Sweller, and R. E. Clark, "Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching," *Educ. Psychol.*, vol. 41, no. 2, pp. 75–86, 2006, doi: 10.1207/s15326985ep4102_1.
 - [8] P. M. Newton and A. Salvi, "How common is belief in the learning styles neuromyth, and does it matter? A pragmatic systematic review," in *Frontiers in Education*, 2020, vol. 5, p. 270. doi: 10.3389/feduc.2020.602451.
 - [9] J. Sweller, J. J. G. van Merriënboer, and F. Paas, "Cognitive architecture and instructional design: 20 years later," *Educ. Psychol. Rev.*, pp. 1–32, 2019, doi: 10.1007/s10648-019-09465-5.
 - [10] J. J. G. Van Merriënboer and P. A. Kirschner, *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design*. Routledge, 2012. doi: 10.4324/9780203096864.
 - [11] R. G. Koçyiğit, "Bilgi Kuramı Bağlamında Mimarlık Bilgisi ve Mimarlıkta Bilimsellik Sorunu," in *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Araştırmaları*, Ö. P. Biçer, Ed. 2018, pp. 25–39.
 - [12] J. W. Robinson, "The form and structure of architectural knowledge: From practice to discipline," in *The Discipline of Architecture*, A. Piotrowski and J. W. Robinson, Eds. University of Minnesota Press Minneapolis, 2001, pp. 61–82.

- [13] B. S. Bloom, M. D. Engelhart, E. J. Furst, W. H. Hill, and D. R. Krathwohl, *Handbook I: cognitive domain*. New York, 1956.
- [14] L. W. Anderson and B. S. Bloom, *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. Longman, 2001.
- [15] R. J. Marzano and J. S. Kendall, *The new taxonomy of educational objectives*. Thousand Oaks: Corwin Press, 2006.
- [16] J. Frerejean, J. J. G. van Merriënboer, P. A. Kirschner, A. Roex, B. Aertgeerts, and M. Marcellis, "Designing instruction for complex learning: 4C/ID in higher education," *Eur. J. Educ.*, vol. 54, no. 4, pp. 513–524, 2019, doi: doi.org/10.1111/ejed.12363.
- [17] B. Eilouti, "Reinventing the wheel: A tool for design quality evaluation in architecture," *Front. Archit. Res.*, vol. 9, no. 1, pp. 148–168, 2020, doi: 10.1016/j.foar.2019.07.003.
- [18] A. Onsman, "Assessing creativity in a 'New Generation' architecture degree," *Think. Ski. Creat.*, vol. 19, pp. 210–218, 2016, doi: 10.1016/j.tsc.2015.07.001.
- [19] J. Y. Cho and J. Suh, "The Architecture and Interior Design Domain-Specific Spatial Ability Test (AISAT): its Validity and Reliability," *J. Inter. Des.*, 2021, doi: 10.1111/joid.12211.
- [20] M. Berkowitz, A. Gerber, C. M. Thurn, B. Emo, C. Hoelscher, and E. Stern, "Spatial abilities for architecture: Cross sectional and longitudinal assessment with novel and existing spatial ability tests," *Front. Psychol.*, vol. 11, p. 4096, 2021, doi: 10.3389/fpsyg.2020.609363.
- [21] B. Pasin, "Rethinking the design studio-centered architectural education. A case study at schools of architecture in Turkey," *Des. J.*, vol. 20, no. sup1, pp. S1270–S1284, 2017, doi: 10.1080/14606925.2017.1352656.
- [22] P. Buchanan, "What is wrong with architectural education," *Architectural Review*, vol. 185, no. 1109, EMAP BUSINESS PUBLISHING LTD 151 ROSEBURY AVE, LONDON, ENGLAND EC1R 4QX, pp. 24–26, 1989. [Online]. Available: <https://www.architectural-review.com/today/1989-july-whats-wrong-with-architectural-education-almost-everything>
- [23] J. Semaan, J. Underwood, and J. Hyde, "An investigation of work-based education and training needs for effective BIM adoption and implementation: an organisational upskilling model," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 18, p. 8646, 2021, doi: 10.3390/app11188646.
- [24] R. W. Liebing, *Handbook of Detailing: The Graphic Anatomy of construction*. Austria: Springer, 2009.
- [25] P. Rich and Y. Dean, *Principles of Element Design*. London: Routledge, 1999.
- [26] H. F. O. Müller, "Methodik des Konstruierens und Wahl der Baustoffe," in *Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen*, Springer, 1997, pp. 41–59.
- [27] E. Allen and P. Rand, *Architectural Detailing: Function, Constructibility, Aesthetics*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2016.

- [28] S. Emmitt, J. Olie, and P. Schmid, *Principles of Architectural Detailing*. John Wiley & Sons, 2009.
- [29] P. Darcin, “Mimari Tasarımda Ürün Kararları,” in *Mimarlıkta Malzeme*, M. Dal, Ed. Livre de Lyon, 2022, pp. 1–26.
- [30] A. Balanlı, *Yapıda Ürün Seçimi*. Istanbul: YUMFED Yayını, 1997.
- [31] H. N. Kızılyaprak, “Mimarlıkta yapı ve yapım teknolojileri (MYYT) eğitime yönelik bir yaklaşım ve eğitim materyali önerisi [Proposal For An Approach And Instructional Material For The Education of Construction Technologies In Architecture],” Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 2020. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/348741976_MIMARLIKTA_YAPI_VE_YAPIM_TEKNOLOJILERI_MYYT_EGITIMINE_YONELIK_BIR_YAKLASIM_VE_EGITIM_MATERYALI_ONERISI_DETAYIN_UR_ETICI_DONUSUMSEL_DILBILGISI
- [32] I. Caetano, L. Santos, and A. Leitão, “Computational design in architecture: Defining parametric, generative, and algorithmic design,” *Front. Archit. Res.*, vol. 9, no. 2, pp. 287–300, 2020, doi: 10.1016/j.foar.2019.12.008.
- [33] H. K. Abdullah and B. Hassanpour, “Digital design implications: a comparative study of architecture education curriculum and practices in leading architecture firms,” *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 31, no. 2, pp. 401–420, 2021, doi: 10.1007/s10798-019-09560-2.
- [34] S. Cıkis, “A critical evaluation of mathematics courses in architectural education and practice,” *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 20, no. 1, pp. 95–107, 2010, doi: 10.1007/s10798-008-9064-6.
- [35] F. Kharvari and L. E. Kaiser, “Impact of extended reality on architectural education and the design process,” *Autom. Constr.*, vol. 141, p. 104393, 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2022.104393.
- [36] R. Moreno and R. Mayer, “Interactive multimodal learning environments,” *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 19, no. 3, pp. 309–326, 2007, doi: 10.1007/s10648-007-9047-2.
- [37] G. Makransky and G. B. Petersen, “The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): a Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality,” *Educ. Psychol. Rev.*, pp. 1–22, 2021, doi: 10.1007/s10648-020-09586-2.
- [38] A. Ummihusna and M. Zairul, “Investigating immersive learning technology intervention in architecture education: a systematic literature review,” *J. Appl. Res. High. Educ.*, vol. 14, no. 1, pp. 264–281, 2022, doi: 10.1108/JARHE-08-2020-0279.
- [39] C. Zhou, H. Li, and Y. Bian, “Identifying the Optimal 3D Display Technology for Hands-On Virtual Experiential Learning: A Comparison Study,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 73791–73803, 2020.
- [40] S. Mallaro, P. Rahimian, E. E. O’Neal, J. M. Plumert, and J. K. Kearney, “A comparison of head-mounted displays vs. large-screen displays for an interactive pedestrian simulator,” in *Proceedings of the 23rd ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2017, pp. 1–4.

doi: 10.1145/3139131.3139171.

- [41] M. Ghinea, D. Frunză, J.-R. Chardonnet, F. Merienne, and A. Kemeny, "Perception of absolute distances within different visualization systems: HMD and CAVE," in *International Conference on Augmented Reality, Virtual Reality and Computer Graphics*, 2018, pp. 148–161. doi: 10.1007/978-3-319-95270-3_10.
- [42] A. Leopardi *et al.*, "X-reality technologies for museums: a comparative evaluation based on presence and visitors experience through user studies," *J. Cult. Herit.*, vol. 47, pp. 188–198, 2021, doi: 10.1016/j.culher.2020.10.005.
- [43] S. Tobias, J. D. Fletcher, B. Bediou, A. P. Wind, and F. Chen, "Multimedia learning with computer games," in *The Cambridge handbook of multimedia learning*, California: Cambridge University Press, 2014, pp. 762–784. doi: doi.org/10.1017/CBO9781139547369.
- [44] D. A. Bowman, E. Kruijff, J. J. LaViola Jr, and I. Poupyrev, "An Introduction to 3-D User Interface Design," *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 10, no. 1, pp. 96–108, 2001, doi: 10.1162/105474601750182342.
- [45] J. J. LaViola Jr, E. Kruijff, R. P. McMahan, D. Bowman, and I. P. Poupyrev, *3D user interfaces: theory and practice*. the United States of America: Addison-Wesley Professional, 2017.
- [46] D. Stewart *et al.*, "A modified Delphi study to determine the level of consensus across the European Union on the structures, processes and desired outcomes of the management of polypharmacy in older people," *PLoS One*, vol. 12, no. 11, p. e0188348, 2017, doi: 10.1371/journal.pone.0188348.
- [47] D. Parmigiani *et al.*, "Assessing Global Competence Within Teacher Education Programs. How to Design and Create a Set of Rubrics With a Modified Delphi Method," *SAGE Open*, vol. 12, no. 4, p. 21582440221128790, 2022, doi: 10.1177/21582440221128794.
- [48] A. Revez, N. Dunphy, C. Harris, G. Mullally, B. Lennon, and C. Gaffney, "Beyond forecasting: using a modified delphi method to build upon participatory action research in developing principles for a just and inclusive energy transition," *Int. J. Qual. Methods*, vol. 19, p. 1609406920903218, 2020, doi: 10.1177/1609406920903218.
- [49] C. Koßmann, T. Straatmann, K. Mueller, and K.-C. Hamborg, "Effects of enactment in virtual reality: a comparative experiment on memory for action," *Virtual Real.*, pp. 1–14, 2022, doi: 10.1007/s10055-022-00701-y.
- [50] O. A. Wakita, N. R. Bakhoun, and R. M. Linde, *The Professional Practice of Architectural Working Drawings*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2017.
- [51] K. Styles and A. Bichard, *Working Drawings Handbook*. Oxford: Elsevier, 2004.
- [52] H. Huang and C.-F. Lee, "Factors affecting usability of 3D model learning in a virtual reality environment," *Interact. Learn. Environ.*, pp. 1–14, 2019,

doi: 10.1080/10494820.2019.1691605.

- [53] F. D. K. Ching, *Building Construction Illustrated*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2019.
- [54] K. E. Hedges, *Architectural Graphic Standards Student Edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, 2017.
- [55] D. Plunkett, *Construction and Detailing for Interior Design*, Second Edi. City Road: Laurence King Publishing, 2015.
- [56] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, and P. Group*, “Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement,” *Ann. Intern. Med.*, vol. 151, no. 4, pp. 264–269, 2009, doi: 10.7326/0003-4819-151-4-200908180-00135.
- [57] L. Wang, M. Huang, X. Zhang, R. Jin, and T. Yang, “Review of BIM adoption in the higher education of AEC disciplines,” *J. Civ. Eng. Educ.*, vol. 146, no. 3, p. 6020001, 2020, doi: 10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000018.
- [58] D. Checa and A. Bustillo, “A Review of Immersive Virtual Reality Serious Games to Enhance Learning and Training,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 79, no. 9, pp. 5501–5527, 2020, doi: 10.1007/s11042-019-08348-9.
- [59] B. Schiavi, V. Havard, K. Beddiar, and D. Baudry, “BIM data flow architecture with AR/VR technologies: Use cases in architecture, engineering and construction,” *Autom. Constr.*, vol. 134, p. 104054, 2022, doi: 10.1016/j.autcon.2021.104054.
- [60] G. Nunes de Vasconcelos *et al.*, “Do we still need CAVEs?,” in *37th eCAADe and 23rd SIGraDi Conference*, 2019, pp. 133–142. doi: 10.5151/proceedings-ecaadesigradi2019_474.
- [61] C. Vienne, S. Masfrand, C. Bourdin, and J.-L. Vercher, “Depth Perception in Virtual Reality Systems: Effect of Screen Distance, Environment Richness and Display Factors,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 29099–29110, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2972122.
- [62] E. Rey-Becerra, L. H. Barrero, R. Ellegast, and A. Kluge, “The effectiveness of virtual safety training in work at heights: A literature review,” *Appl. Ergon.*, vol. 94, p. 103419, 2021, doi: 10.1016/j.apergo.2021.103419.
- [63] H. F. Moore and M. Gheisari, “A review of virtual and mixed reality applications in construction safety literature,” *Safety*, vol. 5, no. 3, p. 51, 2019, doi: 10.3390/safety5030051.
- [64] Y. Gao, V. A. Gonzalez, and T. W. Yiu, “The effectiveness of traditional tools and computer-aided technologies for health and safety training in the construction sector: A systematic review,” *Comput. Educ.*, vol. 138, pp. 101–115, 2019, doi: 10.1016/j.compedu.2019.05.003.
- [65] M. Kassem, L. Benomran, and J. Teizer, “Virtual environments for safety learning in construction and engineering: seeking evidence and identifying gaps for future research,” *Vis. Eng.*, vol. 5, no. 1, pp. 1–15, 2017, doi: 10.1186/s40327-017-0054-1.

- [66] J. Wen and M. Gheisari, "Using virtual reality to facilitate communication in the AEC domain: a systematic review," *Constr. Innov.*, 2020, doi: 10.1108/CI-11-2019-0122.
- [67] V. S. Chan, H. N. H. Haron, M. I. B. M. Isham, and F. Bin Mohamed, "VR and AR virtual welding for psychomotor skills: a systematic review," *Multimed. Tools Appl.*, pp. 1–35, 2022, doi: 10.1007/s11042-022-12293-5.
- [68] Y.-T. Sung, H.-Y. Lee, J.-M. Yang, and K.-E. Chang, "The quality of experimental designs in mobile learning research: A systemic review and self-improvement tool," *Educ. Res. Rev.*, vol. 28, p. 100279, 2019, doi: 10.1016/j.edurev.2019.05.001.
- [69] M. Afzal, M. T. Shafiq, and H. Al Jassmi, "Improving construction safety with virtual-design construction technologies-a review," *J. Inf. Technol. Constr.*, vol. 26, pp. 319–340, 2021, doi: 10.36680/j.itcon.2021.018.
- [70] I. Strand, "Virtual Reality in Design Processes:-a literature review of benefits, challenges, and potentials," *FormAkademisk-forskningstidsskrift Des. og Des.*, vol. 13, no. 6, 2020, doi: 10.7577/formakademisk.3874.
- [71] G. Ozcan-Deniz, "Construction management education in cyberspace: a critical review and analysis," *Int. J. Constr. Manag.*, vol. 22, no. 1, pp. 8–18, 2022, doi: 10.1080/15623599.2018.1452099.
- [72] P. Wang, P. Wu, J. Wang, H.-L. Chi, and X. Wang, "A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training," *Int. J. Environ. Res. Public Health*, vol. 15, no. 6, p. 1204, 2018, doi: 10.3390/ijerph15061204.
- [73] X. Li, W. Yi, H.-L. Chi, X. Wang, and A. P. C. Chan, "A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety," *Autom. Constr.*, vol. 86, pp. 150–162, 2018, doi: 10.1016/j.autcon.2017.11.003.
- [74] M. A. Froehlich and S. Azhar, "Investigating virtual reality headset applications in construction," in *The 52nd Associated Schools of Construction Annual International Conference*, 2016, pp. 13–16. [Online]. Available: <http://ascpro0.ascweb.org/archives/cd/2016/paper/CPRT195002016.pdf>
- [75] J. M. D. Delgado, L. Oyedele, P. Demian, and T. Beach, "A research agenda for augmented and virtual reality in architecture, engineering and construction," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 45, p. 101122, 2020, doi: 10.1016/j.aei.2020.101122.
- [76] A. Khan, S. Sepasgozar, T. Liu, and R. Yu, "Integration of BIM and Immersive Technologies for AEC: A Scientometric-SWOT Analysis and Critical Content Review," *Buildings*, vol. 11, no. 3, p. 126, 2021.
- [77] S. Safikhani, S. Keller, G. Schweiger, and J. Pirker, "Immersive virtual reality for extending the potential of building information modeling in architecture, engineering, and construction sector: systematic review," *Int. J. Digit. Earth*, vol. 15, no. 1, pp. 503–526, 2022, doi: 10.1080/17538947.2022.2038291.
- [78] M. K. Khalil and I. A. Elkhider, "Applying learning theories and

- instructional design models for effective instruction,” *Adv. Physiol. Educ.*, vol. 40, no. 2, pp. 147–156, 2016, doi: 10.1152/advan.00138.2015.
- [79] C. Girvan and T. Savage, “Virtual worlds: A new environment for constructionist learning,” *Comput. Human Behav.*, vol. 99, pp. 396–414, 2019, doi: 10.1016/j.chb.2019.03.017.
- [80] T. Puolitaival and L. Kestle, “Teaching and learning in AEC Education-the Building Information Modelling factor,” 2018.
- [81] A. Besné *et al.*, “A systematic review of current strategies and methods for BIM implementation in the academic field,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 12, p. 5530, 2021, doi: 10.3390/app11125530.
- [82] G. B. Petersen, G. Petkakis, and G. Makransky, “A study of how immersion and interactivity drive VR learning,” *Comput. Educ.*, p. 104429, 2022, doi: 10.1016/j.compedu.2021.104429.
- [83] G. Makransky, T. S. Terkildsen, and R. E. Mayer, “Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning,” *Learn. Instr.*, vol. 60, pp. 225–236, 2019, doi: 10.1016/j.learninstruc.2017.12.007.
- [84] G. Makransky, S. Borre-Gude, and R. E. Mayer, “Motivational and cognitive benefits of training in immersive virtual reality based on multiple assessments,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 35, no. 6, pp. 691–707, 2019, doi: 10.1111/jcal.12375.
- [85] G. Makransky and L. Lilleholt, “A structural equation modeling investigation of the emotional value of immersive virtual reality in education,” *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 66, no. 5, pp. 1141–1164, 2018, doi: 10.1007/s11423-018-9581-2.
- [86] J. Parong and R. E. Mayer, “Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality,” *J. Comput. Assist. Learn.*, 2020, doi: 10.1111/jcal.12482.
- [87] B. Dalgarno and M. J. W. Lee, “What are the learning affordances of 3-D virtual environments?,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 41, no. 1, pp. 10–32, 2010, doi: 10.1111/j.1467-8535.2009.01038.x.
- [88] M. Slater, “Measuring presence: A response to the Witmer and Singer presence questionnaire,” *Presence*, vol. 8, no. 5, pp. 560–565, 1999, doi: 10.1162/105474699566477.
- [89] G. Makransky, L. Lilleholt, and A. Aaby, “Development and validation of the Multimodal Presence Scale for virtual reality environments: A confirmatory factor analysis and item response theory approach,” *Comput. Human Behav.*, vol. 72, pp. 276–285, 2017, doi: 10.1016/j.chb.2017.02.066.
- [90] E. A.-L. Lee, K. W. Wong, and C. C. Fung, “How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach,” *Comput. Educ.*, vol. 55, no. 4, pp. 1424–1442, 2010, doi: 10.1016/j.compedu.2010.06.006.
- [91] K. L. Nowak and F. Biocca, “The effect of the agency and anthropomorphism on users’ sense of telepresence, copresence, and social

- presence in virtual environments,” *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 12, no. 5, pp. 481–494, 2003, doi: 10.1162/105474603322761289.
- [92] B. G. Witmer and M. J. Singer, “Measuring presence in virtual environments: A presence questionnaire,” *Presence*, vol. 7, no. 3, pp. 225–240, 1998, doi: 10.1162/105474698565686.
 - [93] F. Biocca, C. Harms, and J. Gregg, “The networked minds measure of social presence: Pilot test of the factor structure and concurrent validity,” in *4th annual international workshop on presence, Philadelphia, PA*, 2001, pp. 1–9.
 - [94] M. Slater, M. Usoh, and A. Steed, “Depth of presence in virtual environments,” *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 3, no. 2, pp. 130–144, 1994, doi: 10.1162/pres.1994.3.2.130.
 - [95] R. Schroeder *et al.*, “Collaborating in networked immersive spaces: as good as being there together?,” *Comput. Graph.*, vol. 25, no. 5, pp. 781–788, 2001, doi: 10.1016/S0097-8493(01)00120-0.
 - [96] K. M. Lee, “Presence, explicated,” *Commun. theory*, vol. 14, no. 1, pp. 27–50, 2004, [Online]. Available: http://wiki.commres.org/pds/Project_7eNrf2010_2f_ec_82_ac_ed_9a_8c_ed_95_99_ec_a0_81_ec_a0_91_ea_b7_bc/Presence.pdf
 - [97] M. E. Hoque, “Three domains of learning: Cognitive, affective and psychomotor,” *J. EFL Educ. Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 45–52, 2016.
 - [98] V. Villani, G. Lotti, N. Battilani, and C. Fantuzzi, “Survey on usability assessment for industrial user interfaces,” *IFAC-PapersOnLine*, vol. 52, no. 19, pp. 25–30, 2019, doi: 10.1016/j.ifacol.2019.12.078.
 - [99] G. Perlman, “User Interface Usability Evaluation with Web-Based Questionnaires,” 2021. <https://garyperlman.com/quest/>
 - [100] R. S. Kennedy, K. M. Stanney, and W. P. Dunlap, “Duration and exposure to virtual environments: sickness curves during and across sessions,” *Presence Teleoperators Virtual Environ.*, vol. 9, no. 5, pp. 463–472, 2000, doi: 10.1162/105474600566952.
 - [101] A. Heydarian and B. Becerik-Gerber, “Use of immersive virtual environments for occupant behaviour monitoring and data collection,” *J. Build. Perform. Simul.*, vol. 10, no. 5–6, pp. 484–498, 2017, doi: 10.1080/19401493.2016.1267801.
 - [102] H. C. Gómez-Tone, J. Bustamante Escapa, P. Bustamante Escapa, and J. Martin-Gutierrez, “The drawing and perception of architectural spaces through immersive virtual reality,” *Sustainability*, vol. 13, no. 11, p. 6223, 2021, doi: 10.3390/su13116223.
 - [103] J. Radianti, T. A. Majchrzak, J. Fromm, and I. Wohlgenannt, “A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda,” *Comput. Educ.*, vol. 147, p. 103778, 2020, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103778.
 - [104] Z. Feng, V. A. González, R. Amor, R. Lovreglio, and G. Cabrera-Guerrero, “Immersive virtual reality serious games for evacuation training and

- research: A systematic literature review,” *Comput. Educ.*, vol. 127, pp. 252–266, 2018, doi: 10.1016/j.compedu.2018.09.002.
- [105] Y. Zhang, H. Liu, S.-C. Kang, and M. Al-Hussein, “Virtual reality applications for the built environment: Research trends and opportunities,” *Autom. Constr.*, vol. 118, p. 103311, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103311.
- [106] P. Pradhananga, M. Elzomor, and G. Santi Kasabdjji, “Advancing Minority STEM Students’ Communication and Presentation Skills through Cocurricular Training Activities ,” *J. Civ. Eng. Educ.* , vol. 148, no. 2, 2022, doi: 10.1061/(ASCE)EI.2643-9115.0000060.
- [107] S. Alizadehsalehi, A. Hadavi, and J. C. Huang, “Assessment of AEC Students’ Performance Using BIM-into-VR,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 7, p. 3225, 2021, doi: 10.3390/app11073225.
- [108] P. Dallasega, A. Revolti, P. C. Sauer, F. Schulze, and E. Rauch, “BIM, Augmented and Virtual Reality empowering Lean Construction Management: a project simulation game,” 2020. doi: 10.1016/j.promfg.2020.04.059.
- [109] J. Du, Y. Shi, Z. Zou, and D. Zhao, “CoVR: Cloud-Based Multiuser Virtual Reality Headset System for Project Communication of Remote Users,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 144, no. 2, 2018, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001426.
- [110] S. Alizadehsalehi, A. Hadavi, and J. C. Huang, “Virtual reality for design and construction education environment ,” in *Architectural Engineering National Conference 2019: Integrated Building Solutions - The National Agenda, AEI 2019* , 2019, pp. 193–203. doi: 10.1061/9780784482261.023.
- [111] D. S. Özgen, Y. Afacan, and E. Sürer, “Usability of virtual reality for basic design education: a comparative study with paper-based design,” *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 31, no. 2, pp. 357–377, 2021, doi: 10.1007/s10798-019-09554-0.
- [112] A. Oti and N. Crilly, “Immersive 3D sketching tools: Implications for visual thinking and communication ,” *Comput. Graph.* , vol. 94, pp. 111–123, 2021, doi: 10.1016/j.cag.2020.10.007.
- [113] S. Ceylan, “Using Virtual Reality to Improve Visual Recognition Skills of First Year Architecture Students: A Comparative Study.,” in *CSEDU*, 2020, pp. 54–63. doi: 10.5220/0009346800540063.
- [114] M. V Sanchez-Sepulveda *et al.*, “Evaluation of an interactive educational system in urban knowledge acquisition and representation based on students’ profiles ,” *Expert Syst.* , vol. 37, no. 5, 2020, doi: 10.1111/exsy.12570.
- [115] M. V Sanchez-Sepulveda, R. Torres-Kompen, D. Fonseca, and J. Franquesa-Sanchez, “Methodologies of learning served by virtual reality: a case study in urban interventions,” *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 23, p. 5161, 2019, doi: 10.3390/app9235161.
- [116] B. Nisha, “The pedagogic value of learning design with virtual reality,” *Educ. Psychol.*, vol. 39, no. 10, pp. 1233–1254, 2019, doi:

10.1080/01443410.2019.1661356.

- [117] M. V Sanchez-Sepulveda, N. Marti-Audi, and D. Fonseca-Escudero, "Visual technologies for urban design competences in architecture education," in *The Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 2019, pp. 726–731. doi: 10.1145/3362789.3362822.
- [118] J. Kim and S. Kim, "Finding the optimal D/H ratio for an enclosed urban square: Testing an urban design principle using immersive virtual reality simulation techniques ," *Int. J. Environ. Res. Public Heal.* , vol. 16, no. 5, 2019, doi: 10.3390/ijerph16050865.
- [119] D. Fonseca *et al.*, "Student motivation assessment using and learning virtual and gamified urban environments," in *The 5th International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 2017, pp. 1–7. doi: 10.1145/3144826.3145422.
- [120] C. Li and G. Xie, "The Application of Virtual Reality Technology in Interior Design Education: A Case Study Exploring Learner Acceptance ," in *2nd International Conference on Consumer Electronics and Computer Engineering, ICCECE 2022* , 2022, pp. 680–684. doi: 10.1109/ICCECE54139.2022.9712831.
- [121] A. Kreutzberg, "New virtual reality for architectural investigations," in *eCAADe*, 2014, pp. 253–260. doi: 10.52842/conf.ecaade.2014.2.253.
- [122] V. R. Kandi, F. Castronovo, P. Brittle, S. Mastrolembo Ventura, and D. Nikolic, "Assessing the Impact of a Construction Virtual Reality Game on Design Review Skills of Construction Students," *J. Archit. Eng.*, vol. 26, no. 4, 2020, doi: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000434.
- [123] M. A. Tedjosaputro and S. Mareta, "Embedding VRAD (Virtual Reality Aided Design) in Architectural Pedagogy ," in *2021 IEEE International Conference on Engineering, Technology and Education, TALE 2021* , 2021, pp. 894–898. doi: 10.1109/TALE52509.2021.9678700.
- [124] M. Fiorentino *et al.*, "User Study on Virtual Reality for Design Reviews in Architecture," in *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct*, 2020, pp. 283–288. doi: 10.1109/ISMAR-Adjunct51615.2020.00079.
- [125] A. Emamjomeh, Y. Zhu, and M. Beck, "The potential of applying immersive virtual environment to biophilic building design: A pilot study ," *J. Build. Eng.* , vol. 32, 2020, doi: 10.1016/j.job.2020.101481.
- [126] J. Birt and M. Cowling, "Assessing mobile mixed reality affordances as a comparative visualisation pedagogy for design communication ," *Res. Learn. Technol.* , vol. 26, 2018, doi: 10.25304/rlt.v26.2128.
- [127] F. A. Agirachman and M. Shinozaki, "Design Evaluation in Architecture Education with an Affordance-Based Approach Utilizing Non-Virtual Reality and Virtual Reality Media ," *Technol. Archit. Des.* , vol. 5, no. 2, pp. 188–206, 2021, doi: 10.1080/24751448.2021.1967059.
- [128] R. A. Alatta and A. Freewan, "Investigating the effect of employing immersive virtual environment on enhancing spatial perception within

- design process,” *ArchNet-IJAR Int. J. Archit. Res.*, vol. 11, no. 2, pp. 219–238, 2017, doi: 10.26687/archnet-ijar.v11i2.1258.
- [129] H. Tastan, C. Tucker, and T. Tong, “Using handheld user interface and direct manipulation for architectural modeling in immersive virtual reality: An exploratory study,” *Comput. Appl. Eng. Educ.*, vol. 30, no. 2, pp. 415–434, 2022, doi: 10.1002/cae.22463.
- [130] H. C. Gómez-Tone, J. Martin-Gutierrez, J. Bustamante-Escapa, and P. Bustamante-Escapa, “Spatial Skills and Perceptions of Space: Representing 2D Drawings as 3D Drawings inside Immersive Virtual Reality,” *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 4, p. 1475, 2021, doi: 10.3390/app11041475.
- [131] H. C. Gómez-Tone, M. Alpaca Chávez, and J. Martin-Gutierrez, “Introduction of the IVR in the initial phases of the ephemeral space design by students of the first year of architecture,” in *15th International Multi-Conference on Society, Cybernetics and Informatics, IMSCI 2021*, 2021, pp. 23–28. [Online]. Available: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85118843345&partnerID=40&md5=8ddd6fb058f171533ce75fc78b5a3afa>
- [132] S. Tea, K. Panuwatwanich, R. Ruthankoon, and M. Kaewmoracharoen, “Multiuser immersive virtual reality application for real-time remote collaboration to enhance design review process in the social distancing era,” *J. Eng. Des. Technol.*, vol. 20, no. 1, pp. 281–298, 2022, doi: 10.1108/JEDT-12-2020-0500.
- [133] J. I. Kim, S. Li, X. Chen, C. Keung, M. Suh, and T. W. Kim, “Evaluation framework for BIM-based VR applications in design phase,” *J. Comput. Des. Eng.*, vol. 8, no. 3, pp. 910–922, 2021, doi: 10.1093/jcde/qwab022.
- [134] T.-W. Hsu *et al.*, “Design and initial evaluation of a VR based immersive and interactive architectural design discussion system,” in *2020 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*, 2020, pp. 363–371. doi: 10.1109/VR46266.2020.00056.
- [135] F. Yang and Y. Miang Goh, “VR and MR technology for safety management education: An authentic learning approach,” *Saf. Sci.*, vol. 148, 2022, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105645.
- [136] Y. Shi, J. Du, C. R. Ahn, and E. Ragan, “Impact assessment of reinforced learning methods on construction workers’ fall risk behavior using virtual reality,” *Autom. Constr.*, vol. 104, pp. 197–214, 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2019.04.015.
- [137] Y. Han, Y. Diao, Z. Yin, R. Jin, J. Kangwa, and O. J. Ebohon, “Immersive technology-driven investigations on influence factors of cognitive load incurred in construction site hazard recognition, analysis and decision making,” *Adv. Eng. Informatics*, vol. 48, p. 101298, 2021, doi: 10.1016/j.aei.2021.101298.
- [138] M. Noghabaei, K. Han, and A. Albert, “Feasibility Study to Identify Brain Activity and Eye-Tracking Features for Assessing Hazard Recognition Using Consumer-Grade Wearables in an Immersive Virtual Environment,” *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 147, no. 9, 2021, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002130.

- [139] Y. Shi, J. Du, and D. A. Worthy, "The impact of engineering information formats on learning and execution of construction operations: A virtual reality pipe maintenance experiment," *Autom. Constr.*, vol. 119, p. 103367, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103367.
- [140] I. Abotaleb *et al.*, "Virtual Reality for Enhancing Safety in Construction ," in *Construction Research Congress 2022: Computer Applications, Automation, and Data Analytics, CRC 2022* , 2022, vol. 2-B, pp. 1191–1201. doi: 10.1061/9780784483961.125.
- [141] A. Ibrahim, A. I. Al-Rababah, and Q. Bani Baker, "Integrating virtual reality technology into architecture education: the case of architectural history courses ," *Open House Int.* , vol. 46, no. 4, pp. 498–509, 2021, doi: 10.1108/OHI-12-2020-0190.
- [142] F. Osti, R. de Amicis, C. A. Sanchez, A. B. Tilt, E. Prather, and A. Liverani, "A VR training system for learning and skills development for construction workers ," *Virtual Real.* , vol. 25, no. 2, pp. 523–538, 2021, doi: 10.1007/s10055-020-00470-6.
- [143] H. J. Beh, A. Rashidi, A. Talei, and Y. S. Lee, "Developing engineering students' capabilities through game-based virtual reality technology for building utility inspection ," *Eng. Constr. Archit. Manag.* , 2021, doi: 10.1108/ECAM-02-2021-0174.
- [144] R. Banow and S. Maw, "Pilot Study Results from Using TrussVR© to Learn About Basic Trusses," Jun. 2020. doi: 10.18260/1-2--35055.
- [145] S. Try, K. Panuwatwanich, G. Tanapornraweekit, and M. Kaewmoracharoen, "Virtual reality application to aid civil engineering laboratory course: A multicriteria comparative study," *Comput. Appl. Eng. Educ.*, 2021, doi: 10.1002/cae.22422.
- [146] A. A. Akanmu, J. Olayiwola, O. Ogunseiju, and D. McFeeters, "Cyber-physical postural training system for construction workers," *Autom. Constr.*, vol. 117, p. 103272, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103272.
- [147] A. K. Bashabsheh, H. H. Alzoubi, and M. Z. Ali, "The application of virtual reality technology in architectural pedagogy for building constructions," *Alexandria Eng. J.*, vol. 58, no. 2, pp. 713–723, 2019, doi: 10.1016/j.aej.2019.06.002.
- [148] M. Hegazy, K. Yasufuku, and H. Abe, "Evaluating and visualizing perceptual impressions of daylighting in immersive virtual environments," *J. Asian Archit. Build. Eng.*, vol. 20, no. 6, pp. 768–784, 2021, doi: 10.1080/13467581.2020.1800477.
- [149] W. Wu, J. Hartless, A. Tesei, V. Gunji, S. Ayer, and J. London, "Design assessment in virtual and mixed reality environments: Comparison of novices and experts," *J. Constr. Eng. Manag.*, vol. 145, no. 9, 2019, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001683.
- [150] T.-C. Liu, Y.-C. Lin, and F. Paas, "Effects of prior knowledge on learning from different compositions of representations in a mobile learning environment," *Comput. Educ.*, vol. 72, pp. 328–338, 2014, doi: 10.1016/j.compedu.2013.10.019.

- [151] S. I. Park, G. Lee, and M. Kim, "Do students benefit equally from interactive computer simulations regardless of prior knowledge levels?," *Comput. Educ.*, vol. 52, no. 3, pp. 649–655, 2009, doi: 10.1016/j.compedu.2008.11.014.
- [152] S. Joshi *et al.*, "Implementing Virtual Reality technology for safety training in the precast/prestressed concrete industry," *Appl. Ergon.*, vol. 90, p. 103286, 2021, doi: 10.1016/j.apergo.2020.103286.
- [153] A. R. Srinivasa, R. Jha, T. Ozkan, and Z. Wang, "Virtual reality and its role in improving student knowledge, self-efficacy, and attitude in the materials testing laboratory," *Int. J. Mech. Eng. Educ.*, vol. 49, no. 4, pp. 382–409, 2021, doi: 10.1177/0306419019898824.
- [154] H. Zou, N. Li, and L. Cao, "Emotional Response-Based Approach for Assessing the Sense of Presence of Subjects in Virtual Building Evacuation Studies," *J. Comput. Civ. Eng.*, vol. 31, no. 5, 2017, doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000679.
- [155] C. Sun, W. Hu, and D. Xu, "Navigation modes, operation methods, observation scales and background options in UI design for high learning performance in VR-based architectural applications," *J. Comput. Des. Eng.*, vol. 6, no. 2, pp. 189–196, 2019, doi: 10.1016/j.jcde.2018.05.006.
- [156] I. Ghani, A. Rafi, and P. Woods, "Sense of place in immersive architectural virtual heritage environment," in *The 22nd International Conference on Virtual System & Multimedia*, 2016, pp. 1–8. doi: 10.1109/VSMM.2016.7863169.
- [157] A. Heydarian, J. P. Carneiro, D. Gerber, B. Becerik-Gerber, T. Hayes, and W. Wood, "Immersive virtual environments versus physical built environments: A benchmarking study for building design and user-built environment explorations," *Autom. Constr.*, vol. 54, pp. 116–126, 2015, doi: 10.1016/j.autcon.2015.03.020.
- [158] W. Li, H. Huang, T. Solomon, B. Esmaili, and L.-F. Yu, "Synthesizing Personalized Construction Safety Training Scenarios for VR Training," *IEEE Trans. Vis. Comput. Graph.*, vol. 28, no. 5, pp. 1993–2002, 2022, doi: 10.1109/TVCG.2022.3150510.
- [159] M. Keshavarzi, L. Caldas, and L. Santos, "RadVR: A 6DOF Virtual Reality Daylighting Analysis Tool," *Autom. Constr.*, vol. 125, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103623.
- [160] M. H. Elgewely, W. Nadim, A. ElKassed, M. Yehiah, M. A. Talaat, and S. Abdennadher, "Immersive construction detailing education: building information modeling (BIM)-based virtual reality (VR)," *Open House Int.*, 2021, doi: 10.1108/OHI-02-2021-0032.
- [161] D. Bolkas, J. D. Chiampi, J. Fiotti, and D. Gaffney, "First Assessment Results of Surveying Engineering Labs in Immersive and Interactive Virtual Reality," *J. Surv. Eng.*, vol. 148, no. 1, 2022, doi: 10.1061/(ASCE)SU.1943-5428.0000388.
- [162] A. Alghamdi, M. Sulaiman, A. Alghamdi, M. Alhosan, M. Mastali, and J. Zhang, "Building Accessibility Code Compliance Verification Using Game

- Simulations in Virtual Reality ,” in *2017 ASCE International Workshop on Computing in Civil Engineering, IWCCE 2017* , 2017, vol. 2017-June, pp. 262–270. doi: 10.1061/9780784480830.033.
- [163] J. F. Hartless, S. K. Ayer, J. S. London, and W. Wu, “Comparison of Building Design Assessment Behaviors of Novices in Augmented-and Virtual-Reality Environments,” *J. Archit. Eng.*, vol. 26, no. 2, 2020, doi: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000396.
- [164] J. Väyrynen, A. Colley, and J. Häkkinen, “Head mounted display design tool for simulating visual disabilities ,” in *15th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, MUM 2016* , 2016, pp. 69–73. doi: 10.1145/3012709.3012714.
- [165] A. Bartosh and B. Krietemeyer, “Virtual environment for design and analysis (VEDA): interactive and immersive energy data visualizations for architectural design,” *Technol. Archit. Des.*, vol. 1, no. 1, pp. 50–60, 2017, doi: 10.1080/24751448.2017.1292794.
- [166] O. Ergun, S. Akln, I. G. Dino, and E. Surer, “Architectural design in virtual reality and mixed reality environments: A comparative analysis ,” in *26th IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces, VR 2019* , 2019, pp. 914–915. doi: 10.1109/VR.2019.8798180.
- [167] A. Heydarian, J. P. Carneiro, D. Gerber, and B. Becerik-Gerber, “Immersive virtual environments, understanding the impact of design features and occupant choice upon lighting for building performance,” *Build. Environ.*, vol. 89, pp. 217–228, 2015, doi: 10.1016/j.buildenv.2015.02.038.
- [168] X. Wang, C.-J. Liang, C. C. Menassa, and V. R. Kamat, “Interactive and Immersive Process-Level Digital Twin for Collaborative Human-Robot Construction Work ,” *J. Comput. Civ. Eng.* , vol. 35, no. 6, 2021, doi: 10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000988.
- [169] G. Albeaino, R. Eiris, M. Gheisari, and R. R. Issa, “DroneSim: a VR-based flight training simulator for drone-mediated building inspections ,” *Constr. Innov.* , 2021, doi: 10.1108/CI-03-2021-0049.
- [170] T. Zhou, Q. Zhu, Y. Shi, and J. Du, “Construction Robot Teleoperation Safeguard Based on Real-Time Human Hand Motion Prediction ,” *J. Constr. Eng. Manag.* , vol. 148, no. 7, 2022, doi: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002289.
- [171] I. Jeelani, K. Han, and A. Albert, “Development of virtual reality and stereo-panoramic environments for construction safety training ,” *Eng. Constr. Archit. Manag.* , vol. 27, no. 8, pp. 1853–1876, 2020, doi: 10.1108/ECAM-07-2019-0391.
- [172] J. Jeon and H. Cai, “Classification of construction hazard-related perceptions using: Wearable electroencephalogram and virtual reality,” *Autom. Constr.*, vol. 132, 2021, doi: 10.1016/j.autcon.2021.103975.
- [173] M. Wolf, J. Teizer, B. Wolf, S. Bükrü, and A. Solberg, “Investigating hazard recognition in augmented virtuality for personalized feedback in construction safety education and training ,” *Adv. Eng. Informatics* , vol.

- 51, 2022, doi: 10.1016/j.aei.2021.101469.
- [174] N. Kim and C. R. Ahn, "Using a virtual reality-based experiment environment to examine risk habituation in construction safety," in *37th International Symposium on Automation and Robotics in Construction: From Demonstration to Practical Use - To New Stage of Construction Robot, ISARC 2020*, 2020, pp. 1176–1182. doi: 10.22260/ISARC2020/0161.
 - [175] N. Kim *et al.*, "Enhancing Workers Vigilance to Electrical Hazards through a Virtually Simulated Accident ," in *Construction Research Congress 2022: Health and Safety, Workforce, and Education, CRC 2022* , 2022, vol. 4-D, pp. 651–659. doi: 10.1061/9780784483985.066.
 - [176] N. Kim, J. Kim, and C. R. Ahn, "Predicting workers' inattentiveness to struck-by hazards by monitoring biosignals during a construction task: A virtual reality experiment ," *Adv. Eng. Informatics* , vol. 49, 2021, doi: 10.1016/j.aei.2021.101359.
 - [177] S. Subedi, N. Pradhananga, and H. Ergun, "Monitoring Physiological Reactions of Construction Workers in Virtual Environment: Feasibility Study Using Noninvasive Affective Sensors ," *J. Leg. Aff. Disput. Resolut. Eng. Constr.* , vol. 13, no. 3, 2021, doi: 10.1061/(ASCE)LA.1943-4170.0000480.
 - [178] B. M. Tehrani, J. Wang, and D. Truax, "Assessment of mental fatigue using electroencephalography (EEG) and virtual reality (VR) for construction fall hazard prevention," *Eng. Constr. Archit. Manag.*, 2021, doi: 10.1108/ECAM-01-2021-0017.
 - [179] M. Choi, S. Ahn, and J. Seo, "VR-Based investigation of forklift operator situation awareness for preventing collision accidents," *Accid. Anal. Prev.*, vol. 136, p. 105404, 2020, doi: 10.1016/j.aap.2019.105404.
 - [180] C.-S. Chan, J. Bogdanovic, and V. Kalivarapu, "Applying immersive virtual reality for remote teaching architectural history ," *Educ. Inf. Technol.* , vol. 27, no. 3, pp. 4365–4397, 2022, doi: 10.1007/s10639-021-10786-8.
 - [181] I. Ghani, A. Rafi, and P. Woods, "The effect of immersion towards place presence in virtual heritage environments ," *Pers. Ubiquitous Comput.* , vol. 24, no. 6, pp. 861–872, 2020, doi: 10.1007/s00779-019-01352-8.
 - [182] E. Şahbaz, "SimYA: A virtual reality–based construction studio simulator," *Int. J. Archit. Comput.*, p. 14780771211041776, 2021, doi: 10.1177/14780771211041777.
 - [183] J. Zhang, H. Chen, J. Wang, and M. Gao, "Experience the dougong construction in virtual reality," in *The 24th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 2018, pp. 1–2. doi: 10.1145/3281505.3281666.
 - [184] E. Sahbaz, "VR-Based Interactive Learning in Architectural Education: A Case on Safranbolu Historical Bathhouse," *ICONARP Int. J. Archit. Plan.*, vol. 8, no. 1, pp. 342–356, 2020, doi: 10.15320/ICONARP.2020.116.
 - [185] P. Wang, P. Wu, H.-L. Chi, and X. Li, "Adopting lean thinking in virtual

- reality-based personalized operation training using value stream mapping,” *Autom. Constr.*, vol. 119, p. 103355, 2020, doi: 10.1016/j.autcon.2020.103355.
- [186] P. Li, J. Legault, A. Klippel, and J. Zhao, “Virtual reality for student learning: Understanding individual differences,” *Hum. Behav. Brain*, vol. 1, no. 1, pp. 28–36, 2020, doi: 10.37716/HBAB.2020010105.
- [187] G. Makransky, N. K. Andreassen, S. Baceviciute, and R. E. Mayer, “Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality,” *J. Educ. Psychol.*, vol. 113, no. 4, p. 719, 2021, doi: 10.1037/edu0000473.
- [188] H. C. Gomez-Tone, J. Martin-Gutierrez, J. Bustamante-Escapa, P. Bustamante-Escapa, and B. K. Valencia-Anci, “Perceived Sensations in Architectural Spaces through Immersive Virtual Reality,” *Vitr.*, vol. 6, no. 2, pp. 70–81, 2021, doi: 10.4995/vitruvio-ijats.2021.16253.
- [189] O. A. Meyer, M. K. Omdahl, and G. Makransky, “Investigating the effect of pre-training when learning through immersive virtual reality and video: A media and methods experiment,” *Comput. Educ.*, vol. 140, p. 103603, 2019, doi: 10.1016/j.compedu.2019.103603.
- [190] J. Parong and R. E. Mayer, “Learning science in immersive virtual reality,” *J. Educ. Psychol.*, vol. 110, no. 6, p. 785, 2018, doi: 10.1037/edu0000241.
- [191] C. A. Frayne and G. P. Latham, “Application of social learning theory to employee self-management of attendance,” *J. Appl. Psychol.*, vol. 72, no. 3, p. 387, 1987, doi: 10.1037/0021-9010.72.3.387.
- [192] J. Leppink, F. Paas, T. Van Gog, C. P. M. van Der Vleuten, and J. J. G. Van Merriënboer, “Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load,” *Learn. Instr.*, vol. 30, pp. 32–42, 2014.
- [193] N. Cross, *Developments in Design Methodology*. New York: John Wiley & Sons, 1984.
- [194] M. Savic and M. Kashef, “Learning outcomes in affective domain within contemporary architectural curricula,” *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 23, no. 4, pp. 987–1004, 2013, doi: 10.1007/s10798-013-9238-8.
- [195] J. Y. Cho and J. Suh, “Understanding spatial ability in interior design education: 2D-to-3D visualization proficiency as a predictor of design performance,” *J. Inter. Des.*, vol. 44, no. 3, pp. 141–159, 2019, doi: 10.1111/joid.12143.
- [196] W. Celadyn, “Architectural education to improve technical detailing in professional practice,” *Glob. J. Eng. Educ.*, vol. 22, no. 1, 2020, [Online]. Available: wiete.com.au/journals/GJEE/Publish/vol22no1/08-Celadyn-W.pdf
- [197] Ö. Ş. Deniz *et al.*, “Mimari Detaylandırma Eğitimi Bağlamında ‘İnce Yapı Bilgisi’ Dersinin Analizi,” *Tasarım+ Kuram J.*, vol. 13, no. 23, p. 52, 2017, [Online]. Available: http://jag.journalagent.com/tasarimkuram/pdfs/DTJ_13_23_52_82.pdf

- [198] O. A. Wakita and R. M. Linde, *The professional practice of architectural working drawings*. John Wiley & Sons, 2003.
- [199] H. N. Kızılyaprak and B. Oskay, "A Construction Design Experience in Emergency Distance Education: Detail Patterns," *Kent Akad.*, vol. 15, no. 2, pp. 829–845, 2022, doi: doi.org/10.35674/kent.1013698.
- [200] J. Lucas and D. Gajjar, "Influence of virtual reality on student learning in undergraduate construction education," *Int. J. Constr. Educ. Res.*, 2021, doi: 10.1080/15578771.2021.1931570.
- [201] T. Yambi, "Assessment and evaluation in education," 2018. [Online]. Available: https://www.academia.edu/35685843/ASSESSMENT_AND_EVALUATION_IN_EDUCATION
- [202] P. E. Parker, P. D. Fleming, S. Beyerlein, D. Apple, and K. Krumsieg, "Differentiating assessment from evaluation as continuous improvement tools [for engineering education]," in *31st Annual Frontiers in Education Conference. Impact on Engineering and Science Education. Conference Proceedings (Cat. No. 01CH37193)*, 2001, vol. 1, pp. T3A-1. doi: 10.1109/FIE.2001.963901.
- [203] M. Baehr, "Distinctions between assessment and evaluation," in *Program Assessment Handbook*, vol. 7, no. 1, Lisle, 2005, pp. 231–234.
- [204] B. Kizlik, "Measurement, assessment, and evaluation in education," 2012. [Online]. Available: <https://www.academia.edu/download/43362488/DrJJ-Measure-assess-evaluate-ADPRIMA-n-more-17052012.pdf>
- [205] B. Lok, C. McNaught, and K. Young, "Criterion-referenced and norm-referenced assessments: compatibility and complementarity," *Assess. Eval. High. Educ.*, vol. 41, no. 3, pp. 450–465, 2016, doi: 10.1080/02602938.2015.1022136.
- [206] R. Glaser, "Instructional technology and the measurement of learning outcomes: Some questions," *Am. Psychol.*, vol. 18, no. 8, p. 519, 1963.
- [207] W. A. Mehrens, "Using performance assessment for accountability purposes," *Educ. Meas. Issues Pract.*, 1992, doi: 10.1111/j.1745-3992.1992.tb00220.x.
- [208] R. J. Stiggins, "Facing challenges of a new era of educational assessment," *Appl. Meas. Educ.*, vol. 4, no. 4, pp. 263–273, 1991, doi: 10.1207/s15324818ame0404_1.
- [209] W. J. Popham, "What's Wrong and What's Right with Rubrics," *Educ. Leadersh.*, vol. 55, no. 2, pp. 72–75, 1997.
- [210] L. Lindström, "Creativity: What is it? Can you assess it? Can it be taught?," *Int. J. Art Des. Educ.*, vol. 25, no. 1, pp. 53–66, 2006, doi: 10.1111/j.1476-8070.2006.00468.x.
- [211] A. Çelik and S. Özdemir, "Tinkering learning in classroom: an instructional rubric for evaluating 3D printed prototype performance," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 30, no. 3, pp. 459–478, 2020, doi: 10.1007/s10798-019-09512-w.

- [212] Y. Chang, J.-Y. Kao, and Y.-Y. Wang, "Influences of virtual reality on design creativity and design thinking," *Think. Ski. Creat.*, vol. 46, p. 101127, 2022, doi: 10.1016/j.tsc.2022.101127.
- [213] M.-J. Agost, P. Company, M. Contero, and J. D. Camba, "CAD training for digital product quality: a formative approach with computer-based adaptable resources for self-assessment," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 32, no. 2, pp. 1393–1411, 2022, doi: 10.1007/s10798-020-09651-5.
- [214] T. R. Kelley and E. Sung, "Sketching by design: Teaching sketching to young learners," *Int. J. Technol. Des. Educ.*, vol. 27, pp. 363–386, 2017, doi: 10.1007/s10798-016-9354-3.
- [215] S. Ding, "Freshmen's Freehand Drawing Abilities with Multi-Media: an Analysis of Portfolios with Grading Rubrics," in *2011 ASEE Annual Conference & Exposition*, 2011, pp. 22–728.
- [216] S. Thangaratinam and C. W. E. Redman, "The delphi technique," *Obstet. Gynaecol.*, vol. 7, no. 2, pp. 120–125, 2005, doi: 10.1576/toag.7.2.120.27071.
- [217] M. R. Lynn, "Determination and quantification of content validity," *Nurs. Res.*, vol. 35, no. 6, pp. 382–386, 1986, doi: :10.1097/00006199-198611000-00017.
- [218] J. M. Pines *et al.*, "Factors important to top clinical performance in emergency medicine residency: results of an ideation survey and Delphi panel," *AEM Educ. Train.*, vol. 2, no. 4, pp. 269–276, 2018, doi: <https://doi.org/10.1002/aet2.10114>.
- [219] J. Jordan *et al.*, "Leveling the field: Development of reliable scoring rubrics for quantitative and qualitative medical education research abstracts," *AEM Educ. Train.*, vol. 5, no. 4, p. e10654, 2021.
- [220] M. S. B. Yusoff, "ABC of content validation and content validity index calculation," *Resource*, vol. 11, no. 2, pp. 49–54, 2019, doi: 10.21315/eimj2019.11.2.6.
- [221] J. Shi, X. Mo, and Z. Sun, "Content validity index in scale development," *Zhong nan da xue xue bao. Yi xue ban= J. Cent. South Univ. Med. Sci.*, vol. 37, no. 2, pp. 152–155, 2012, doi: 10.3969/j.issn.1672-7347.2012.02.007.
- [222] D. F. Polit and C. T. Beck, "The content validity index: are you sure you know what's being reported? Critique and recommendations," *Res. Nurs. Health*, vol. 29, no. 5, pp. 489–497, 2006, doi: doi.org/10.1002/nur.20147.
- [223] D. F. Polit, T. Beck, and S. V Owen, "Focus on research methods is the CVI an acceptable indicator of content validity? Appraisal and Recommendations," *Res Nurs Heal.*, vol. 30, no. 4, pp. 459–467, 2007, doi: 10.1002/nur.20199.
- [224] R. Eiris, J. Wen, and M. Gheisari, "Influence of Virtual Human Appearance Fidelity within Building Science Storytelling Educational Applications," *J. Archit. Eng.*, vol. 27, no. 4, 2021, doi: 10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000510.
- [225] R. Eiris, J. Wen, and M. Gheisari, "iVisit-Collaborate: Collaborative problem-solving in multiuser 360-degree panoramic site visits," *Comput.*

- Educ.*, vol. 177, 2022, doi: 10.1016/j.compedu.2021.104365.
- [226] C. Ma and M. Li, "Application of Virtual Simulation Experimental System of Curtain Wall Based on Educational Transformation and Upgrading," in *Advances in Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conference on Human Factors in Training, Education, and Learning Sciences, July 25-29, 2021, USA*, 2021, pp. 371–378. doi: 10.1007/978-3-030-80000-0_44.
- [227] F. Castronovo, N. Stepanik, P. N. Van Meter, and J. I. Messner, "Problem-solving processes in an educational construction simulation game," *Adv. Eng. Informatics*, vol. 52, p. 101574, 2022, doi: doi.org/10.1016/j.aei.2022.101574.
- [228] S. Vassigh *et al.*, "Teaching building sciences in immersive environments: A prototype design, implementation, and assessment," *Int. J. Constr. Educ. Res.*, vol. 16, no. 3, pp. 180–196, 2020, doi: 10.1080/15578771.2018.1525445.
- [229] D. Hamilton, J. McKechnie, E. Edgerton, and C. Wilson, "Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design," *J. Comput. Educ.*, pp. 1–32, 2020, doi: 10.1007/s40692-020-00169-2.
- [230] "HTC Vive Pro," 2020. <https://www.vive.com/eu/product/vive-pro/> (accessed Nov. 05, 2020).
- [231] H. Huang, C. Lin, and D. Cai, "Enhancing the learning effect of virtual reality 3D modeling: a new model of learner's design collaboration and a comparison of its field system usability," *Univers. Access Inf. Soc.*, vol. 20, no. 1, pp. 429–440, 2020, doi: 10.1007/s10209-020-00750-7.
- [232] D. Demirkol and Ç. Şeneler, "A Turkish translation of the system usability scale: The SUS-TR," *Uşak Üniversitesi Sos. Bilim. Derg.*, vol. 11, no. 3, pp. 237–253, 2018.
- [233] H. N. Genc and M. C. Altun, "Analysis of Building Element Design Methods," in *AEI 2011: Building Integration Solutions*, 2011, pp. 490–498. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/profile/Nur-Kizilyaprak-2/publication/269083239_Analysis_of_Building_Element_Design_Methods/links/5bae018aa6fdccd3cb7944e7/Analysis-of-Building-Element-Design-Methods.pdf
- [234] I. M. Tjiam, B. M. A. Schout, A. J. M. Hendriks, A. J. J. M. Scherpbier, J. A. Witjes, and J. J. G. Van Merriënboer, "Designing simulator-based training: an approach integrating cognitive task analysis and four-component instructional design," *Med. Teach.*, vol. 34, no. 10, pp. e698–e707, 2012, doi: 10.3109/0142159X.2012.687480.
- [235] A. P. Susilo, J. van Merriënboer, J. van Dalen, M. Claramita, and A. Scherpbier, "From lecture to learning tasks: use of the 4C/ID model in a communication skills course in a continuing professional education context," *J. Contin. Educ. Nurs.*, vol. 44, no. 6, pp. 278–284, 2013, doi: 10.3928/00220124-20130501-78.
- [236] M. Mulders, "Vocational Training in Virtual Reality: A Case Study Using

- the 4C/ID Model,” *Multimodal Technol. Interact.*, vol. 6, no. 7, p. 49, 2022, doi: 10.3390/mti6070049.
- [237] M. Mulders, J. Buchner, and M. Kerres, “Virtual Reality in Vocational Training: A Study Demonstrating the Potential of a VR-based Vehicle Painting Simulator for Skills Acquisition in Apprenticeship Training,” *Technol. Knowl. Learn.*, pp. 1–16, 2022, doi: 10.1007/s10758-022-09630-w.
- [238] A. Stals and L. Caldas, “State of XR research in architecture with focus on professional practice—a systematic literature review,” *Archit. Sci. Rev.*, pp. 1–9, 2020, doi: 10.1080/00038628.2020.1838258.
- [239] J. Frerejean, M. van Geel, T. Keuning, D. Dolmans, J. J. G. van Merriënboer, and A. J. Visscher, “Ten steps to 4C/ID: training differentiation skills in a professional development program for teachers,” *Instr. Sci.*, pp. 1–24, 2021, doi: 10.1007/s11251-021-09540-x.
- [240] M. Vandewaetere, D. Manhaeve, B. Aertgeerts, G. Clarebout, J. J. G. Van Merriënboer, and A. Roex, “4C/ID in medical education: How to design an educational program based on whole-task learning: AMEE Guide No. 93,” *Med. Teach.*, vol. 37, no. 1, pp. 4–20, 2015, doi: 10.3109/0142159X.2014.928407.
- [241] M. G. McGee, “Human spatial abilities: psychometric studies and environmental, genetic, hormonal, and neurological influences,” *Psychol. Bull.*, vol. 86, no. 5, p. 889, 1979.
- [242] M. C. Linn and A. C. Petersen, “Emergence and characterization of sex differences in spatial ability: A meta-analysis,” *Child Dev.*, pp. 1479–1498, 1985.
- [243] J. B. Carroll, *Human cognitive abilities: A survey of factor-analytic studies*, no. 1. Cambridge University Press, 1993.
- [244] S. Olkun, “Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities,” *Int. J. Math. Teach. Learn.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–10, 2003.
- [245] J. W. Pellegrino, D. L. Alderton, and V. J. Shute, “Understanding spatial ability,” *Educ. Psychol.*, vol. 19, no. 4, pp. 239–253, 1984.
- [246] D. F. Lohman, “Spatial ability and g,” *Hum. Abil. Their Nat. Meas.*, vol. 97, no. 116, p. 1, 1996.
- [247] D. H. Uttal *et al.*, “The malleability of spatial skills: a meta-analysis of training studies,” *Psychol. Bull.*, vol. 139, no. 2, p. 352, 2013.
- [248] X. Di and X. Zheng, “A meta-analysis of the impact of virtual technologies on students’ spatial ability,” *Educ. Technol. Res. Dev.*, pp. 1–26, 2022, doi: 10.1007/s11423-022-10082-3.
- [249] T. Huk, “Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 22, no. 6, pp. 392–404, 2006, doi: 10.1111/j.1365-2729.2006.00180.x.
- [250] E. A.-L. Lee and K. W. Wong, “Learning with desktop virtual reality: Low spatial ability learners are more positively affected,” *Comput. Educ.*, vol.

- 79, pp. 49–58, 2014, doi: 10.1016/j.compedu.2014.07.010.
- [251] M. Coxon, N. Kelly, and S. Page, “Individual differences in virtual reality: Are spatial presence and spatial ability linked?,” *Virtual Real.*, vol. 20, no. 4, pp. 203–212, 2016, doi: 10.1007/s10055-016-0292-x.
 - [252] S. Jang, J. M. Vitale, R. W. Jyung, and J. B. Black, “Direct manipulation is better than passive viewing for learning anatomy in a three-dimensional virtual reality environment,” *Comput. Educ.*, vol. 106, pp. 150–165, 2017, doi: doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.009.
 - [253] P. Safadel and D. White, “Effectiveness of computer-generated virtual reality (VR) in learning and teaching environments with spatial frameworks,” *Appl. Sci.*, vol. 10, no. 16, p. 5438, 2020, doi: 10.3390/app10165438.
 - [254] B. Wainman, A. Aggarwal, S. K. Birk, J. S. Gill, K. S. Hass, and B. Fenesi, “Virtual dissection: An interactive anatomy learning tool,” *Anat. Sci. Educ.*, vol. 14, no. 6, pp. 788–798, 2021, doi: 10.1002/ase.2035.
 - [255] C. Kwiatek, M. Sharif, S. Li, C. Haas, and S. Walbridge, “Impact of augmented reality and spatial cognition on assembly in construction,” *Autom. Constr.*, vol. 108, p. 102935, 2019, doi: 10.1016/j.autcon.2019.102935.
 - [256] F. Lukačević, S. Škec, M. M. Perišić, N. Horvat, and M. Štorga, “Spatial perception of 3D CAD model dimensions and affordances in virtual environments,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 174587–174604, 2020.
 - [257] C. Weng, D. Puspitasari, K. N. P. Tran, P. J. Feng, N. O. Awuor, and I. M. Matere, “The effect of using theodolite 3D AR in teaching measurement error on learning outcomes and satisfaction of civil engineering students with different spatial ability,” *Interact. Learn. Environ.*, pp. 1–15, 2021, doi: 10.1080/10494820.2021.1898989.
 - [258] S. Obeid and H. Demirkan, “The influence of virtual reality on design process creativity in basic design studios,” *Interact. Learn. Environ.*, pp. 1–19, 2020, doi: 10.1080/10494820.2020.1858116.
 - [259] J. J. G. Van Merriënboer and J. Sweller, “Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions,” *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 17, no. 2, pp. 147–177, 2005.
 - [260] S. Y. Mousavi, R. Low, and J. Sweller, “Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes,” *J. Educ. Psychol.*, vol. 87, no. 2, p. 319, 1995, doi: 10.1037/0022-0663.87.2.319.
 - [261] J. Sweller, “Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load,” *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 22, pp. 123–138, 2010, doi: 10.1007/s10648-010-9128-5.
 - [262] R. E. Mayer and R. Moreno, “Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning,” *Educ. Psychol.*, vol. 38, no. 1, pp. 43–52, 2003, doi: 10.1207/S15326985EP3801_6.
 - [263] S. Kalyuga, “Cognitive load theory: How many types of load does it really need?,” *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 23, pp. 1–19, 2011, doi: 10.1007/s10648-010-9150-7.

- [264] F. Krieglstein, M. Beege, G. D. Rey, P. Ginns, M. Krell, and S. Schneider, "A systematic meta-analysis of the reliability and validity of subjective cognitive load questionnaires in experimental multimedia learning research," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 34, no. 4, pp. 2485–2541, 2022, doi: 10.1007/s10648-022-09683-4.
- [265] T. Vu *et al.*, "Motivation-achievement cycles in learning: A literature review and research agenda," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 34, no. 1, pp. 39–71, 2022, doi: 10.1007/s10648-021-09616-7.
- [266] J. Dewey, *Interest and effort in education*. Forgotten Books, 1913. doi: 10.1037/14633-000.
- [267] U. Schiefele, "Situational and individual interest," in *Handbook of motivation at school*, Routledge, 2009, pp. 211–236.
- [268] R. M. Ryan and E. L. Deci, "Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being," *Am. Psychol.*, vol. 55, no. 1, p. 68, 2000, doi: 10.1037/0003-066X.55.1.68.
- [269] D. H. Schunk and M. K. DiBenedetto, "Self-efficacy theory in education," in *Handbook of motivation at school*, Routledge, 2016, pp. 34–54.
- [270] R. M. Ryan and E. L. Deci, "Promoting self-determined school engagement: Motivation, learning, and well-being.," 2009.
- [271] R. Pekrun, "The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice," *Educ. Psychol. Rev.*, vol. 18, pp. 315–341, 2006, doi: 10.1007/s10648-006-9029-9.
- [272] D. K. Ballast, *Interior Detailing: Concept to Construction*. John Wiley & Sons, 2010.
- [273] J. Y. Cho, "An investigation of design studio performance in relation to creativity, spatial ability, and visual cognitive style," *Think. Ski. Creat.*, vol. 23, pp. 67–78, 2017, doi: 10.1016/j.tsc.2016.11.006.
- [274] E. Elgazzar, S. Helmy, and I. Raghad, "Assessing the Capability of Spatial Ability in Predicting Success in the Beginning Design Studio," *J. Eng. Appl. Sci.*, vol. 66, 2019, [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwj4wqz2ntf2AhUhSPEDHQ_6B7IQFnoECAcQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.jeasonline.org%2Fpaper%2F451%2Fdownload&usg=AOvVaw0erXTGoCRLftB1325-6uhE
- [275] J. Suh and J. Y. Cho, "Linking spatial ability, spatial strategies, and spatial creativity: a step to clarify the fuzzy relationship between spatial ability and creativity," *Think. Ski. Creat.*, vol. 35, p. 100628, 2020, doi: 10.1016/j.tsc.2020.100628.
- [276] K. E. DeLeeuw and R. E. Mayer, "A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load.," *J. Educ. Psychol.*, vol. 100, no. 1, p. 223, 2008.
- [277] A. Schmeck, M. Opfermann, T. Van Gog, F. Paas, and D. Leutner, "Measuring cognitive load with subjective rating scales during problem solving: differences between immediate and delayed ratings," *Instr. Sci.*,

- vol. 43, pp. 93–114, 2015, doi: 10.1007/s11251-014-9328-3.
- [278] K. Ouwehand, A. van der Kroef, J. Wong, and F. Paas, “Measuring cognitive load: Are there more valid alternatives to Likert rating scales?,” in *Frontiers in Education*, 2021, vol. 6, p. 702616. doi: 10.3389/educ.2021.702616.
- [279] A. G. E. Kılıç and Ö. G. Ş. Karadeniz, “Hiper ortamlarda öğrencilerin bilişsel yüklenme ve kaybolma düzeylerinin belirlenmesi,” *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, vol. 40, no. 40, pp. 562–579, 2004, Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/en/pub/kuey/issue/10357/126808%3E>
- [280] A. Unal, “The Effect of Block-Based Programming on Social Science High School Students’ Anxiety, Cognitive Load and Achievement,” Ataturk University, Erzurum, 2019.
- [281] J. C. Byers, A. C. Bittner, and S. G. Hill, “Traditional and raw task load index (TLX) correlations: Are paired comparisons necessary,” in *Advances in industrial ergonomics and safety*, vol. 1, Taylor & Francis London, 1989, pp. 481–485.
- [282] S. G. Hart, “NASA-task load index (NASA-TLX); 20 years later,” in *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, 2006, vol. 50, no. 9, pp. 904–908. doi: 10.1177/154193120605000909.
- [283] E. N. Wiebe, E. Roberts, and T. S. Behrend, “An examination of two mental workload measurement approaches to understanding multimedia learning,” *Comput. Human Behav.*, vol. 26, no. 3, pp. 474–481, 2010, doi: 10.1016/j.chb.2009.12.006.
- [284] L. M. Naismith, J. J. H. Cheung, C. Ringsted, and R. B. Cavalcanti, “Limitations of subjective cognitive load measures in simulation-based procedural training,” *Med. Educ.*, vol. 49, no. 8, pp. 805–814, 2015, doi: 10.1111/medu.12732.
- [285] E. Galy, J. Paxion, and C. Berthelon, “Measuring mental workload with the NASA-TLX needs to examine each dimension rather than relying on the global score: an example with driving,” *Ergonomics*, vol. 61, no. 4, pp. 517–527, 2018, doi: 10.1080/00140139.2017.1369583.
- [286] E. K. Delice, “Acil Servis Hekimlerinin Nasa-Rtlx Yöntemi İle Zihinsel İş Yüklerinin Değerlendirilmesi: Bir Uygulama Çalışması,” *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilim. Derg.*, vol. 30, no. 3, 2016, Accessed: Mar. 07, 2023. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/atauniiibd/issue/24334/257898>
- [287] R. Brunken, J. L. Plass, and D. Leutner, “Direct measurement of cognitive load in multimedia learning,” *Educ. Psychol.*, vol. 38, no. 1, pp. 53–61, 2003, doi: 10.1207/S15326985EP3801_7.
- [288] F. A. Haji, R. Khan, G. Regehr, J. Drake, S. de Ribaupierre, and A. Dubrowski, “Measuring cognitive load during simulation-based psychomotor skills training: sensitivity of secondary-task performance and subjective ratings,” *Adv. Heal. Sci. Educ.*, vol. 20, pp. 1237–1253, 2015, doi: 10.1007/s10459-015-9599-8.

- [289] Y.-P. Chao *et al.*, “Using a 360 virtual reality or 2D video to learn history taking and physical examination skills for undergraduate medical students: pilot randomized controlled trial,” *JMIR serious games*, vol. 9, no. 4, p. e13124, 2021, doi: 10.2196/13124.
- [290] J. G. Frederiksen *et al.*, “Cognitive load and performance in immersive virtual reality versus conventional virtual reality simulation training of laparoscopic surgery: a randomized trial,” *Surg. Endosc.*, vol. 34, pp. 1244–1252, 2020, doi: 10.1007/s00464-019-06887-8.
- [291] S. A. W. Andersen, P. T. Mikkelsen, L. Konge, P. Cayé-Thomasen, and M. S. Sørensen, “Cognitive load in mastoidectomy skills training: virtual reality simulation and traditional dissection compared,” *J. Surg. Educ.*, vol. 73, no. 1, pp. 45–50, 2016, doi: 10.1016/j.jsurg.2015.09.010.
- [292] R. M. Ryan, “Control and information in the intrapersonal sphere: An extension of cognitive evaluation theory,” *J. Pers. Soc. Psychol.*, vol. 43, no. 3, p. 450, 1982, doi: 10.1037/0022-3514.43.3.450.
- [293] P. R. Pintrich, “A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ).,” 1991.
- [294] S. T. Tokel and V. İslar, “Acceptance of virtual worlds as learning space,” *Innov. Educ. Teach. Int.*, vol. 52, no. 3, pp. 254–264, 2015.
- [295] A. Çalışkur and A. Demirhan, “İçsel güdülenme envanteri dilsel eşdeğerlik, güvenirlik ve geçerlik çalışması,” *Uşak Üniversitesi Sos. Bilim. Derg.*, vol. 6, no. 4, 2013.
- [296] Ş. Büyükoztürk, Ö. E. Akgün, Ö. Kahveci, and F. Demirel, “Güdülenme ve öğrenme stratejileri ölçeğinin Türkçe formunun geçerlik ve güvenirlik çalışması,” *Kuram ve Uygulamada Eğitim Bilim.*, vol. 4, no. 2, pp. 207–239, 2004.
- [297] N. B. Hamutoglu, “Bulut bilişim teknolojileri kabul modeli 3: ölçek uyarlama çalışması,” *Sak. Univ. J. Educ.*, vol. 8, no. 2, pp. 8–25, 2018.
- [298] M. Di Luca, H. Seifi, S. Egan, and M. Gonzalez-Franco, “Locomotion vault: the extra mile in analyzing vr locomotion techniques,” in *Proceedings of the 2021 CHI conference on human factors in computing systems*, 2021, pp. 1–10. doi: 10.1145/3411764.3445319.
- [299] J. L. Plass, S. Kalyuga, and D. Leutner, “Individual Differences and Cognitive Load Theory,” in *Cognitive Load Theory*, Cambridge University Press, 2012, pp. 65–88. doi: 10.1017/cbo9780511844744.006.

A

Etik Kurulu Raporu



YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
Sosyal ve Beşerî Bilimler Araştırmaları Etik Kurulu

Toplantı Tarihi: 27.03.2023

Toplantı No: 2023.03

SOSYAL VE BEŞERİ BİLİMLER ARAŞTIRMALARI ETİK KURULU TOPLANTI KARARI

Yürütücülüğünü Üniversitemiz MİMARLIK FAKÜLTESİ öğretim üyelerinden Doç. Dr. Togan Tong danışmanlığında lisansüstü öğrencisi Hasan TAŞTAN tarafından yapılacak olan “Doktora Tezi Mimarlıkta Yapı Ürünleri Eğitimi İçin Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik Sisteminin İncelenmesi Bir Model Önerisi” adlı çalışma ve bu çalışmada kullanılacak veri toplama araçları ve yöntemlerine ilişkin bilgilerde etiğe aykırı herhangi bir bulguya rastlanmamıştır.

Etik Kurul Üyeleri

Son Versiyon MTÇ-DPA Formu

Tablo B MTÇ-DP formunun son hali

Ölçütler	Alt Bileşenler	Başarısız (0)	Yetersiz (1)	Kabul edilebilir (2)	Başarılı (3)
İnşa Edilebilirliğe Uygun Temsiliyet		Fonksiyonel ve tamamlayıcı ürün seçimleri yapı elemanları için gerekli olan fonksiyonlara uygun biçimde yapılmamış* * Bu durumda çizim değerlendirmeye alınmayacaktır.	Fonksiyonel ve tamamlayıcı ürün seçimlerinde kısmi hatalar bulunmakta. Ürünlerin katman sırası ve detay bitiş noktalarının bir araya geliş biçimleri yetersiz	Fonksiyonel ve tamamlayıcı ürün seçimleri doğru; fakat Ürünlerin katman sırası ve detay bitiş noktalarının bir araya geliş biçimleri kabul edilebilir.	Fonksiyonel ve tamamlayıcı ürün seçimleri doğru. Ürün katman sırası ve ürünlerin detay bitiş noktalarında bir araya geliş biçimleri yeterli düzeyde
Çizgisel ifade	Çizgi Kalınlıkları	(i) Kesite giren nesnelerin çizgileri en kalın; (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerindeki vb. değişikliklere orta kalınlıkta; ve (iii) görünüşte olan nesneler ince kalınlıkta biçiminde hiyerarşi kurgulanamamış. Karmaşık ve okunaksız bir ifade biçimi var.	(i) Kesite giren nesnelerin çizgileri en kalın olanlara göre; (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerinde ki vb. değişikliklere orta kalınlıkta; ve (iii) görünüşte olan nesneler ince kalınlıkta hiyerarşisi yetersiz	(i) Kesite giren nesnelerin çizgileri en kalın olanlara göre; (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerinde ki vb. değişikliklere orta kalınlıkta; ve (iii) görünüşte olan nesneler ince kalınlıkta hiyerarşisi kabul edilebilir	(i) Kesite giren nesnelerin çizgileri en kalın; (ii) düzlemdeki, görünüş hiyerarşilerinde ki vb. değişikliklere orta kalınlıkta; ve (iii) görünüşte olan nesneler ince kalınlıkta biçiminde hiyerarşisi başarılı
	Yardımcı Çizgiler	Yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb.) ifadeleri bulunmuyor	Yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb.) ifadelerinde çizgi aralıkları ölçüye uygun değil	Yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb.) ifadelerinde çizgi aralıklarının en fazla 1/3'ünde hata var.	Yardımcı çizgi (kapı ve pencere açılış yön çizgileri, aks çizgileri, malzeme işaret çizgileri vb.) ifadeleri oldukça yeterli
	Yazı, Ölçü ve Sembollerin Paftadaki Konumları	Paftada yazı, ölçü ve semboller ilgili çizimlerden kopuk durumdalar ve paftadan taşıyorlar.	Paftada yazı ölçü ve semboller ilgili çizimlerden kopuk duruyorlar.	Paftada yazı ölçü ve sembollerin ilgili çizimler ile konumları kabul edilebilir düzeyde	Paftada yazı ölçü ve sembollerin ilgili çizimler ile konumları yeterli düzeyde belirlenmiş

Tablo B MTÇ-DP formunun son hali (devam)

Taramalar	Tarama-Malzeme İlişkisi	Tarama biçimi ilgili malzemeleri temsil etmiyor.	Taramaların ilgili malzeme temsilleri yetersiz	Taramaların ilgili malzeme temsilleri kabul edilebilir	Taramaların ilgili malzeme temsilleri yeterli düzeyde
	Tarama-Ölçek İlişkisi	Tarama oranları ilgili çizim ölçeğine uygun değil.	Tarama oranlarının ilgili çizim ölçeğine uygunluğu yetersiz	Tarama oranlarının ilgili çizim ölçeğine uygunluğunu kabul edilebilir	Tarama oranlarının ilgili çizim ölçeğine uygunluğu yeterli düzeyde
	Tarama-Temsil Alanı	Taramalar temsil ettiği alanların dışına taşıyor ya da temsil sınırı içerisinde tam konumlandırılmamış.	Taramaların temsil ettiği alan sınırları yetersiz	Taramaların temsil ettiği alan sınırları kabul edilebilir	Taramaların temsil ettiği alan sınırları içerisinde yeterli düzeyde ifade edilmiş
Ölçülendirme	Parça, Bileşen-Ölçü İlişkisi	(i) Parça ve bileşenlerinin üretilmesi için gereken ölçüler (ürün üretimi tamamlanmış şekilde temin edilmişse buna gerek yok) ve (ii) yapı ürünlerinin konumlandırılması için gerekli ölçüler ilgili ölçeğin ölçülendirme kurallarıyla verilmemiş.	(i) Parça ve bileşenlerinin üretilmesi için gereken ölçüler (ürün hazırsa buna gerek yok) ve (ii) yapı ürünlerinin konumlandırılması için gereken ölçülerde ilgili ölçeğin ölçülendirme kurallarını uygulamada yetersiz düzeyde (hata ya da eksiklik var)	(i) Parça ve bileşenlerinin üretilmesi için gereken ölçüler (ürün hazırsa buna gerek yok) ve (ii) yapı ürünlerinin konumlandırılması için gereken ölçüler ilgili ölçeğin ölçülendirme kurallarını uygulamada kabul edilebilir düzeyde (hata ya da eksiklik var)	(i) Parça ve bileşenlerinin üretilmesi için gereken ölçüler (ürün hazırsa buna gerek yok) ve (ii) yapı ürünlerinin konumlandırılması için gereken ölçüler ilgili ölçeğin ölçülendirme kurallarını uygulamada yeterli düzeyde
	Toplam Ölçü	İlgili öge ya da mekanların toplam ölçüsü verilmemiş.	İlgili öge ya da mekanların toplam ölçüsü yetersiz düzeyde (hata ya da eksiklik var)	İlgili öge ya da mekanların toplam ölçüsü kabul edilebilir düzeyde (hata ya da eksiklik var)	İlgili öge ya da mekanların toplam ölçüsü yeterli düzeyde
	Ölçü Yazısı ve Çizgisel İfadesi	Ölçülendirme yazıları diğer çizgi ve taramalar ayırt edilemiyor. Ölçü çizgileri arasındaki uzaklık (12mm, 8mm, 8mm vb.) belirli bir biçimde kurgulanmamış.	Ölçülendirme çizgisel ifadelerinin yapı bileşenleri çizgi, taramalarından ayırt edilmesinde ve aralarındaki mesafeler yetersiz düzeyde	Ölçülendirme çizgisel ifadelerinin yapı bileşenleri çizgi, taramalarından ayırt edilmesinde ve aralarındaki mesafeler kabul edilebilir düzeyde	Ölçülendirme yazıları yapı bileşenleri çizgi ve taramalarından ayırt edilebiliyor. Ölçü çizgileri arasındaki uzaklık yeterli düzeyde kurgulanmış.

Tablo B MTÇ-DP formunun son hali (devam)

Yazılar	Gereç ve Montaj Yazıları	Çizimdeki tüm ürünlerin üretilmesi ve montajına ilişkin gerekli açıklamalar (ürün ismi ve ürünün özelliği hakkında) bulunmamakta	Çizimdeki tüm ürünlerin üretilmesi ve montajına ilişkin gerekli açıklamalar (ürün ismi ve ürünün özelliği hakkında) yetersiz düzeyde (hata ya da eksiklik var)	Çizimdeki tüm ürünlerin üretilmesi ve montajına ilişkin gerekli açıklamalar (ürün ismi ve ürünün özelliği hakkında) kabul edilebilir düzeyde (hata ya da eksiklik var)	Çizimdeki tüm ürünlerin üretilmesi ve montajına ilişkin gerekli açıklamalar (ürün ismi ve ürünün özelliği hakkında) yeterli düzeyde.
	Mekan Yazıları	Mekanlara ilişkin m ² , tavan, döşeme ve duvar açıklamaları bulunmamakta	Mekanlara ilişkin m ² , tavan, döşeme ve duvar açıklamalar yetersiz düzeyde (hata ya da eksiklik var) bulunmakta.	Mekanlara ilişkin m ² , tavan, döşeme ve duvar açıklamaları kabul edilebilir düzeyde (hata ya da eksiklik var)	Mekanlara ilişkin m ² , tavan, döşeme ve duvar açıklamaları yeterli düzeyde
	Okunaklılık	Yazıların okunaklılığı (min. 2.5mm olması ve üst üste gelmemesi, font çeşitliliği ve ölçü yazılarının yuvarlanması) sağlanamamış	Yazıların okunaklılığı (min. 2.5mm olması ve üst üste gelmemesi, font çeşitliliği ve ölçü yazılarının yuvarlanması) yetersiz düzeyde	Yazıların okunaklılığı (min. 2.5mm olması ve üst üste gelmemesi, font çeşitliliği ve ölçü yazılarının yuvarlanması) kabul edilebilir düzeyde	Yazıların okunaklılığı (min. 2.5mm olması ve üst üste gelmemesi, font çeşitliliği ve ölçü yazılarının yuvarlanması) yeterli düzeyde
Referans İşaretler, Semboller	Referans İşaretler, Sembollerin İfade Yeterliliği	(i) Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), (ii) Çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ifadelerinin hiçbiri bulunmuyor.	(i) Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), (ii) Çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ifadeleri yetersiz düzeyde	(i) Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), (ii) Çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ifadeleri kabul edilebilir düzeyde	(i) Semboller (kapı pencere vb. pozları, kotlar ve giriş-çıkış okları vb.), (ii) Çapraz-başvuru işaretlemeleri (kesit çizgileri, farklı çizimlerin birbirini göstermesi) ifadeleri yeterli düzeyde
	Referans İşaretler, Sembollerin Büyüklüğü	Referans işaretler ve sembollerin büyüklükleri ölçeğe uygun biçimde okunaklı değil	Referans işaretler ve sembollerin büyüklüklerinin ölçeğe uygun biçimde okunaklı olması yetersiz düzeyde.	Referans işaretler ve sembollerin büyüklüklerinin ölçeğe uygun biçimde okunaklı olması kabul edilebilir düzeyde	Referans işaretler ve sembollerin büyüklüklerinin ölçeğe uygun biçimde okunaklı olması yeterli düzeyde

Tablo B MTÇ-DP formunun son hali (devam)

Pafta Düzeni	Antet Kullanımı	Plan, kesit, görünüş çizimlerinin ölçek (1:50 1:20 vb.) yazıları, konum yazıları (1.kat 2. kat vb), ve diğer yazılar belirtilmemiş	Plan, kesit, görünüş çizimlerinin ölçek (1:50 1:20 vb.) yazıları, konum yazıları (1.kat 2. kat vb), ve diğer yazılar yetersiz düzeyde,	Plan, kesit, görünüş çizimlerinin ölçek (1:50 1:20 vb.) yazıları, konum yazıları (1.kat 2. kat vb), ve diğer yazılar kabul edilebilir düzeyde	Plan, kesit, görünüş çizimlerinin ölçek (1:50 1:20 vb.) yazıları, konum yazıları (1.kat 2. kat vb), ve diğer yazılar yeterli düzeyde
	Çizim Konumlandırma	Plan, kesit, görünüş çizimleri ve paftadaki diğer temsiller (3B görseller vb.) dışında paftada bırakılan boşluklarda dengesizlikler var (boşlukların hiçbiri eşit ya da oranlı değil)	Plan, kesit, görünüş çizimler ve paftadaki diğer temsillerin (3B görseller vb.) paftadaki konumları yetersiz düzeyde,	Plan, kesit, görünüş çizimler ve paftadaki diğer temsillerin (3B görseller vb.) paftadaki konumları kabul edilebilir düzeyde	Plan, kesit, görünüş çizimlerinin pafta içerisindeki konumları yeterli düzeyde belirlenmiş
	Yazı, Ölçü ve Sembollerin Paftadaki Konumları	Paftada yazı, ölçü ve semboller ilgili çizimlerden kopuk durumlar ve paftadan taşıyorlar.	Paftada yazı ölçü ve semboller ilgili çizimlerden kopuk duruyorlar.	Paftada yazı ölçü ve sembollerin ilgili çizimler ile konumları kabul edilebilir düzeyde	Paftada yazı ölçü ve sembollerin ilgili çizimler ile konumları yeterli düzeyde belirlenmiş
* Bu durumda çizim değerlendirmeye alınmayacaktır.					

Deneylerde Kullanılan Ölçekler

Tablo C-1 NASA-RTLX Ölçeği ([286]'dan uyarlama)

		Düşük 0 ve Yüksek 100 (Likert 5'er artmaktadır.)																				
Zihinsel Talep (MD) Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, yapı ürünlerinin montajını tamamlamanız için gereken zihinsel talebi (yani arama, analiz, yargılama ve karar verme) nasıl puanlarsınız? (0, son derece kolay ve basit anlamına gelir ve 100, en zor ve karmaşık anlamına gelir)	Düşük																					Yüksek
Fiziksel Talep(PD) Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, yapı ürünlerinin montajını ve 2B çizim analizini tamamlamanız için fiziksel talebi (yani operasyon, kas kontrolü, yorgunluk vb.) nasıl puanlarsınız?	Düşük																					Yüksek
Zamansal Talep(TD) Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, yapı ürünlerinin montajını ve 2B çizim analizini tamamlamanız için işin hızını nasıl puanlarsınız? 0, son derece düşük zaman baskısı ve yavaş tempo anlamına gelir, 100, zorluklara ve paniğe neden olan en hızlı tempoyu ifade eder.	Düşük																					Yüksek
Performans(PL) Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, yapı ürünlerinin montajını ve 2B çizim analizini tamamlamadaki performansınızı nasıl puanlarsınız?	İyi																					Zayıf
Çaba/Efor (EL) Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, yapı ürünlerinin montajını ve 2B çizim analizini tamamlamanız için gereken çabayı nasıl puanlarsınız?	Düşük																					Yüksek
Rahatsızlık Seviyesi(FL) Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, yapı ürünlerinin montajını ve 2B çizim analizini tamamlamadaki hayal kırıklığı düzeyinizi (yani stres, kaygı, hayal kırıklığı, endişe) nasıl puanlarsınız?	Düşük																					Yüksek

Tablo C-2 Paas’ın içsel ve etkili bilişsel yükü ölçeği ([279]’den uyarlama)

	1 En düşük ve 9 En Yüksek seviye								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, yapı ürünlerinin montajını ve 2B çizim analizini ne kadar zor bulduğunuzu ölçek üzerinde belirtiniz.									
Sarmalayıcı sanal gerçeklik uygulamasında, problemi çözmek için için sarf ettiğiniz çabayı ölçek üzerinde belirtiniz.									

Tablo C-3 İçsel motivasyon ölçeği: İlgi duyma/hoşlanma faktörü ([295]’den uyarlama)

	1 En düşük ve 7 En Yüksek seviye						
	1	2	3	4	5	6	7
Bu işi yapmak çok hoşuma gider							
Bu işi yapmak eğlencelidir							
Bunun sıkıcı bir iş olduğunu düşünüyorum.							
Bu iş hiç ilgimi çekmez							
Bu işi çok ilginç bulurum							
Bu iş bence hayli eğlencelidir.							
Bu işi yaparken çok zevk alırım							

Tablo C-4 Öz-yeterlik ölçeği ([296]'dan uyarlama)

	1 En düşük ve 7 En Yüksek seviye						
	1	2	3	4	5	6	7
Bu dersten çok iyi bir not alacağıma inanıyorum.							
Bu derste okumam için verilecek en zor konuları bile anlayacağımdan eminim.							
Bu derste anlatılan temel kavramları anlayabileceğim konusunda kendime güveniyorum.							
Bu derste öğretmenin anlatacağı en zor konuyu bile anlayacağıma güveniyorum.							
Bu derste ödevleri ve sınavları mükemmel yapabileceğim konusunda kendime güveniyorum.							
Bu derste başarılı olmayı bekliyorum.							
Eminim ki bu derste öğretilen tüm becerileri ustalıkla yapabilirim.							
Dersin zorluğunu, öğretmeni ve becerilerimi dikkate aldığımda, bence bu derste başarılı olurum.							

Tablo C-5 Algılanan keyif ölçeği ([297]'den uyarlama)

	1 En düşük ve 7 En Yüksek seviye						
	1	2	3	4	5	6	7
Sistemi kullanmak keyiflidir.							
Mevcut hali ile sistemi kullanmak zevklidir.							
Sistemi kullanmak eğlencelidir							

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Konferans Bildirileri

1. Tastan, H., & Tong, T., “Mimarlıkta Malzeme ve Detay Eğitimi için Sarmalayıcı Sanal Gerçeklik Tabanlı Ciddi Oyun Tasarımı ve Kullanılabilirliği” in the Mimarlıkta Sayısal Tasarım XVI. Ulusal Sempozyumu, 2022, ISBN: 978-605-73552-3-2.

Makaleler

1. Tastan, H., & Tong, T., “Immersive virtual reality in AECO/FM to enhance education: Systematic literature review and future directions.” *Computer Applications in Engineering Education*, 2023, doi: 10.1002/cae.22631.

