

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TABANLI
MOBİL UYGULAMA ÖNERİSİ

Kübra GÜLBAHAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mimarlık Anabilim Dalı

Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Temmuz, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MİMARLIK EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TABANLI
MOBİL UYGULAMA ÖNERİSİ

Kübra GÜLBAHAR tarafından hazırlanan tez çalışması 23.07.2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Mimarlık Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Yıldız Teknik Üniversitesi

Tez Danışmanı

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG, Danışman

Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Meral ERDOĞAN, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Belinda TORUS, Üye

Yıldız Teknik Üniversitesi

Danışmanım Dr. Öğr. Togan TONG sorumluluğunda tarafımca hazırlanan Mimarlık Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Mobil Uygulama Önerisi 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.

Kübra GÜLBAHAR

TEŞEKKÜR

Geleceğin önemli bir teknolojisi olacağı öngörülen Mobil Artırılmış Gerçeklik uygulamalarının mimarlık eğitime olabilecek katkıları incelenmiştir. Mimarlık eğitiminde geleneksel yöntemlere destek olan ve mimari tasarım sürecini zenginleştiren (StudioART Tool Box) mobil uygulaması ile sonuçlandırılan bu çalışmanın, yeni nesil öğreti teknikleri adı altında yeni eğitim yaklaşımları için basamak olacağını düşünmekteyim.

Öncelikle, yüksek lisans süreci ve tez çalışmalarım boyunca destek ve bilgisini benden esirgemeyen danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Togan Tong'a, akademik ve kişisel gelişim üzerindeki emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Sonrasında bu zorlu tez sürecinde her zaman yanımda olan kardeşim Zehra'ya ve arkadaşlarım Sevcan'a, Gizem'e ve Gökhan'a teşekkür ederim.

Tüm eğitim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen, çalışmamda yazılım desteği ile her zaman yanımda olan eşim Doğan'a teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Kübra GÜLBAHAR

İÇİNDEKİLER

KISALTMA LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
ÖZET	XI
ABSTRACT	XIII
1 Giriş	1
1.1 Literatür Özeti.....	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	3
2 Mobil Uygulamalar ve Artırılmış Gerçeklik	4
2.1 Mobil Telefonların Gelişimi	6
2.2 Mobil Telefonların İşletim Sistemleri.....	10
2.2.1 Mobil İşletim Sistemlerinin Karşılaştırılması	13
2.3 Mobil Uygulamalar.....	14
2.3.1 Mobil Uygulamaların Gelişimi	14
2.4 Artırılmış Gerçeklik	15
2.4.1 Artırılmış Gerçeklik Bileşenleri ve Çalışma Şekli	31
2.4.2 Artırılmış Gerçeklik Tarayıcıları ve Geliştirme Ortamları	35
2.4.3 Artırılmış Gerçeklik Türleri	43
3 Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları	46
3.1 Artırılmış Gerçeklik Mobil Uygulamaları	46
3.2 Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları	53
3.2.1 Farklı Disiplinlerde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları	54
3.2.2 Mimarlık Eğitimi ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları	57
4 Mimarlık Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Mobil Uygulama Önerisi	67
4.1 Öneri Uygulamanın Çıkış Noktası.....	67
4.2 Öneri Uygulama Bileşenleri ve Çalışma Şekli	68
4.3 Öneri Uygulama Akış Şeması	69

4.4 Uygulamanın Kullanıcı Analizi	76
4.5 StudioART Tool Box Versiyon 2 Senaryosu ve Bileşenleri	83
4.6 Teknolojik Sınırlamalar	85
4.7 Gelecek Öngörüler	86
5 Sonuç ve Öneriler	88
A Anket 1. Aşama (Bilgilendirme)	92
B Anket 2. Aşama (Ön Test)	93
C Anket 3. Aşama (Uygulama Deneyimi)	94
Kaynakça	95
Tezden Üretilmiş Yayınlar	110

KISALTMA LİSTESİ

1G	The First Generation Of Wireless Telephone Tegnology (İlk Nesil Kablosuz Telefon Teknolojisi)
2G	The Second Generation Of Wireless Telephone Tegnology (İkinci Nesil Kablosuz Telefon Teknolojisi)
3G	The Third Generation Of Wireless Telephone Tegnology (Üçüncü Nesil Kablosuz Telefon Teknolojisi)
4G	The Fourt Generation Of Wireless Telephone Tegnology (Dördüncü Nesil Kablosuz Telefon Teknolojisi)
2B	2 Boyutlu
3B	3 Boyutlu
AG	Artırılmış Gerçeklik
API	Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
HMD	Head Mounted Display (Başa Takılan Ekran)
HTTP	Hypet Metin Transfer Protocol (Yüksek Metin İletişim Protokolü)
GIS	Geographic Information System (Coğrafi Bilgi Sistemi)
GPS	Global Positioning System (Coğrafi Konumlandırma Sistemi)
MIME	Multipurpose Internet File Extension (Çok Amaçlı İnternet Dosya Uzantısı)
REST	Representational State Transfer (Temsili Durum Aktarımı)
SG	Sanal Gerçeklik
SDK	Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Kiti)
SLAM	Simultaneous Localization and Mapping (Eşzamanlı Lokalizasyon ve Haritalama)
SMS	Short Message Service (Kısa Mesaj Servisi)
UI	User Interface (Kullanıcı Arayüzü)

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2. 1	Kablosuz bağlantı [15]	5
Şekil 2. 2	İlk araç telefonu [18]	6
Şekil 2. 3	İlk ticari cep telefonu DynaTAC [20]	7
Şekil 2. 4	İlk çevirme telefonu StarTAC [27]	8
Şekil 2. 5	Nokia 9000 Communicator ilk akıllı telefon [20]	9
Şekil 2. 6	Sharp J-SH04, dünyanın ilk kameralı telefonu [28]	9
Şekil 2. 7	RIM'in ilk Blackberry cep telefonu 5810 [29]	9
Şekil 2. 8	Android İşletim Sistemi versiyonları [35]	12
Şekil 2. 9	Mobil işletim sistemleri Dünya pazar payı [42]	13
Şekil 2. 10	Mobil işletim sistemleri Türkiye pazar payı [43]	13
Şekil 2. 11	Gerçeklik- Sanallık Sürekliliği [6]	16
Şekil 2. 12	Ortam Tabanlı Gerçeklik sınıflandırması [51]	16
Şekil 2. 13	Steve Mann'ın Gerçeklik, Sanallık ve Medialite Taksonomisi [52]	17
Şekil 2. 14	Ortaya çıkan teknolojiler için Hype Döngüsü [53]	18
Şekil 2. 15	Simülatör makinesi (Sensorema) [9]	19
Şekil 2. 16	İlk başa takılan ekran the Sword of Damocles [55]	19
Şekil 2. 17	Kullanıcıya tel çerçeve gösteren ilk başa takılan ekran [55]	20
Şekil 2. 18	Videoplace kullanımından bir görüntü [57]	20
Şekil 2. 19	TV'de Yayınlanan RADAR AG sistemi	21
Şekil 2. 20	Thomas Furness'in uçuş simülatörü [59]	21
Şekil 2. 21	Caudell ve Mizell tarafından geliştirilen AG sistemi [61]	22
Şekil 2. 22	Louis Rosenberg, Sanal Armatürler denilen AG sistemi [62]	22
Şekil 2. 23	Bakım ve onarım işlerini açıklayan taşınabilir AG sistemi [10]	23
Şekil 2. 24	Siberuzay'da Dans deneyi sırasında iki dansçı [63]	23
Şekil 2. 25	Bir jiroskop-kamera cihazı ve bina navigasyon uygulaması [64] .	23
Şekil 2. 26	Prototip kampüs bilgi sisteminden görüntüler [11]	24
Şekil 2. 27	Yansıtım olmadan ve yansıtılan görüntülerle güçlendirilen basit fiziksel modellin iki farklı görüşü [66]	24
Şekil 2. 28	Steve Mann'ın Eye Tap sistemi [69]	25
Şekil 2. 29	İlk dış mekân oyunu ARQuake [70]	26
Şekil 2. 30	Halihazırdaki haliyle Hera Tapınağı'nın kalıntıları ve canlı videonun üzerine işlenmiş model ile artırılmış tapınak [71]	26
Şekil 2. 31	İlk kişisel dijital asistan üzerinde çalışan AG uygulaması [73]	27
Şekil 2. 32	Kullanıcı cep telefonunda Transparan AG'i destekleyen uygulama [12]	27
Şekil 2. 33	Ek sensörlere sahip mobil görüntüleme cihazı görme modu ve harita görüntüleme modu [74]	28
Şekil 2. 34	Wikitude Drive uygulaması [77]	29
Şekil 2. 35	Google Glass görünümü [78]	29
Şekil 2. 36	Volkswagen MARTA uygulaması [79]	29
Şekil 2. 37	ORA-X Akıllı Kulaklık [80]	30
Şekil 2. 38	Microsoft HoloLens [81]	30
Şekil 2. 39	Artırılmış Gerçeklik teknolojisi üzerine önemli gelişmelerin zaman çizelgesi	31

Şekil 2. 40	AG sistemlerin genel olarak çalışma şekli	34
Şekil 2. 41	AG tarayıcıları ve AG yazılım geliştirme ortamları.....	36
Şekil 2. 42	Artırılmış Gerçeklik türleri [77] [12] [121] [119].....	44
Şekil 2. 43	Mobil Artırılmış Gerçeklik evrimi [73]	45
Şekil 3. 1	ARki AG uygulamasının kullanıcı arayüzü	47
Şekil 3. 2	Uygulama arayüzünden görünüşler	48
Şekil 3. 3	Uygulama arayüzünden görünüşler	48
Şekil 3. 4	Istaging uygulaması arayüzü ve kullanıcı deneyimi.....	49
Şekil 3. 5	LandscapAR uygulamanın kullanımı	49
Şekil 3. 6	Uygulamanın kullanımına yönelik adımlar.....	50
Şekil 3. 7	Marshall Gör & Boya uygulamasının kullanım dizgesi.....	51
Şekil 3. 8	Sun Locator Lite uygulamasına ait kullanıcı arayüzü	52
Şekil 3. 9	Tasarım sürecinde gerçekleşen eylemler [154]	59
Şekil 3. 10	Tasarım stüdyo derslerinde takip edilen tasarım süreci [150]	59
Şekil 3. 11	Sistem kurulumu ve TAR sisteminin stüdyoda kullanımı.....	60
Şekil 3. 12	Mimarlık öğrencilerinin U-AR ile yapmış oldukları bir çalışma örneği	61
Şekil 3. 13	SketchAR kurulumu ve yazılım ile oluşturulmuş 3B model	61
Şekil3. 14	Stüdyo ortamına AG kurulum şeması ve AG modellerini sunan öğrenciler	62
Şekil 3. 15	Unity tabanlı uygulama aracılığıyla sanal modelin temsili.....	63
Şekil 3. 16	Öğrenciler tarafından oluşturulan sanal modelin yerinde görselleştirilmesi.....	63
Şekil 3. 17	CORAULIS sistemi için olası yerleşim görseli	64
Şekil 3. 18	Augment AG tarayıcı ile yapılan öğrenci çalışmaları	65
Şekil 4. 1	Mimari tasarım sürecine entegre edilen StudioART Tool Box Versiyon 1 uygulamasının potansiyel yeri.....	67
Şekil 4. 2	StudioART Tool Box mobil uygulama strüktürü.....	69
Şekil 4. 3	StudioART Tool Box ana ekran ve menü içerikleri.....	70
Şekil 4. 4	Hava Durumu içeriği	71
Şekil 4. 5	Pusula Sekmesi içeriği	71
Şekil 4. 6	Aydınlık Düzeyi sekmesi içeriği	72
Şekil 4. 7	Gürültü Seviyesi içeriği.....	73
Şekil 4. 8	Renk Paleti içeriği.....	73
Şekil 4. 9	Trafik Sekmesi içeriği	74
Şekil 4. 10	Güneş Pozisyonu içeriği.....	74
Şekil 4. 11	Topografya içeriği	75
Şekil 4. 12	StudioART Tool Box uygulamasının kullanıcı analizi süreci	77
Şekil 4. 13	Öneri uygulama kullanımından önce bilgilendirme ve Anketin birinci aşamasının uygulanması-öneri uygulamanın test edilmesi-anketin ikinci aşamasının uygulanması.....	77
Şekil 4. 14	Birinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi	78
Şekil 4. 15	İkinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi.....	78
Şekil 4. 16	Üçüncü önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi.....	78
Şekil 4. 17	Dördüncü önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi.....	79
Şekil 4. 18	Beşinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi	79

Şekil 4. 19	Altıncı önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi	80
Şekil 4. 20	Yedinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi.....	80
Şekil 4. 21	Sekizinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi.....	80
Şekil 4. 22	Dokuzuncu önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi.....	81
Şekil 4. 23	Mimari tasarım sürecine entegre edilen StudioART Tool Box Versiyon 2 uygulamasının potansiyel yeri.....	83
Şekil 4. 24	StudioART Tool Box Versiyon 2 menü içerikleri ve kullanıcı arayüzü	84
Şekil 4. 25	Artırılmış çevre ve artırılmış çevre verilerinin stüdyo ortamında StudioART Tool Box aracılığıyla deneyimlenmesi.....	85



TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	Artırılmış Gerçeklik tarayıcı ve geliştirme ortamlarının karşılaştırılması	42
Tablo 3. 1	Ticari mobil AG uygulamalarının karşılaştırılması	53
Tablo 3. 2	Mimarlık eğitimi kapsamında yapılan çalışmaların karşılaştırılması..	66



MİMARLIK EĞİTİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK TABANLI MOBİL UYGULAMA ÖNERİSİ

Kübra GÜLBAHAR

Mimarlık Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Togan TONG

Artırılmış Gerçeklik (AG), fiziksel çevre ortamıyla sanal ortamın eş zamanlı birleştirilmesiyle oluşturulan yeni bir algı ortamı gerçek çevrenin canlandırılmış, zenginleştirilmiş görünümüdür. Bunun gibi teknolojiler, bilgiyi görselleştirmek, temsil etmek ve anlamak için yeni bir çerçeve sunar. Artırılmış Gerçeklik teknolojisi, eğlence, turizm, reklamcılık, tıp, mimarlık ve eğitim gibi birçok alanda kullanım fırsatı bulmuştur. Teknolojideki gelişmeler her alanda olduğu gibi eğitim alanında da oldukça etkilidir. Bu nedenle, tez çalışmasında Artırılmış Gerçeklik mobil teknolojiler çerçevesinde incelenmiş, mimarlık eğitimi sürecinde verinin görselleştirilmesine destek olarak kullanıcıyı çevreleyen interaktif bir sistem önerisi yapılmıştır.

Birinci bölümde, tez çalışmasının amacı ve hipotezi belirtilmiş, mobil ve AG teknolojilerinin ilerlemesi üzerine önemli gelişmelerden bahsedilmiştir.

İkinci bölümde, mobil telefonların günlük hayattaki ve eğitim ortamındaki yerini belirlemek adına mobil telefonların ve uygulamalarının gelişimi geçmişten günümüze kadar incelenmiştir. Ayrıca, AG teknolojilerin kronolojik olarak ortaya çıkan önemli gelişmeleri irdelenmiştir. Bir sonraki adımda AG teknolojileri yazılımsal ve donanımsal olarak incelenerek her iki teknolojinin kesişimi üzerinde durulmuştur.

Üçüncü bölümde, Google Play Store'da farklı kategori başlığı (eğlence, yaşam tarzı, fotoğrafçılık, eğitim vb.) altında bulunan ve kendi alanında popüler olan AG uygulamaları ve AG teknolojilerinin eğitim üzerine yapılmış AG çalışmaları dördüncü bölümde açıklanacak olan öneri uygulama temeli için detaylı bir şekilde araştırılıp incelenmiştir.

Dördüncü bölümde ise önerilen AG tabanlı StudioART Tool Box uygulamasının sistem özellikleri ve alt yapısı açıklanmış ve uygulamayı deneyimleyen öğrencilerin görüşleri ile tezin amacı ve hipotezi doğrulanmaya çalışılmıştır. Bu mobil uygulama ile Mimari Tasarım Stüdyo Dersi sürecini AG ile zenginleştirerek veri toplama ve bu verileri tasarım sürecinde etkili bir şekilde kullanabilmek hedeflenmiştir.

Son bölümde, bu çalışmalar doğrultusunda AG tabanlı mobil araç olan StudioART Tool Box Android uygulamasının mimari tasarım sürecinin bir parçası olarak mimarlık eğitiminde kullanımı ele alınmış, yapılan kullanıcı deneyimlerinden toplanan veriler ışığında gelecekteki gelişmeler için önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Artırılmış Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik mobil uygulamaları, artırılmış çevre, fiziksel çevre verileri, mimarlık eğitimi, mimarlık stüdyo dersi.



AUGMENTED REALITY BASED MOBILE APPLICATION PROPOSAL IN ARCHITECTURAL EDUCATION

Kübra GÜLBAHAR

Department of Architecture

MSc. Thesis

Advisor: Assist. Prof. Dr. Togan TONG

Augmented Reality (AR) is the animated, enriched view of the real environment created by the simultaneous combination of the physical environment and the virtual environment. Technologies like this provide a new framework for visualizing, representing and understanding information. Augmented Reality technology has had the opportunity to use in many areas such as, entertainment, tourism, advertising, medicine, architecture and education. The developments in technology are very effective in the field of education as in every field. Therefore, in the thesis study, Augmented Reality is examined within the framework of mobile technologies, and an interactive system suggestion is made surrounding the user in support of visualization of data in the process of architectural education.

In the first part, the aim and hypothesis of the thesis study is and important developments on the progression of mobile and AR technologies are mentioned.

In the second chapter, the development of mobile phones and their applications in order to determine the place of mobile phones in daily life and education environment has been examined from the past to the present. In addition, important chronological developments of AR technologies are discussed. In the next step, AR technologies are examined in terms of software and hardware and the intersection of both technologies is emphasized.

In the third chapter, in the Google Play Store, AR applications and AR technologies, which are popular under different category titles (entertainment,

life style, photography, training, etc.) under the field of education, are studied and examined in detail in order to provide proposal application basis which will be explained in the third chapter.

In the fourth chapter, the system features and infrastructure of the proposed AR based StudioART Tool Box application are explained and the aim and hypothesis of the thesis is tried to be verified by the opinions of the students who experience the application. With this mobile application, it is aimed to enrich the Architectural Design Studio Course process with AR and to use this data effectively in the design process.

In the last chapter, according to this study, StudioART Tool Box Android application, which is an AR based mobile tool, as a part of the architectural design process, has been discussed in the light of the data collected from the user experiences and suggestions are made for future developments.

Keywords: Augmented Reality, mobile Augmented Reality applications, augmented environment, physical environment data, architecture education, architecture studio course.

1.1 Literatür Özeti

İnsanlar, tarihteki diğer zamanlardan daha fazla hareket halindedirler ve hareket halindeyken yanlarında teknoloji taşımaktadırlar. Potansiyel olarak taşıyabilecekleri teknoloji ile yapılabilecek bir şeyi yapmak için belirli bir yere gitme kavramı bugün insanlar için, özellikle de gençler için çok çekicidir. Kablosuz mobil sistemlerin icat edilmesiyle sınırlı radyo frekansı, hücresel bir yapı içinde düzenlenmiş bir hücre grubunda sınırsız sayıda kullanıcıya hizmet etmek için yeniden kullanıma olanak tanımıştır [1]. Akıllı telefonlar, günlük yaşamda çok kullanışlı olan yeni çağın sayısal cihazları ve yeteneklerine bakarak, mobil bilgisayarları diyebiliriz. Bu cihazlar tipik cep telefonunun özelliklerine ve çok güçlü veri hesaplama kabiliyetine sahiptir. Günümüzde akıllı telefonlar, başlangıçta masaüstü bilgisayarlarda mümkün olan çok karmaşık uygulamaları sahip oldukları işletim sistemleri sayesinde yürütme yeteneğine sahiptir. Ayrıca bu işletim sistemleri birçok farklı telefon modeline kurulabilir ve genellikle her bir cihaz kullanım ömrü boyunca birden fazla işletim sistemi yazılımı güncellemesi alabilmektedir [2]. Akıllı telefonlar her görevi daha kolay hale getiren kullanıcı arayüzüne (user interface) sahiptirler. Kullanıcı arayüzü, kullanıcının etkileşime girebileceği bir bilgi cihazında tasarlanan her şeydir [3].

Algı, bir ortamı temsil etmek ve anlamak için duyuşal bilgilerin düzenlenmesi, tanımlanması ve yorumlanmasıdır. Sanal Gerçeklik (SG), sabit ve sınırlanmış parametreler kümesi altında zenginleştirilen yakın çevrede artış ve algı sağlamayı amaçlarken, kullanıcı gerçeği nesne birleştirme yeri ile aynı yerde algılayabilir.

Azuma'ya göre, Artırılmış Gerçeklik (AG) sistemini sanal ve fiziksel nesnelerin birleşimi ve hizalaması olarak tanımlamış, bu bileşenler gerçek zamanlı olarak 3 boyutlu (3B) alanda etkileşimli olarak çalışabilmektedir [4] [5].

Sanal alan, artırılmış alan ve bunların hepsini kapsayan karma alanın tüm ara formları arasındaki ilişki 1994 yılında Milgram ve Kishino tarafından formülize edilmiştir [6]. Bu genelleme sonrasında SG, AG kavramları gelecek çalışmalarla derinleştirilmiştir.

Bu teknolojilerin bazen kasıtlı bir sonucu olarak, bazen yanlışlıkla veya istenmeyen bir yan etki olarak, gerçeklik değiştirebilir veya ortam tabanlı olarak tekrar düzenlenebilir [7]. Starner ve arkadaşlarına göre ortam tabanlı gerçeklik, duyuşal girdiyi değiştirmek için artırma, kasıtlı olarak azaltma ve daha genel olarak aygıtlarla insan algısının yapay modifikasyonu için genel bir çerçeveyi ifade etmektedir [8].

Küresel araştırma ve danışmanlık şirketi olan Gartner, güncel teknolojilerin birbirine bağlı dünyasını, arayüz eğilimleri, analitik gelişmeler ve yeni dijital sınırlar dahilinde birçok yönden Hype Döngüsü ile grafiksel olarak ele almıştır. Ortaya çıkan bu teknolojilerin maruz kaldığı trendler, üzerinde çalışılan projelerin etkileme potansiyeline sahip bir sonraki en etkili teknolojiler olmaya aday olduğunu, uygulayıcıların ve geliştiricilerin aktif olarak bu teknolojileri izlenmeleri gerektiğini ileri sürmektedir.

1956 yılında sinema yönetmeni olan Morton Heilig, sinema ortamını daha etkili bir mekân haline getirmek için Sensorama isimli ilk AG sistemini uygulamaya geçirmiştir [9]. Bu gelişmeyi takip eden yıllar boyunca AG teknolojisi gerek konsepte gerekse pratik uygulama alanında gelişme göstermiştir. Bilgi tabanlı AG kullanan bir sistem olan KARMA (Knowledge-based Augmented Reality), 1993'de Steve Feiner ve ekibi tarafından tanıtılan sistem taşınabilir AG'nin ilk örneğini oluşturmasından dolayı önemlidir [10]. 1997 yılında Touring Machine adlı, prototip mobil AG uygulaması önerilmiştir. Bu sistem, baş takip eden, başa takılı, 3B ekran ve işaretçisiz, opak, el tipi, ekran kalem ve dokunmatik alanlı 2B ekran gibi birçok donanımların bir araya gelmesiyle çalışmakta olup, üniversite kampüsü bilgilerini kullanıcıya sunmaktadır. [11]. Bu sistem o zamanın şartlarında mobil olarak adlandırılabilirse bile daha çok günümüzde taşınabilir AG kapsamında ele almak doğru olacaktır. Basitçe söylemek gerekirse, mobil AG nereye gidilirse gidilsin kullanıcının yanında götürebileceği bir AG teknolojisidir.

2004 yılında kullanıcının cep telefonu ile ulaşabileceği ilk transparan (video-seing) AG uygulaması Möhring ve ekibi tarafından tanıtıldı [12]. Bu gelişme ile artık kullanıcılar halihazırda sahip oldukları donanımlar aracılığıyla AG teknolojisine ulaşabilmişlerdir. Bundan sonraki AG teknolojisindeki gelişmeler çok hızlı ilerlemiş mevcut AG tarayıcıları ve AG geliştirme ortamlarına ek olarak mobil piyasada en çok tercih edilen Android ve IOS işletim sistemi tabanlı AG yazılım geliştirme kitleri (Software Development Kit) de ortaya çıkmıştır. SG ve AG uygulamaları üzerinde çalışan geliştiriciler için Haziran 2017’de Apple tarafından ARKit [13], 2018 yılının ilk çeyreğinde Google tarafından ARcore adı verilen platformlar piyasaya sürülmüştür [14].

1.2 Tezin Amacı

Tez kapsamında yapılan araştırmalar ile ortaya çıkan AG tabanlı mobil uygulamanın temelinde, mimarlık eğitiminde tasarım sürecinin bir parçası olmak ve böylece tasarım sürecinde meydana gelen olumsuz geri dönüşlerin üstesinden gelinmesini sağlamak vardır. Bu öneri uygulamanın, mimarlık eğitim sürecine artan yeni teknolojiler aracılığıyla yardımcı olma, öğrencinin ihtiyaçlarına cevap vererek geleneksel eğitim ortamını destekleyici bir sistem olma, öğrencinin akademik performansını geliştirme ve motivasyonunu arttırma için yeni bir araç olmayı amaçlamaktadır.

1.3 Hipotez

AG tabanlı geliştirilen mobil uygulama stüdyo derslerinde tasarımın başlangıç aşamasındaki mimarlık öğrenciler için fiziksel çevre analiz sürecini kısaltarak tasarımın sonraki aşamalarına geçişi kolaylaştıracaktır. Öneri model uygulama ile doğal ve yapılı çevre verileri gibi fiziksel çevreye ait olan bilgilerin toplanmasıyla mimari tasarım stüdyo öğrencilerinin kullanabileceği veriler düzenli bir halde kullanıma hazır hale gelecektir. Bu nedenle öneri uygulama ile fikirlerin üretildiği ve test edildiği tasarımın önemli erken aşamalarında veri toplamayı sağlayarak analiz, sentez ve değerlendirme sürecine katkı sağlanabilir.

Mobil Uygulamalar ve Artırılmış Gerçeklik

Bu bölümde çalışma kapsamında öneri model için donanımsal altyapısı ile ilişkili incelemeler yapılacaktır. Bu yüzden inceleme kapsamını sınırlandırmak için öncelikle kablolu ve kablosuz bağlantılardan bahsedilerek günümüz mobil cihazları üzerinden öneri sistem için fayda oluşturacak teknolojiler incelenecektir.

İnsanlar, tarihteki diğer zamanlardan daha fazla hareket halindedirler ve hareket halindeyken yollarında teknoloji taşımaktadırlar. Potansiyel olarak taşıyabilecekleri teknoloji ile yapılabilecek bir şeyi yapmak için belirli bir yere gitme kavramı bugün insanlar için, özellikle de gençler için çok çekicidir. Bu nedenle gittikçe daha karmaşık hale gelen günümüz toplumunda, bireyler ve kuruluşlar amaçlarını destekleyen yeni teknolojiler aramaya devam etmektedirler.

Bu bağlamda öncelikle ağ cihazları, ağ, kablolu ve kablosuz ağlardan bahsetmekte fayda vardır. Ağ cihazları, bilgisayar ya da benzeri sayısal cihazların birbirleriyle karşılıklı çalışmalarını, iletişim yapmalarını sağlayan ara araçlardır. Bir ağ yapısı bu tür sistemlerin birbirine bağlanmasıyla oluşmaktadır. Yüzlerce iş veya kişisel cihazlardan oluşabileceği gibi iki bilgisayarın birbirine bağlanmasıyla da elde edilebilir. Bu bağlantılar kablolu ve kablosuz olabilmektedir. Kablolu bağlantı, ağdaki cihazların birbirlerine kablo aracılığıyla ile bağlandıkları sistemdir. Kablolu bağlantıda kablo uzunluğunun artması iletişim kalitesini olumsuz etkilemektedir. Kablosuz bağlantı ise kablolu iletişime alternatif olarak uygulanan Radyo Frekansı (RF) teknolojisini kullanarak havadan bilgi alışverişi yapan esnek bir iletişim şeklidir. Bu bağlantı şeklinde ağdaki cihazlar (bilgisayar, yazıcı, kamera, telefon vs.) birbirleri ile ve diğer kablosuz cihazlar ve ekipmanlarla bağlantı oluşturabilirler [15].

2000'lerin başında, kablosuz mobil pazarlar bilgi patlaması ve teknoloji devrimi tarafından başlatılan benzeri görülmemiş bir gelişme yaşamıştır. Kablosuz mobil sistemlerin icat edilmesiyle sınırlı radyo frekansı, hücresel bir yapı içinde düzenlenmiş bir hücre grubunda sınırsız sayıda kullanıcıya hizmet etmek için

yeniden kullanıma olanak tanımıştır (Şekil2.1). Böylece kablosuz iletişim kullanımı önü açılarak birçok teknolojinin gelişimini sağlamıştır [1].



Şekil 2. 1 Kablosuz Bağlantı [15]

Daha önce gelen kablolu teknoloji gibi, mobil kablosuz teknoloji de ilk başta çalışma hayatında üretkenliği ve verimliliği arttırmak için kullanılmıştır. 90'lardan bu yana, eğitimde mobil kablosuz teknolojiye doğru bir hareket olmuştur [16]. Günümüzde kablosuz ve mobil ağlar seyahat, eğitim, bankacılık, askeri, alışveriş, acil tıbbi yardım gibi çeşitli birçok alanda kullanılmaktadır.

Mobil kablosuz teknoloji, mobilite ve kablosuz (wireless) olmak üzere iki alandan oluşmaktadır. Mobilite, kullanıcıya telsiz iletişim kurmak anlamına gelirken, kablosuz, kullanıcıya sürekli erişilebilirlik sağlama anlamına gelmektedir [17]. Bu kapsamda hareketlilik, kullanıcılara sürekli erişilebilirlik olarak tanımlanmaktadır. Kablosuz, iletişim cihazlarını bağlamak için bir sinyal iletmek üzere kablolar veya teller yerine radyo dalgaları, kızılötesi dalgalar ve mikrodalgalar kullanarak iletişim anlamına gelmektedir [16]. Sonuç olarak, mobil kablosuz teknoloji, ağlara bağlanmak, veri iletmek veya başkalarıyla iletişim kurmak için tel veya kablo kullanmadan, kullanıcılara her zaman, her yerde sürekli erişilebilirlik sağlayan teknoloji olarak tanımlanabilir [16].

2.1 Mobil Telefonların Gelişimi

Günümüzde, insanların giderek daha karmaşık bir dünyada yaşama ve coğrafi dağılma ile karşı karşıya kaldığı düşünülürse, yüz yüze görüşme fırsatlarının aralıklarla kesildiği mesafelerde sosyal iletişimin önemli bir bölümünü farklı yollarla sürdürme gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Mobil teknolojiler ve özellikle mobil telefonlar, karmaşık sosyal bir dünyada bir dizi ilişkiyi takip etmeye ve başarılı bir şekilde katılma olanak sağlayan kilit bir katkıda bulunmaktadır. Böylece, mobil teknolojiler, görünüşte fiziksel yakınlık ve konum özgüllüğü kısıtlamalarından arınmış, iletişimin temel faaliyetlerine sürdürebilmeleri için insanları teşvik etmektedir [18].

İlk nesil kablosuz telefon teknolojisi (The first generation of wireless telephone technology) mobil sistemler analogdu ve frekans bölmeli multipleks teknolojisine dayanıyordu [1]. O zamandaki teknolojilerle sınırlı olarak, çoğu telefon büyüktü, evrak çantası büyüklüğünde bir çantaya yerleştirilmiş ya da sürekli olarak bir araca monte edilmiş haldeydi.

1940'larda İngiltere'de ilk kara mobil hizmetleri tanıtılmasından sonra 1947'de Amerikan Telefon ve Telgraf Şirketi (AT&T), New York ve Boston arasında telsiz telefon hizmeti sunan bir "otoyol servisi" işletmeye başlamıştır. 1950'lerin ortalarında ilk telefon donanımlı otomobiller Stockholm'de yola çıkmıştır. Bu araç telefonu sıradan bir telefonun tüm fonksiyonlarını araç aküsü tarafından güç sağlayarak gerçekleştirebilmekteydi. Bu telefonlar çok ağır, hantal ve pahalıydı (Şekil 2.2). 1960'ların ortasına kadar transistör kullanan yeni ekipman piyasaya sürülmedi [18].



Şekil 2. 2 İlk araç telefonu [18]

İlk cep telefonu 1973'te Martin Cooper tarafından geliştirilmiştir (Şekil 2.3). Ancak, Motorola'nın DynaTAC 8000X'i 1983'e kadar ticari olarak temin edilememiştir. [19].



Şekil 2. 3 İlk ticari cep telefonu DynaTAC [20]

1975 yılı başlarında Tokyo'da saha testlerine başlayan NTT (Nippon Telegraph and Telephone) 1979 yılında ilk ticari otomasyonlu hücresel ağ The first generation of wireless telephone technology (1G) piyasaya sürülmüştür. Başlangıçta Tokyo bölgesini kapsarken (20 milyon kullanıcı, 23 baz istasyonu), beş yıl içinde tüm Japonya genelindeki 1G ağı olan Japonya nüfusunu kapsayacak şekilde genişletilmiştir [21].

1980'lerin başında, cep telefonu en iyi araç içi kullanımıyla biliniyordu. Dünyanın ilk Nordic Cep Telefonu ağı 1 Eylül 1981'de Suudi Arabistan'da başlatıldı [20].

Nokia'nın 1982 yılında yayımlanan Mobira Senatörü, türünün ilk örneğidir. Neredeyse 10 kilo ağırlığındaki bir araç telefonu olan Nokia Mobira Senatör, geleneksel bir cep telefonundan çok, büyük bir radyoya benziyordu. 1985 yılında 20 kg'dan fazla pil ile çalışan omuz telefonlarının ortaya çıktığı görülmüştür, ancak çoğunlukla arabalarda kullanılmıştır [22].

1991 yılında, ikinci nesil (2G) dijital hücresel teknoloji, Finlandiya'da GSM (Global Standard for Mobile) standardı Radiolinja tarafından piyasaya sürülmüştür. Bu şebekeler daha yüksek kalitede aramalar sağladı ve daha güvenliydi. Böylece metin mesajları gönderme ve veri iletme gerçekleşmiştir. Bu çağrı Finlandiya Merkez Bankası Başkanı Harri Holkeri, Helsinki belediye başkanını arayarak gerçekleşmiştir [20].

1992 yılında Nokia 1011, dünyanın ilk ticari GSM cep telefonu geliştirildi. Gelecekteki “candy bar” tasarımlarının önünü açan 1011, siyah renkli bir ekrana, genişletilebilir bir antene ve 99 telefon numarasını saklayabilen bir telefon defterine sahipti [23].

1993 yılında IBM Simon Personal Communicator, ticari olarak uygulanabilir bir akıllı telefondaki ilk girişimlerden birini gerçekleştirdi. IBM ile Bellsouth arasındaki ortak bir girişim olan Simon yalnızca ABD’ye satıldı. Telefon numaralarını arama, faks gönderme ve not yazma gibi işlevlerinin çoğunu gerçekleştirmek için dokunmatik ekran ve isteğe bağlı ekran kalem gibi özellikleri bulunmaktaydı [24].

1993 yılında Bluetooth teknolojisi İsveçli Sven Mattisson ve Jaap Haartsen tarafından Ericsson için çalışırken icat edildi ve 1998’de resmi olarak tanıtıldı. Cep telefonları, faksler, dizüstü bilgisayarlar gibi aygıtları bağlamak için güvenli bir yol sağlayan Bluetooth, kullanıcıların kablosuz olarak bilgi alışverişinde bulunmalarına izin vermiştir. Bluetooth, bir kişisel bilgisayar ile fare ve klavyesi arasındaki kablosuz iletişim, kablosuz video oyun denetleyicileri, kablosuz barkod tarayıcıları, trafik kontrol cihazları ve tıbbi cihazlardaki gelişmelere yol açmıştır [25].

SMS (Kısa Mesaj Servisi) cep telefonları arasında kısa mesajların gönderilebilmesi için 1994 yılında geliştirilmiştir [26].

1996 yılında Motorola, dünyanın ilk çevirme telefonu olan StarTAC, hafif ve kompakt bir çerçeveyi temel telefon özellikleriyle birleştiren telefonu geliştirdi (Şekil 2.4). StarTAC mevcut cep telefonlarından ve akıllı telefonlardan daha küçük ve daha hafifti [20].



Şekil 2. 4 İlk çevirme telefonu StarTAC [27]

Aynı yıl Nokia 9000 Communicator 397 gr ağırlığında, sadece 8 MB hafıza ve tek renkli ekrana sahip ilk akıllı telefonu piyasaya sürdü (Şekil 2.5). Bugünün birimlerinden çok uzakta olan 9000 Communicator, ikinci bir ekranı ve bir QWERTY klavyesin bulunuyordu [20].



Şekil 2. 5 Nokia 9000 Communicator ilk akıllı telefon [20]

1900'ın sonunda e-posta gönderebilen ve web kullanan ilk cep telefonlarının ortaya çıktığını görüldü. 2000'de Japonya'da piyasaya sürülen Sharp J-SH04'ü dünyanın ilk kameralı telefonuydu (Şekil 2.6) ve Japonya'daki J-Phone ağına mevcut olan bu uzun cihaz, entegre bir 110.000 piksel CMOS görüntü sensörü ve 256 renkli ekrana sahipti [28].



Şekil 2. 6 Sharp J-SH04, dünyanın ilk kameralı telefonu [28]

RIM'in (Research In Motion) ilk BlackBerry cep telefonu 5810 (Şekil 2.7), hoparlör ve mikrofonu yoktu ve bu nedenle çalışması için bir kulaklık kullanılması gerekiyordu [20].



Şekil 2. 7 RIM'in ilk Blackberry cep telefonu 5810 [29]

Fotoğraf çekebilen bir cep telefonu 2002 yılında piyasaya sunuldu. Nokia 7650, yerleşik bir kameraya sahip ilk cep telefonu idi. Cihaz 176 X 208 piksel çözünürlükte 2,1 inç renkli ekran ve 0,3 mega piksel kamera sunuyordu [20].

2004 yılında geliştirilen Razr, VGA kamera, 2,2 inç 176 X 220 piksel dahili ekran, bluetooth ve 10mb dahili belleğe sahip olan telefondur [30].

2007 yılında ise piyasaya sürülen ilk iPhone, yeni modellere benzer bir boyuta sahipti, ancak MMS mesajlaşma ve video kaydı gibi temel özelliklerden yoksun bir 2G cihazdı [31].

2008 yılında Avustralya'da piyasaya sürülen 3x optik zoom özellikli beş mega piksel kameraya sahip ilk cep telefonu olan G800, kameralı cep telefonu pazarı için büyük bir adımı temsil ediyordu [22].

Google'ın Android destekli ilk telefonu 2009 yılının başlarında Avustralya pazarına girmiştir. ABD'de T-Mobile G1 olarak piyasaya sürülen HTC Dream, özellikle Dream, Avustralya pazarı için markalı bir cihazdı [32].

Nisan 2010 itibarıyla App Store'nin açılışıyla, toplam 4 milyardan fazla indirilen, App Store'da resmi olarak bulunan yaklaşık 185.000 üçüncü taraf uygulaması vardı. Böylece mobil telefon üreticileri bu pazardaki rekabeti hızla takip etmek zorunda kalmıştır. Palm App Katalog, Google'ın Android Market, BlackBerry App World ve Mobile için Windows Market bütün müşterileri için boşlukları doldurmak için çalışmalarını hızlandırmışlardır [22].

2.2 Mobil Telefonların İşletim Sistemleri

Genel olarak mobil cihazlar (akıllı telefon, tablet vb.), telefon fonksiyonlarını, güvenliğini, donanımını, sürücü desteklerini, güç yönetimini ve multimedya fonksiyonlarını kontrol eden özel bir yazılım yardımıyla çalıştırılır. Yüklenen uygulama, belirli işletim sistemleri için geliştirilen uygulamalar olarak bilinir. Mobil işletim sistemi, bir mobil cihazın omurgası olarak kabul edilen, tüm donanımı yöneten ve bir cihazda çalışan yazılımın etkinliğini artıran veri ve program topluluğudur.

Akıllı telefonlar için birçok işletim sistemi vardır. Bu tür işletim sistemleri birçok farklı telefon modeline kurulabilir ve genellikle her bir cihaz kullanım ömrü boyunca birden fazla işletim sistemi yazılımı güncellemesi alabilmektedir [2]. Akıllı telefonlar kullanılan işletim sistemine bağlı olarak sınıflandırılabilir.

- **Android İşletim Sistemi**

Android İşletim Sistemi, Linux çekirdeğini temel alan ve Google tarafından daha sonra Open Handset Alliance (OHA) tarafından geliştirilen mobil cihazlar için kullanılan açık kaynaklı bir yazılım platformu ve işletim sistemidir. Ana dili, resmi olarak desteklenen dil olan Java'dır. 2012 yılında geliştirilen uygulamaların pazara çıktığı platform Android Market uygulama mağazası adı Google Play olarak değiştirilmiştir [33]. Android İşletim Sistemi tabanlı uygulamaya ait temel bileşenleri kısaca açıklayacak olursak;

Etkinlik Sınıfı (Activities) bir Android uygulamasının önemli bir bileşenidir. Etkinliklerin başlatılması, bir araya getirilmesi ve platformun uygulama modelinin temel bir parçasıdır.

Niyetler (Intents), başka bir uygulama bileşeninden bir eylem istemek için kullanılabilen bir mesajlaşma nesnesidir.

Kullanıcı Arayüzü (User Interface), kullanıcının görebileceği ve etkileşime girebileceği her şeydir. Android, uygulama için grafiksel kullanıcı arabirimi oluşturmaya olanak tanıyan yapılandırılmış düzen nesneleri ve kullanıcı arayüzü denetimleri gibi önceden oluşturulmuş çeşitli UI bileşenleri sunar.

Fragmanlar (Fragments), bir aktivitedeki bir davranışı veya kullanıcı arayüzünün bir bölümünü temsil eder. Çok bölmeli bir kullanıcı arayüzü oluşturmak ve bir parçayı birden çok etkinlikte yeniden kullanmak için tek bir etkinlikte birleştirebilmektedir.

Manifestolar (Manifests) her uygulama projesi, proje kaynak setinin kökünde bir AndroidManifest.xml dosyasına sahip olmalıdır. Bildiri dosyası, uygulama hakkında Android derleme araçlarına, Android İşletim Sistemine ve Google Play'e ilişkin temel bilgileri açıklar [34].

Android İşletim Sistemi'nin tatlı isimleri verildiği versiyonların günümüzdeki kullanım oranları aşağıdaki Şekil 2.8'de verilmiştir. Bu versiyonların kullanım oranlarına göre, gelecek bölümlerde mimarlık eğitiminde kullanılması için önerilen mobil uygulamanın başlangıç versiyonu seçilecektir.

Version	Codename	API	Distribution
2.3.3 - 2.3.7	Gingerbread	10	0.3%
4.0.3 - 4.0.4	Ice Cream Sandwich	15	0.3%
4.1.x	Jelly Bean	16	1.2%
4.2.x		17	1.5%
4.3		18	0.5%
4.4	KitKat	19	6.9%
5.0	Lollipop	21	3.0%
5.1		22	11.5%
6.0	Marshmallow	23	16.9%
7.0	Nougat	24	11.4%
7.1		25	7.8%
8.0	Oreo	26	12.9%
8.1		27	15.4%
9	Pie	28	10.4%

Şekil 2. 8 Android İşletim Sistemi versiyonları [35]

- **Blackberry İşletim Sistemi**

Java tabanlı Blackberry İşletim Sistemi, 2002 yılında piyasaya sürülen Research in Motion tarafından geliştirilen bir platformdur [36].

- **Iphone İşletim Sistemi**

IOS, iPhone için geliştirilen ve Darwin POSIX uyumlu kapalı kaynak işletim sistemini benimsenen bir işletim sistemidir. En son sürüm 30 Ekim 2018'de piyasaya sürülen IOS 12.1'dir [37].

- **Samsung İşletim Sistemi**

Tizen olarak bilinen Samsung İşletim Sistemi, akıllı telefonlar, araç içi bilgi-eğlence cihazları, giyilebilir cihazlar, akıllı TV'ler, bilgisayarlar, kameralar ve yazıcılar gibi birden fazla cihaz kategorisini hedefleyen açık kaynaklı bir işletim sistemidir. Tizen mobil uygulamalar için tercih edilen geliştirme ortamı

HTML5'tir. HTML5, geliştiricilerin bir kez kod yazmak için çapraz platform uygulamaları oluşturmalarına ve birden çok platformda çalıştırmalarına izin vermektedir [38].

- **Seri 40 İşletim Sistemi**

S40 olarak kısaltılan 40 Serisi, Nokia'nın geniş orta seviye özellikli cep telefonları serisinin yanı sıra bazı Vertu lüks telefonların bazılarında bulunan bir yazılım platformu ve uygulama kullanıcı arayüzü yazılımıdır [39].

- **Symbian İşletim Sistemi**

Symbian, Nokia tarafından mobil cihazlar için tasarlanmış işletim sistemidir. Ayrıca, Symbian, cihazdan bağımsız uygulamalar yazmak için uygulama geliştiricileri destekleyen açık kaynaklı bir işletim sistemidir [40].

- **Windows İşletim Sistemi**

Window Mobile, Microsoft tarafından geliştirilen ve Windows CE çekirdeğini temel alan bir cep bilgisayar platformudur [41].

2.2.1 Mobil İşletim Sistemlerinin Karşılaştırılması

Statcounter, bölümlere ayrılan mobil işletim sistemi pazar payını yüzde olarak analiz etmiştir. Bu karşılaştırma tablosuna göre Android İşletim Sistemi, 2019'un ilk çeyreğinde dünyada %75 (Şekil 2.9) ve Türkiye'de %82 (Şekil 2.10) pazar payına sahip olduğu görülmektedir. Bu incelemeler ve karşılaştırmalar sonucunda en çok kullanılan mobil işletim sisteminin Android olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 2. 9 Mobil işletim sistemleri Dünya pazar payı [42]



Şekil 2. 10 Mobil işletim sistemleri Türkiye pazar payı [43]

2.3 Mobil Uygulamalar

Mobil uygulama geliştirme, son kullanıcılar arasında akıllı telefonların yaygınlığı ve popülerliği nedeniyle hızla artan yeni bir olgudur. Bu durum yazılım geliştiricilerin dikkatini giderek daha fazla çekmeye başlamıştır [44].

Herhangi bir yeni alanda olduğu gibi, mobil uygulama geliştirme alanında da yapılan çalışmaların kendine özgü yeni zorlukları vardır. Farklı kullanıcılar için erişilebilir kullanıcı arayüzleri oluşturma, geliştirilen uygulamaların birden fazla mobil platformda ele alma, bağlam bilincine sahip uygulamaları tasarlama ve gereksinimlerin belirsizliğini tanımlama gibi zorluklar bulunmaktadır [45].

Mobil uygulamalar genel olarak yerel (native), web tabanlı (web based) ve karma (hybrid) olmak üzere üç kategoriye ayrılır [46]. Yerel uygulamalar bir cihazın işletim sisteminde çalışır ve farklı cihazlara uyarlanması gerekmektedir. Yüksek performans, nihai kullanıcı deneyimi, daha fazla uygulama mağazası görünürlüğü gibi özelliklerinden dolayı en çok tercih edilen uygulamalardır. Web tabanlı uygulamalar, mobil cihazlarda bir web tarayıcısı gerektirir. Hibrit uygulamalar “yerel sarılmış” web uygulamalarıdır. Yapılan çalışmalarda geliştiricilerin cihazın doğal özelliklerini (kamera, sensörler, ivmeölçer, coğrafi konum) kullanabildikleri için yerel uygulamalar geliştirmekle ilgilendiklerini göstermiştir [47].

2.3.1 Mobil Uygulamaların Gelişimi

Akıllı telefonlar, günlük yaşamda çok kullanışlı olan yeni çağın sayısal cihazları ve yeteneklerine bakarak, mobil bilgisayarlar diyebiliriz. Bu cihazlar tipik cep telefonunun özelliklerine ve çok güçlü veri hesaplama kabiliyetine sahiptir. Günümüzde akıllı telefonlar, başlangıçta masaüstü bilgisayarlarda mümkün olan çok karmaşık uygulamaları yürütme yeteneğine sahiptir.

Akıllı telefonlar her görevi daha kolay hale getiren kolay kullanıcı arayüzüne sahiptirler. Kullanıcı arayüzü, bir insanın etkileşime girebileceği bir bilgi cihazında tasarlanan her şeydir [3]. Günümüzde akıllı telefonlar için uygulama geliştirmede yer alan strateji, tasarım, geliştirme, pazarlama, bakım olmak üzere beş adım vardır [48].

Akıllı telefonlar genç bir teknoloji olduğundan, bu küçük sayısal makinelerin donanım ve yazılım yönleri geniş bir araştırma ve geliştirme yelpazesi açmaktadır. Akıllı telefonlarla ilgili en büyük sorun, platform bağımsızlığı sağlamamalarıdır. Yani Android telefon için yazılmış bir uygulama, farklı bir işletim sistemini destekleyen IOS telefonlarda çalışmamaktadır. Bu nedenle, aynı uygulama farklı akıllı telefon veya işletim sistemlerine göre tekrar yazılmalıdır [49].

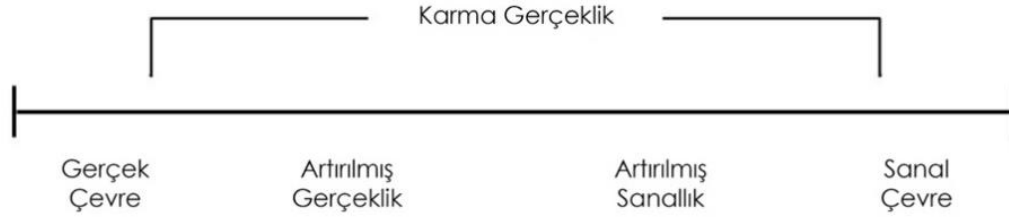
Kullanıcı sayısı ve çeşitliliği yönünden mobil uygulamaların yükselme oranları farklıdır. Günümüzde birçok platformun kendisine ait uygulamaları mevcuttur. Teknolojinin gelişmesiyle yeni uygulama alanlarının ortaya çıkışı, kullanıcı talepleri mobil uygulamaların geliştirme maliyetleri ve satış gelirleri geliştirilen uygulama özelliklerini doğrudan etkilemektedir.

2.4 Artırılmış Gerçeklik

Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality), Sanal Ortamların (Virtual Environment) veya Sanal Gerçekliğin (Virtual Reality) daha yaygın olarak adlandırıldığı bir varyasyondur. Sanal Ortamların teknolojileri tamamen kullanıcıyı sentetik bir ortama çekmektedir. Ortamın içindeyken kullanıcı etrafındaki gerçek dünyayı göremez. Bunun aksine, Azuma'ya göre AG, kullanıcının gerçek dünyayı, gerçek çevre verilerine bindiren veya birleştirilen sanal verilerle birlikte görmesini sağlamaktadır. Bu nedenle, AG gerçek çevrenin tamamen yerini almak yerine gerçeği sanal içeriklerle tamamlar. Azuma, AG'yi üç özellik ile tanımlanmıştır [5].

- Gerçeklik ve sanallığın birleştirilmesi (örtüştürülmesi)
- Eş zamanlı etkileşim (gerçek zamanlı etkileşim)
- 3B birleşim (hizalama ve birleştirme)

SG ve AG günümüzde iyi bilinen kavramlardır, ancak gerçek alan, sanal alan ve karma alanın tüm ara formları arasındaki ilişki 1994 yılında Milgram ve Kishino tarafından formüle edilmiştir (Şekil 2.11).

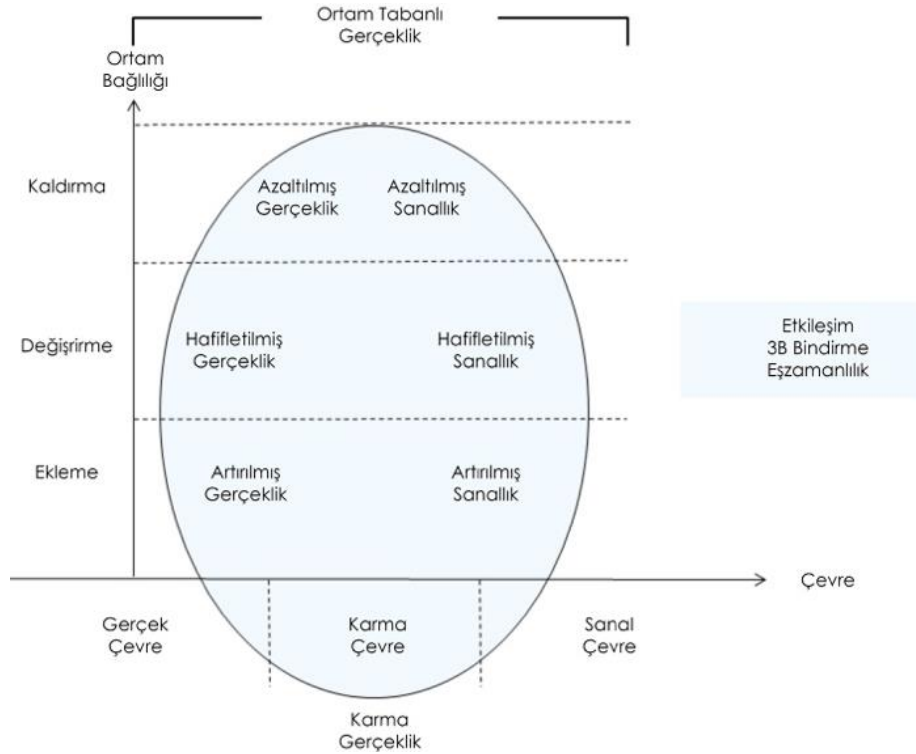


Şekil 2. 11 Gerçeklik- Sanallık Sürekliliği [6]

Milgram ve Kishino'nun yapmış olduğu çalışmada AG, Karma Gerçekliğin genel alanının bir parçasıdır. Hem sanal nesnelere gerçek nesnelerin eklendiği sanal ortamlar (veya SG) hem de artırılmış sanallık, çevredeki ortamı sanal bir ortamla değiştirmektedir [6].

AG terimi, insan algısını artıran ve geliştiren bir teknoloji veya aygıtı ifade eder, böylece gerçek ve sanal alan arasındaki boşluğu kapatmaktadır. Fiziksel ve sanal nesneler, kullanıcının kısıtlama olmadan hareket edebileceği bir karma alanda birleştirmektedir. Bu ortam tabanlı gerçeklik (Şekil 2.12), günlük yaşamımızda yayılarak; çalışma, eğitim, eğlence, seyahat için harcanan zaman AG uygulamalarını kullanılabilen alanlardan sadece birkaçını oluşturmaktadır [50].

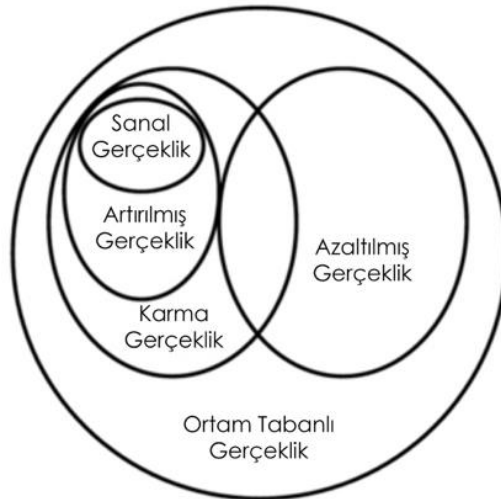
Siltanen'e göre AG, gerçek dünya ile dijital verileri birleştiren bir bilgisayar bilimi araştırma alanıdır [51].



Şekil 2. 12 Ortam Tabanlı Gerçeklik sınıflandırması [51]

SG, gerçekçi bir deneyimin bilgisayar tarafından üretilen bir simülasyonudur. Genellikle, SG gerçek dünyayı engeller ve onu sanal bir dünya ile değiştirir. Sanal dünya, bir bilgisayar tarafından veya etkileşimli olarak kaydedilmiş ortamları oynatmak suretiyle oluşturulabilir. AG benzer bir konsepttir, ancak gerçeği engellemek yerine, bilgisayar tarafından oluşturulan içerik gerçek dünya deneyimine eklenir veya içine yerleştirilir, böylece her ikisi de birlikte deneyimlenebilir.

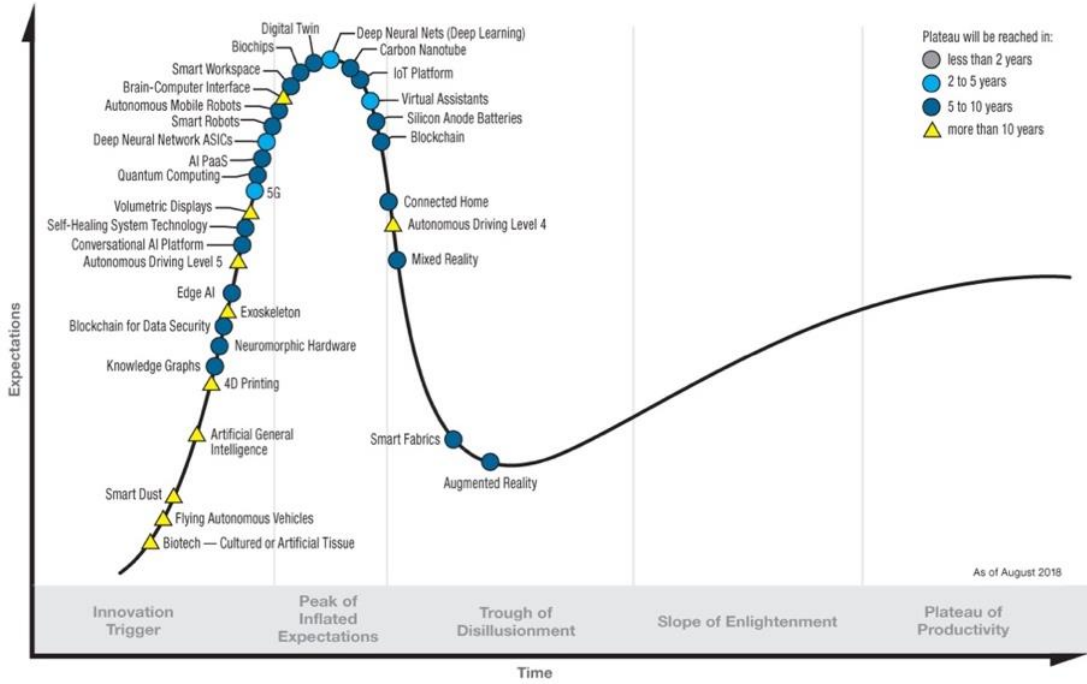
Birçok teknoloji, bizimle çevremizdeki çevre arasında bir aracı olarak işlev görmektedir. Teknoloji, teknolojik tasarımının bazen kasıtlı bir sonucu olarak bazen de yanlışlıkla veya istenmeyen bir yan etkisi olarak, gerçeklik değiştirebilir veya ortam tabanlı olarak tekrar düzenlenebilir. Buna göre kasten (deliberately mediated reality) ve istenmeyen (unintentionally mediated reality) olmak üzere iki türlü ortam tabanlı gerçeklik var denilebilir [7]. Daha genel olarak, gerçekliğin çeşitli şekillerde değiştirilebileceği düşünülmektedir. Aşağıdaki Şekil 2.13'te yapılan tanımlara göre, Ortam Tabanlı Artırılmış Gerçeklik kapsamı açıkça görülmektedir.



Şekil 2. 13 Steve Mann'ın Gerçeklik, Sanallık ve Medialite Taksonomisi [52]

Starner ve arkadaşlarına göre Ortam Tabanlı Gerçeklik, duyuşal girdiyi değiştirmek için artırma, kasıtlı olarak azaltma ve daha genel olarak aygıtlarla insan algısının yapay modifikasyonu için genel bir çerçeveyi ifade etmektir [8].

Hype Cycle for Emerging Technologies, 2018



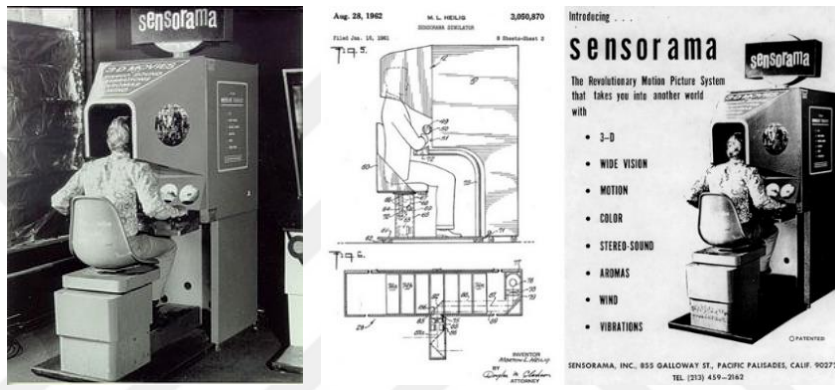
Şekil 2. 14 Ortaya çıkan teknolojiler için Hype Döngüsü [53]

Yukarıdaki Şekil 2.14'te gösterildiği gibi, Hype Döngüsü, önümüzdeki yıllarda firma ve teknolojiler üzerinde geniş bir etkiye sahip olan bir dizi teknoloji ve yeniliğin altını çizerek, gelişen teknolojilerin stratejik ve yenilikçi planlaması projeksiyonudur. Bu döngü, belirli bir zaman aralığı için yaklaşan teknolojiler için gelecekteki eğilimleri belirlemektedir. Gartner, güncel teknolojilerin birbirine bağlı dünyasını, arayüz eğilimleri, analitik gelişmeler ve yeni dijital sınırlar dahilinde birçok yönden ele almıştır. Ortaya çıkan bu teknolojilerin maruz kaldığı trendler, üzerinde çalışılan projeleri etkileme potansiyeline sahip bir sonraki en etkili teknolojiler olmaya aday olduğunu, uygulayıcıların ve geliştiricilerin aktif olarak bu teknolojileri izlenmeleri gerektiğini ileri sürmektedir.

AG, dijital içeriğin gerçek dünyada bulunan bilgilerle gerçek zamanlı entegrasyonunu sağlayan, bağlamla ilişkilendirilmiş dolaysız bilgilere gerçek zamanlı olarak doğrudan erişim sağlar. Orijinal girdiyi kapladığı için yıkıcı bir teknoloji olarak adlandırılabilir, ancak dijital içerikle yabancılaştırılmak yerine kullanıcıların ilgisini çekmenin olumlu sonuçları olabilir. Fiziksel dünyaya doğrudan üst üste binme sayesinde AG basit veri zenginleştirme yöntemleri sunar. Bir kullanıcının rutin yaşamının tüm yönlerini yapısal olarak etkileyen etkileşimli bir çerçeve sunar. AG, görme, duyma, hissetme ve koklama gibi duyuları

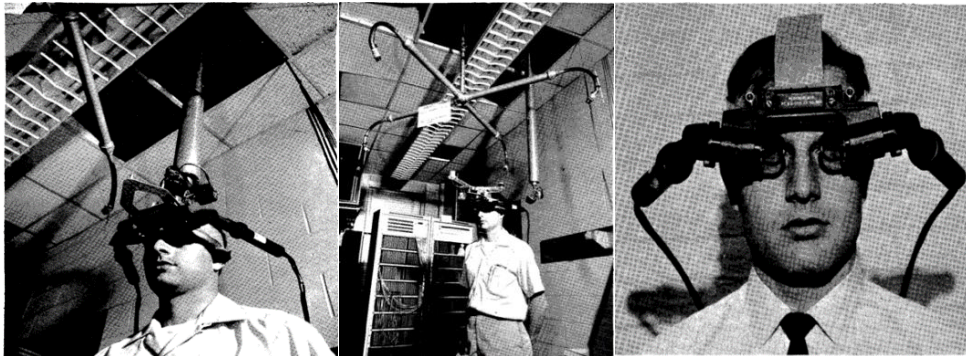
geliştirerek neyin gerçek neyin sanal olduğu arasındaki çizgiyi daha da bulanıklaştıracaktır. AG'nin daha önce tahmin edilemeyecek şekillerde gerçek ve sanal dünyada daha iyi gezinme ve etkileşimi sağlayacağı için büyük bir geleceği olduğu ileri sürülmektedir [54].

AG'in geçmişten günümüze kadar gelişimini ele alacak olursak; teknoloji dünyası, 1950'de ilk AG sistemine tanıklık etmiştir, Morton Heilig zamanının çok ötesinde bir görüntü yönetmeni olmasından dolayı, sinemayı etkileşimli bir faaliyete dönüştürme amacıyla bir simülator makinesi olan Sensorama'yı icat etmiştir (Şekil 2.15) ve Sensorama 1962'de patentlenmiştir [9].

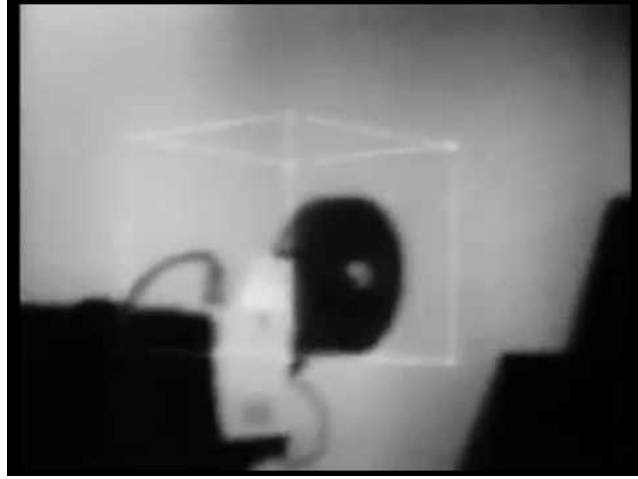


Şekil 2. 15 Simülator makinesi (Sensorema) [9]

İlk gerçek başa takılan ekran (Head Mounted Display-HMD) The Sword of Damocles (Şekil 2.16), 1968 yılında bilgisayar bilimcisi Ivan Sutherland tarafından yaratıldı. Sutherland, Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design-CAD) gibi araçların önünü açan, "Sketchpad" yazılımını geliştiren bilgisayar grafikleri tarihindeki önemli figürlerden biridir. Kullanıcı kafasını hareket ettirirken bakış açısını değiştiren basit sanal tel kafes şekillerini gösteren bir bilgisayar programı (Şekil 2.17) stereoskopik bir ekrana bağlanmıştır [55].



Şekil 2. 16 İlk başa takılan ekran the Sword of Damocles [55]



Şekil 2. 17 Kullanıcıya tel çerçeve gösteren ilk başa takılan ekran [55]

1975 yılında Myron Krueger tarafından oluşturulan Videoplace, kullanıcıların ilk kez sanal nesnelerle etkileşime girmelerini sağlayan AG sistemidir. Videoplace projektörler, video kameralar, özel amaçlı donanım ve kullanıcıların ekran silüetleri gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Kullanıcıları çevreleyen ve herhangi bir giyilebilen teknoloji (gözlük ve eldiven) gerektirmeden eylemlerine ve hareketlerine cevap veren (Şekil 2.18) yapay bir gerçeklik yaratmıştır [56].



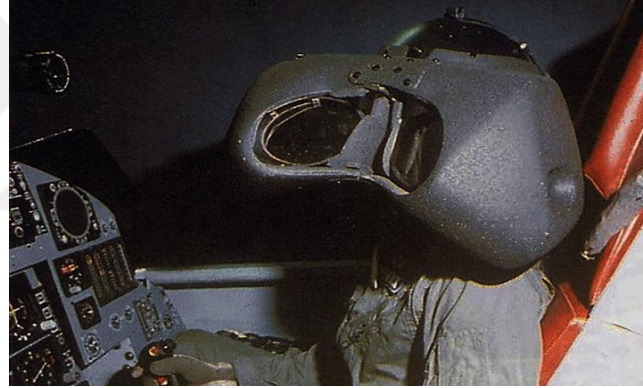
Şekil 2. 18 Videoplace kullanımından bir görüntü [57]

1982 yılında yazılım mühendisi, Dan Reitan ve ekibi, televizyonda yayınlanan ve etkileşimli istasyonlar için video görüntüleri oluşturan ilk etkileşimli AG sistemini RADAR'ı geliştirdi (Şekil 2.19). Bu teknoloji, aynı anda birden fazla radar sisteminden ve uydudan gelen gerçek zamanlı görüntüleri üst üste bindiren bir konsepttir [58].



Şekil 2. 19 TV’de Yayınlanan RADAR AG sistemi

Bir askeri mühendis olan Thomas Furness, Hava Kuvvetleri için 1982 yılında Wright Laboratuvarları’nda ilk uçuş simülatörünü oluşturdu (Şekil 2.20). Bu simülatör, ordunun daha sonraları daha iyi uçuş simülatörleri üretmek için kullanılan bu teknolojiye çok fazla fon sağlamasından dolayı AG’nin ilerlemesine yardımcı olmuştur [59].



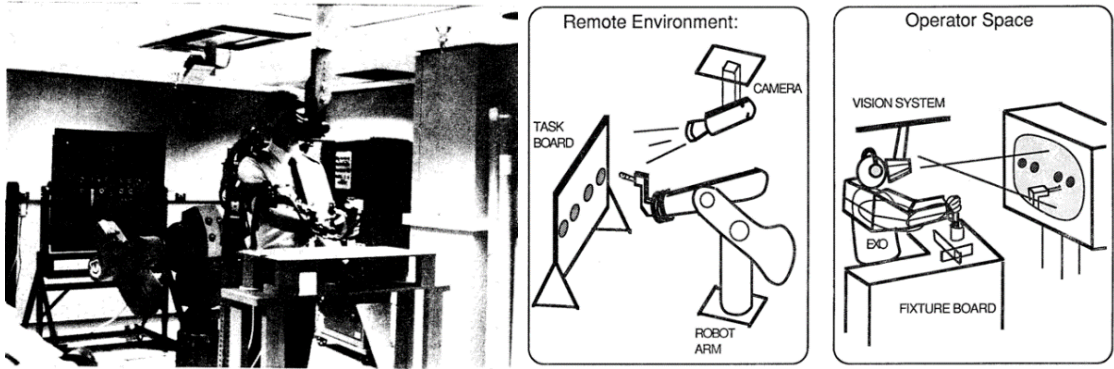
Şekil 2. 20 Thomas Furness’in uçuş simülatörü [59]

1990 yılında Thomas Caudell’in ve iş arkadaşı David Mizell’in geliştirdiği baş pozisyonu algılayan ve gerçek dünya sistemi ile bir araya getiren bu teknoloji (Şekil 2.21), bilgisayar tarafından üretilen bir diyagramın gerçek dünyadaki bir nesnenin belirli bir pozisyonunda üst üste konmasına ve dengelenmesine izin vermektedir. Bu teknolojinin başarılı bir şekilde geliştirilmesi; şablonların, kalıp diyagramlarının ve diğer maskeleme cihazlarının ortadan kaldırılmasıyla, uçak imalatında insanla ilgili birçok operasyonda maliyet azaltması ve verimlilik iyileştirmeleri sağlaması öngörülmüştür. Böylece her uçak için ayrı ayrı tasarlanan kablolama talimatlarını içeren büyük kontrplak levhalarını yeniden kullanılabilir tahtalara yansıtabilecek şekilde başa takılan bir cihaz ile değiştirerek tekrar kullanabilmişlerdir [60].



Şekil 2. 21 Caudell ve Mizell tarafından geliştirilen AG sistemi [61].

ABD Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı'nda (AFRL) 1992'de Louis Rosenberg, Sanal Armatürler denilen (Virtual Fixtures) AG sistemi için ilk ve en eski SG ve AG teknolojilerinde öncü bir platformlardan birini geliştirmiştir (Şekil 2.22). Bu sistem kullanıcının hem doğrudan hem de uzaktan yönlendirilmiş görevlerde performansını artırmak için gerçek bir ortam üzerine artırılmış duysal bilgilerin bir araya gelmesi prensipleri üzerine oluşturulmuştur [62].



Şekil 2. 22 Louis Rosenberg, Sanal Armatürler denilen AG sistemi [62]

Bilgi tabanlı AG kullanan bir sistem olan KARMA (Knowledge-based Augmented Reality), transparan bir kafa tipi ekranını kullanarak son kullanıcı lazer yazıcı bakımı açıklayan prototip AG sistemidir (Şekil 2.23). 1993'de Steve Feiner ve Columbia Üniversitesi öğrencilerinden oluşan bir ekip tarafından tanıtılan sistem taşınabilir AG'nin ilk örneğini oluşturmasından dolayı önemlidir [10].



Şekil 2. 23 Bakım ve onarım işlerini açıklayan taşınabilir AG sistemi [10]

1994 yılında ilk AG tiyatro prodüksiyonu Julie Martin tarafından üretilmiştir (Şekil 2.24) ve “Dancing in Cyberspace” (Siberuzay’da Dans) olarak adlandırılmıştır. Sistem vücut boyutundaki sanal nesneyi gerçek zamanlı olarak manipüle eden dansçılar ve akrobatlar ile aynı fiziksel alana ve performans düzlemine yansıtılarak oluşturulmuştur [63].



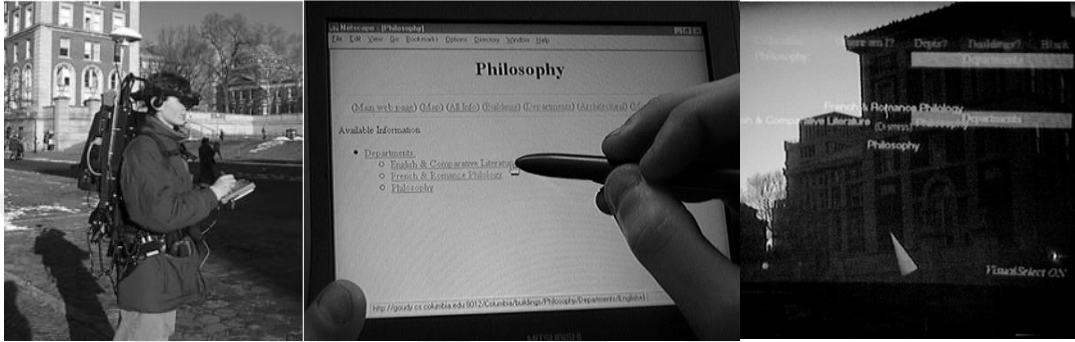
Şekil 2. 24 Siberuzay’da Dans deneyi sırasında iki dansçı [63]

1996 yılında Artırılmış Gerçeklik için tasarlanmış görsel bir etiketleme sistemi olan CyberCode 2B işaretleri kullanan ilk AG sistemidir (Şekil 2.25). CyberCode gelecekteki marker (işaretçi) tabanlı AG sistemleri için model olmuştur [64].



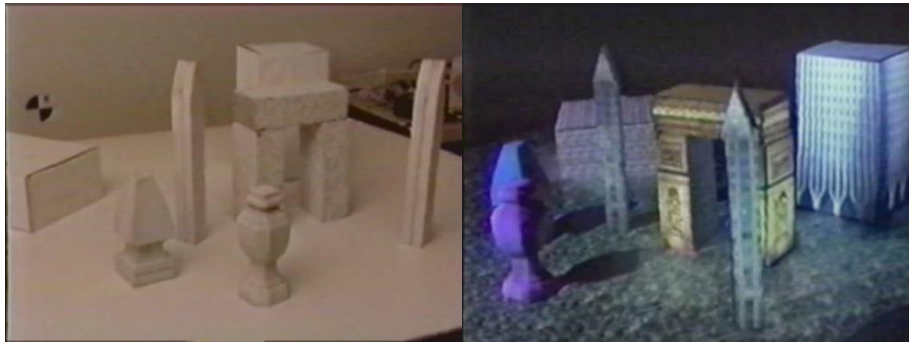
Şekil 2. 25 Bir jiroskop-kamera cihazı ve bina navigasyon uygulaması [64]

1997 yılında açık havada gezinme ve üniversite kampüsü hakkında bilgi verme yaklaşımını öneren bir prototip mobil AG uygulaması önerilmiştir. Bu sistem Touring Machine, üniversite kampüsüyle ilgili bilgileri, baş takip eden (head-tracked), transparan (see-through), başa takılı (head-worn), 3B ekran ve işaretçisiz, opak, el tipi (handheld), ekran kalem (stylus) ve dokunmatik alanlı (trackpad) iki boyutlu ekran gibi donanımları (Şekil 2.26) kullanarak sunmayı amaçlamış bir uygulamadır [11].



Şekil 2. 26 Prototip kampüs bilgi sisteminden görüntüler [11]

1998 yılında Uzamsal Artırılmış Gerçeklik (Spatially Augmented Reality) kavramının ortaya çıkması ile kullanıcının başına bir ekran takmasına gerek kalmamıştır. Bunun yerine, uzamsal ekranların kullanılmasıyla, geniş görüş alanı ve sanal nesnelerin yüksek çözünürlüklü görüntüleri doğrudan ortama entegre edilebilir (Şekil 2.27) AG sistemleri geliştirilebilinmiştir [65]. Sonraki yıllarda Uzamsal Artırılmış Gerçeklik kavramı referans alınarak fiziksel modellerin ışık projektörleri ile çevrenmesi ve bu nesnelerin yüzeylerinde kesintisiz görüntüler gösterilmesi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Böylece birden fazla kullanıcı, gözlük veya başa takılı ekran olmadan değiştirilmiş yüzey özelliklerini görebilmeleri sağlanmıştır [66].



Şekil 2. 27 Yansıtım Olmadan ve Yansıtılan Görüntülerle Güçlendirilen Basit Fiziksel Modellen İki Farklı Görüşü [66]

1999 yılında dünyanın ilk açık kaynaklı yazılım kütüphanesi olan ARToolKit, Hirokazu Kato, Nara Bilim ve Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirildi ve Washington HIT Lab Üniversitesi tarafından piyasaya sürüldü. ARToolKit'in açık kaynak kodlu olarak kullanıma sunulması AG uygulamalarının hızla gelişmesine sebep olduğu söylenebilir [67].

ARToolKit video izleme kütüphaneleri, gerçek kamera pozisyonunu ve fiziksel belirteçlere göre kullanıcının yönelimi gerçek zamanlı olarak hesaplamaktadır. Böylece kullanıcıların bakış açısını takip etme sorununu ortadan kaldırmaktadır [68].

Aynı yıl “Giyilebilir Bilgisayarların Babası” olarak bilinen Steve Mann, Eye Tap’ı geliştirmiştir. Eye Tap hem kamera hem de bilgisayar ekranı olarak çalışan bir cihaz olarak tanımlanabilmektedir [69]. Reklam panoları, afişler ve diğer görsel detaylar, yoğun karayolları ve otoyolların kenarlarında bir karmaşa oluşturduğu düşünülerek Eye Tap sistemi tarafından işlenen art arda video kareleri, sahnedeki görsel dağınıklığı azaltmak için reklamlar filtrelenerek yerine, Eye Tap sistemi ile kullanıcısının dikkatini yolda kaybetmesini engelleyerek ona faydalı bir mesaj vermektedir (Şekil 2.28).



Şekil 2. 28 Steve Mann’ın Eye Tap sistemi [69]

2000 yılında ilk dış ortamda kullanılacak AG oyunu ARQuake piyasaya sürülmüştür. ARQuake projesinin amacı, kullanıcıya özgü perspektifli bir oyun inşa etmektir [70]. Oyun ile fiziksel dünya üzerinde özgürce hareket edebilecek şekilde oynanan başa takılan ekran kullanılarak AG deneyimlenmektedir (Şekil 2.29).



Şekil 2. 29 İlk dış mekân oyunu ARQuake [70]

2002 yılında Vlahakis ve ekibi, arkeolojik alanların kişiselleştirilmiş AG turlarını sunmak için Archeoguide adı verilen uygulamayı geliştirmişlerdir (Şekil 2. 30). Bilgi sunumunu geliştirmek, tarihi yerleşim yerlerini yeniden inşa etmek ve simüle etmek için dış mekân izleme, mobil bilgisayar kullanımı, 3B görselleştirme ve AG tekniklerini kullanmışlardır. Archeoguide, site bilgileri sunucusu, mobil birimler ve ağ altyapısı gibi üç temel alt sisteme sahip bir sunucu mimarisi kullanmaktadır. Kullanıcı konumuna göre Coğrafi Konumlandırma Sistemi (Global Positioning System) verilerinin kullanımının ilk olması bakımından önemli bir gelişmedir. Render işlemi, önceden tanımlanmış bakış açısını yaklaşık 5 metre olarak ayarlanmış bir yarıçap içinde döndürerek kullanıcı hareketini takip eder. Kullanıcılar AG rekonstrüksiyonlarını, sistemin navigasyon ve sesli anlatım gibi sunduğu ek bilgilerin olması yönünden iyi bulurken AG gözlüğü siteyi gezerken giyilmesi gerektiği için rahatsız bulmuşlardır [71].



Şekil 2. 30 Halihazırdaki haliyle Hera Tapınağı'nın kalıntıları ve canlı videonun üzerine işlenmiş model ile artırılmış tapınak [71]

2003 yılında Wagner ve Schmalstieg, ticari bir kamera ile değiştirilmemiş kişisel dijital asistan (PDA) üzerinde çalışan kendi kendini izleyen (Şekil 2.31) ilk tek

başına AG sistemi geliştirmişlerdir [72]. Uygulama kullanıcıya, çevrenin 3B genişletilmiş bir görüntüsünü sunmaktadır. Doğrudan PDA'da çalışan bir işaretçi tabanlı izleme araç seti (ARToolKit) kullanarak doğru ve iyi bir artırılmış ortam sağlamaktadır.



Şekil 2. 31 İlk kişisel dijital asistan üzerinde çalışan AG uygulaması [73]

2004 yılında kullanıcının bir cep telefonunda Transparan Artırılmış Gerçeklik ile ilk uygulama Möhring, Lessig ve Bimber tarafından tanıtıldı (Şekil 2.32). Bu uygulama farklı işaretçilerin (2B, 3B) algılanmasını ve ayırt edilmesini ve projeksiyon kamera modeli ve bir OpenGL görüntü oluşturma hattı aracılığıyla işlenmiş 3B grafiklerin canlı video akışına entegrasyonunu desteklemektedir [12]. Düşük video çözünürlüğü, sınırlı hesaplama performansı, düşük hafıza kapasitesi ve kameraların yüksek optik bozulması gibi zamanın telefonlarının teknolojik kısıtlamaları göz önünde bulundurarak AG teknolojisi bu tür mobil telefonlara uyarlanmıştır.



Şekil 2. 32 Kullanıcı cep telefonunda Transparan AG'i destekleyen uygulama [12]

2006 yılında geliştirilen MARA (Mobile Augmented Reality Applications) sistemi, ilave sensörlerle donatılmış Nokia S60 mobil görüntüleme cihazları için AG ile

elde tutulan, transparan platformlar olarak kullanan bir Nokia araştırma projesidir. MARA prototip uygulaması, yön belirlemek için üç eksendeki ivmeölçerleri, rota için eğim dengeleme pusulası ve konumlandırma için Global Positioning System (GPS) kullanmaktadır [74]. Basit bir kullanıcı arayüzüne sahip uygulama cihazın kamerası sayesinde eş zamanlı olarak internet aracılığıyla kullanıcıların çevreleriyle etkileşime girmelerini sağlamıştır (Şekil 2.33).



Şekil 2. 33 Ek sensörlere sahip mobil görüntüleme cihazı görme modu ve harita görüntüleme modu [74]

2008 yılında Wikitude olarak adlandırılan, Salzburg, Avusturya merkezli bir mobil AG tarayıcısı geliştirildi. İlk başlarda Wikitude World Browser App aracılığıyla lokasyon bazlı AG deneyimleri sağlamaya odaklanmıştır [75].

2008 yılında ilk sürümü yayınlanan dünyanın ilk flash tabanlı AG kütüphanesi FLARToolkit aslında ARToolKit'in Java portlu sürümü NyARToolkit'e dayanmaktadır. FLARToolKit, GPL lisansı altındaki ticari olmayan uygulamalar için ücretsizdir. 3B modeller oluşturmadığı için bu modeller başka platformlarda oluşturulmalıdır, uygulama sadece işaretçinin yönünü hesaplamaktadır [76].

2010 yılında ilk kez yayınlanan Wikitude Drive, dünyanın ilk AG tabanlı GPS navigasyon sistemidir [77]. Wikitude Navigation gerçek bir dünya görüntüsünün üzerinde eş zamanlı video yayını ile yol tarifleri sağladığından kullanıcıların gözlerini hedeflerinden çekmeden kullanımına devam etmesine izin vermektedir (Şekil 2.34). Böylece diğer tüm navigasyon sistemlerinin sahip olduğu önemli bir sorunu çözmektedir.



Şekil 2. 34 Wikitude Drive uygulaması [77]

2012 yılında Google tarafından geliştirilen Google Glass, bir akıllı telefon gibi bilgileri gösterirken eller serbest biçimde görüntüleyemeye izin veren giyilebilir bir bilgisayardır (Şekil 2.35). Sesli komutlar ile çalışan kullanımı oldukça kolay mobil bir cihaz kablosuz internet bağlantısı özeliğine sahip olduğundan dolayı çoklu video görüşmeleri, internet aramaları yapma, haritada yer sorgulama gibi birçok işlemin gerçekleştirmeye izin vermektedir [78].



Şekil 2. 35 Google Glass görünümü [78]

2013 yılında Volkswagen ve Metaio GmbH firması ile birlikte gerçek ve sanal parçaları birbiriyle 3B olarak gösteren (Şekil 2.36) MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance) geliştirildi [79]. Böylece Volkswagen servis çalışanları için iş etkinliklerinde gereken zaman ve maliyetlerin azaltılması sağlanmıştır.



Şekil 2. 36 Volkswagen MARTA uygulaması [79]

2014 yılında üretilen ilk AG tabanlı kulaklık olan ORA-X, Android platformda çalışan aynı zamanda giyilebilir AG teolojisi. ORA-X kulaklıkları, duyulan müziği etkileşimli bir görselleştirme oluşturmak için dinleme deneyimini genişletmektedir [80]. Yani bu akıllı kulaklık, kullanıcıya hem müzik videoları izleme hem de ilgilendiği sanatçılarla ilgili bildirimleri görme gibi iki ayrı fonksiyonu sağlamaktadır (Şekil 2.37).



Şekil 2. 37 ORA-X Akıllı Kulaklık [80]

Microsoft HoloLens teknolojisi, ilk olarak Microsoft'un Ocak 2015'te düzenlenen Windows 10 Etkinliği sırasında tanıtılmıştır. İlk başa takılan akıllı gözlük olarak bilinen Microsoft HoloLens (Şekil 2.38), sistemin ticari kullanılabilirliği, yüksek çözünürlüklü ekran, nesnelerin mekânsal olarak haritalanabilmesi, hareket arayüzü, bakış açısı ve ses tanıma kontrol mekanizması gibi özellikleri bulunmaktadır [81]. Gerçek dünya üzerinde harmanlanmış 3B hologramlarla etkileşime geçmeyi sağlayarak AG ve SG deneyimlenmesine olanak tanımaktadır. Böylece proje görselleştirmenin ve fikirlerin paylaşmanın, öğretmenin ve öğrenmenin daha etkili olacağını ileri sürmüştür.

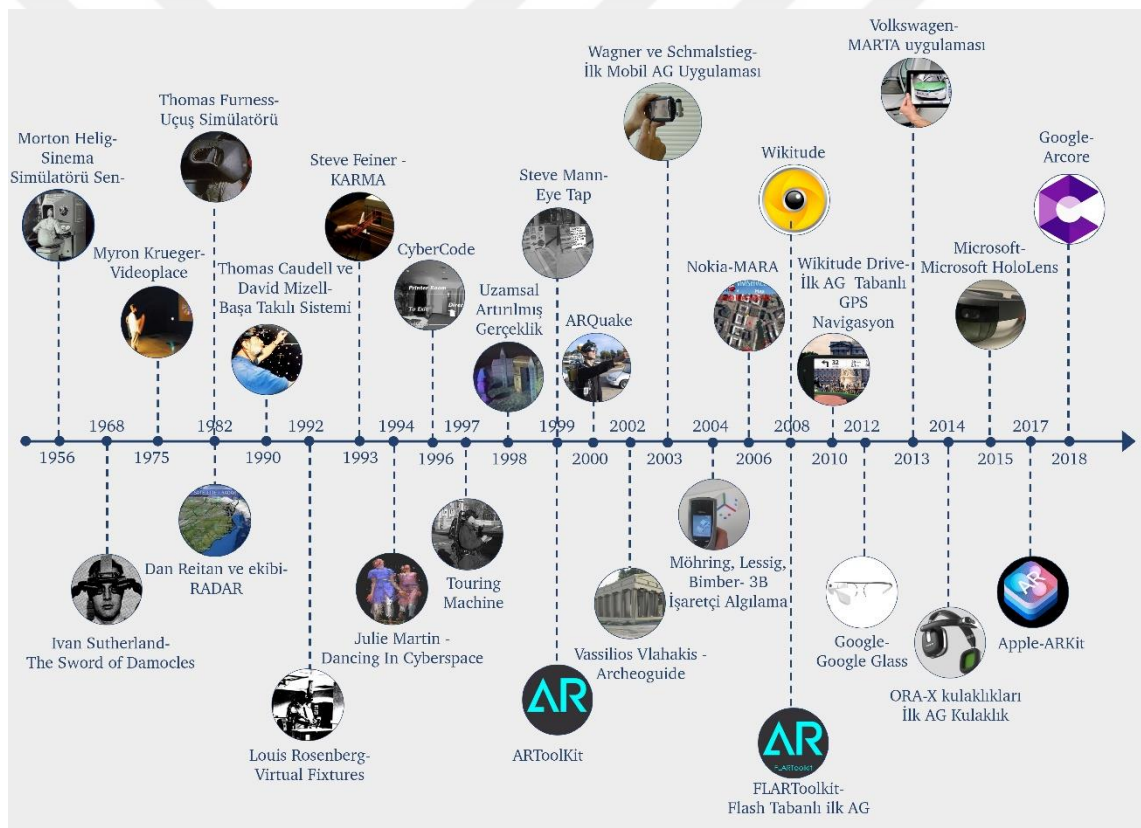


Şekil 2. 38 Microsoft HoloLens [81]

Haziran 2017’de Apple, AG ve SG uygulamaları üzerinde çalışan geliştiriciler için ARKit AG geliştirme aracını piyasaya sürülmüştür [13]. Bu geliştirme aracı ile AG deneyimleri oluşturmak için kullanıcıların mobil telefonları dışında herhangi bir harici donanıma ihtiyacı kalmamıştır.

2018 yılının ilk çeyreğinde ise Google tarafından ARcore adı verilen AG deneyimleri oluşturma platformu geliştirilmiştir [14]. Bu geliştirme ortamı hareket takibi, çevreyi algılama ve ışık tahmini gibi temel üç teknolojiyi kullanmaktadır.

Geçmişten günümüze kadar AG teknolojisindeki gelişmeleri aşağıdaki Şekil 2.39’daki gibi gösterebiliriz.



Şekil 2. 39 Artırılmış Gerçeklik teknolojisi üzerine önemli gelişmelerin zaman çizelgesi

2.4.1 Artırılmış Gerçeklik Bileşenleri ve Çalışma Şekli

Bu kısımda genel olarak AG’nin yapısal elemanları ve sisteminin nasıl çalıştığı incelenecektir. Bir AG sistemi temel olarak donanımsal ve yazılımsal olarak iki bölümde incelenebilir. Donanımsal bileşenler temel olarak ekran, işlemci, kamera, giriş aygıtları, sensörler, giriş aygıtları ve takip sistemleri gibi elemanlardan

oluşmaktadır [82]. Yazılımsal bileşenler ise AG içerisinde kullanılacak verilerin üretildiği yazılımlar, AG modeli oluşturmak için kullanılan yazılımlar ve sunucu gibi elamanlardan oluşmaktadır.

2.4.1.1 Donanımsal Bileşenler

- **Ekran (Display)**

AG sahnesi görselleştirme, ekran çıkışıyla görüntülenebilir. Geleneksel olarak, ekran, sanal görüntüleri sahne dünyasının görselleştirilmesi için gerçek dünya görüntüleri ile birleştirmek için kullanılan bilgisayar monitörleri, mobil cihaz monitörleri (akıllı telefon ve tablet), gözlük, el tipi (handheld display), başa takılı (head mounted display) ya da yansıtılmış ekran (projected display) şeklindedir [83].

- **İşlemci**

Grafik oluşturma, AG sisteminin önemli bir parçasıdır. Grafiksel İşlem Birimi (GPU) sanal nesneler üretmek, dönüştürmek ve oluşturmak için kullanılır. Bu grafik işlemcisi, genel amaçlı Bilgisayar İşlem Biriminin (CPU) özelliklerini artırırken, pilin güç tüketimini azaltmayı ve en iyi performansı sağlamaktadır [84].

- **Kamera**

Kamera (web cam, dijital kameralar) donanımı, AG işlemleri için başlangıç noktasıdır. Canlı akışı yakalamak, sanal görüntüleri fiziksel dünyada izletmek veya üst üste bindirmek için kullanılır. Aydınlatma, hava ve teknik şartlar otomatik görüntü optimizasyonu tanımlama işlemini etkileyebilir. Kameranın iyi çözünürlüğü zenginleştirilmiş sunumu iyileştirir, ancak çözünürlük ve bindirme mekanizmasını etkilememektedir [85].

- **Sensörler ve Takip Sistemleri**

Sensörler, izinsiz giriş noktaları ile ilgili tamamlayıcı bilgileri birleştirerek gerçeklik görünümünü artırmak için kullanılan ek bileşenlerdir. Kullanıcının konumunu veya yönünü belirtmek için GPS, ivmeölçer, pusula veya jiroskopik sensörler kullanılır [84]. Sensör, kullanıcının bakış açısını değiştirir ve kullanıcının bakış açısını belirler; kullanıcılar bakış açılarını değiştirirken, AG sistemi

güncelleme koordinasyon sistemi ve bindirme mekanizması da kullanıcı bakış açısına göre günceller. Günümüzde bir akıllı telefon, artırılmış gerçekliğin tüm donanım gereksinimlerinden oluşmaktadır.

- **Giriş Aygıtları**

Artırılmış Gerçeklik sistemlerinin çoğunlukla kamera [86], fare, klavye, eldiven ve mobil cihazlarda başlatma tuşu gibi birtakım giriş aygıtları bulunmaktadır [87].

2.4.1.2 Yazılımsal Bileşenler

- **AG içerisinde kullanılacak verilerin üretildiği yazılımlar**

Animasyonların, seslerin, 3B model ve grafiklerin üretildiği en bilinen yazılımlar; Adobe (Project Aero ve Project Gemini), Trimble Sketchup, Autodesk Maya, Autodesk 3Ds Max, AutoCad 3D, Autodesk Revit ve Cinema4D [88] [89] [90] [91].

- **AG modeli oluşturmak için kullanılan yazılımlar**

AG tarayıcılar (Aurasma, Augment, Blippar, Junaio, Layar) ve AG geliştirme ortamları (Artoolkit, Vuforia, Wikitude Yazılım Geliştirme Kiti gibi) ilerleyen bölümlerde detaylı şekilde anlatılacaktır.

- **Sunucu**

Bu donanım ve yazılımın yanı sıra, bir web veya bulut sunucusu, sanal görüntülerin veri tabanını depolamakta önemli bir rol oynamaktadır. AG uygulamasından gelen isteği temel alarak, sanal görüntüler web veya bulut sunucusundan alınır ve uygulamaya gönderilir. Sunucunun olmadığı durumlarda sanal içerik doğrudan işlemciye gönderilmektedir. AG tarayıcıları ve AG geliştirme ortamları düşünüldüğünde sunucu AG yazılımsal bileşenler içerisinde düşünülebilir.

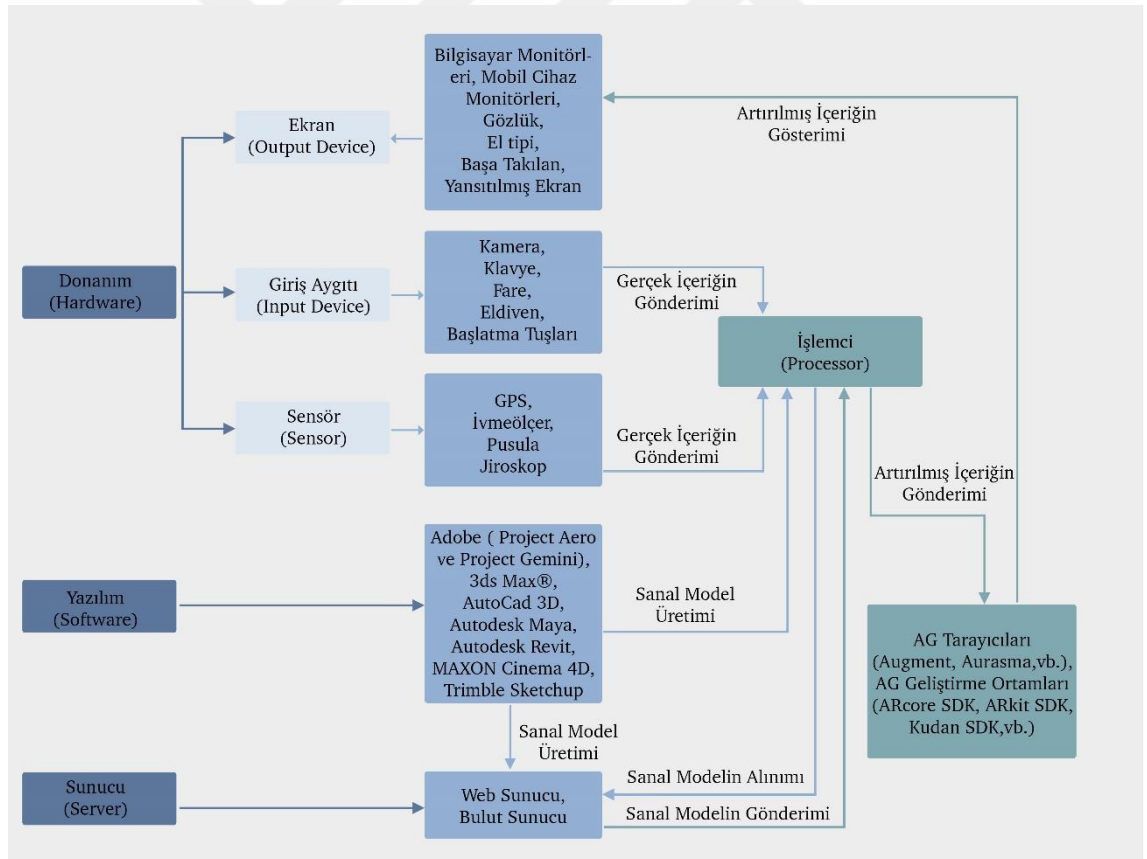
2.4.1.3 Artırılmış Gerçeklik Çalışma Şekli

AG birçok farklı biçimde oluşturulabilir ve deneyimlenebilir. Örneğin Google Glass gözlüklerin üzerine 2B görüntüleri yerleştirirken Microsoft HoloLens ise 3B görüntüleri kullanıcı etrafındaki etrafınızdaki fiziksel çevreye yerleştirmektedir.

Âmin ve Govilkar'a göre AG sistemi genel olarak tanıma, takip ve karışım olmak üzere üç basit adımdan oluşur. Herhangi bir görüntünün, nesnenin, yüzün, bir cismin veya mekânın hangi sanal nesnenin üst üste bineceği tanımlanır. Görüntünün uzayda gerçek zamanlı lokalizasyonu izlenirken, nesne yüzü veya alanı gerçekleştirilir ve 3B, 2B, metin vb. üst üste bindirilerek video şeklinde ortam izlenebilmektedir [54].

Bir AG sistemi, ilgili içeriği kullanıcıya zenginleştirerek göstermek için bilgisayar görünüşü, eşzamanlı lokalizasyon, haritalama ve derinlik takibi (nesnelere olan mesafeyi hesaplayan sensör verileri) kullanılır. Bu, kameraların kullanıcının aradığı şeyle ilgili dijital içeriği göstermek için veri toplamasını, göndermesini ve işlemlerini sağlamaktadır [92].

Genel olarak AG bileşenleri ve çalışma prensipleri incelendiğinde aşağıda gösterilen Şekil 2.40'taki gibi AG sistemlerinin çalışma şekli oluşturulabilir.



Şekil 2. 40 AG sistemlerin genel olarak çalışma şekli

2.4.2 Artırılmış Gerçeklik Tarayıcıları ve Geliştirme Ortamları

Son yıllarda, daha etkili akıllı telefonların ortaya çıkışı ve takip algoritmalarındaki hızlı gelişme, kullanıcılara açık AG uygulamalarının ticari ve akademik gelişimini güçlendirmiştir. Teknolojideki son ilerlemeler (kablosuz ve hücresel ağ altyapısı, web yazılımı teknolojisi, güçlü mobil cihazlar) artık iç mekanlarda olduğu kadar dış mekanlarda da mobil cihazlar mobil bir cihazda da bir AG teknolojisine erişmek ve kullanmak için basit bir yol sunmaktadır. Günümüzde AG Yazılım Geliştirme Kiti (Software Development Kit) teknolojisini geliştiren firmalar (Artoolkit, Vuforia, Wikitude gibi) kendi AG tarayıcılarını da geliştirmektedirler. Böylece profesyonel uygulama geliştiriciler ve programlama becerisi olmayan kullanıcılar da sanal modellerini kullanacakları herhangi bir AG türündeki çalışmalarını geliştirebilirler.

AG tarayıcısı (Aurasma, Augment, Blippar, Junaio, Layar) coğrafi konumlu multimedya içeriğini, gerçek dünyanın görüşüyle güçlendiren (yani akıllı telefon teknolojisi bağlamında bir kamera görüntüsü) sanal bir sunum kullanarak göstermeyi öneren genel bir AG uygulamasıdır. AG tarayıcıları genellikle uzak kaynaklara web protokolleri ve servisleri (örneğin HTTP, REST) yoluyla erişir, içeriği medya akışları aracılığıyla indeksler (kanallar, katmanlar veya dünyalar) ve çeşitli MIME formatlarını destekler (html, resim, ses, video veya 3B model) [93]. Kısacası bu tarayıcılar, fiziksel dünyanın gerçeklik vizyonunu algılamak için bir arayüz görevi görmektedir.

Artoolkit (Daqri), Vuforia, Wikitude gibi şirketler uygulama geliştiricilere çevrimiçi bir alan oluşturarak daha hızlı ve daha basit seviyede uygulamalarını geliştirme fırsatı sunmaktadır. Yazılım geliştiriciler bu çevrimiçi stüdyolara veya tarayıcıya ait bulut ortama yaptıkları (sanal modelleri) uygulamaları konum tabanlı, görsel tabanlı ve işaretçi tabanlı olarak aktarıp yayınlayabilmektedirler [94] .

İrdelenecek platformların seçiminde, eğitim uygulamaları, sürekli güncellemeler, akademik araştırmalarda görünürlük ve son bölümde karşılaştırma tablosunda listelenen belirli özelliklerin kullanımına çoğunlukla olanak tanıyan kriterler göz önünde bulundurulmuştur.

AG TARAYICILARI	AG GELİŞTİRME ORTAMLARI
Augment	ARcore
Aurasma	ARkit
Blippar	ARmedia
Junaio	ARTool Kit
Layar	Easyar
	Kudan
	MAXST
	Vuforia
	Wikitude
	Xzing

Şekil 2. 41 AG tarayıcıları ve AG yazılım geliştirme ortamları

- **ARcore**

ARCore, Google'ın AG deneyimleri oluşturma platformudur. ARCore, farklı Application Programming Interface'ler (API) kullanarak telefonunuzun ortamını algılamasına, dünyayı anlamasına ve bilgilerle etkileşime girmesine olanak sağlar. Paylaşılan AG deneyimlerini etkinleştirmek için API'lerden bazıları Android ve iOS'ta kullanılabilir. ARCore, Android 7.0 (Nougat) ve sonraki sürümlerini IOS 11 ve sonraki sürümlerini çalıştıran akıllı telefonlarda çalışmak üzere tasarlanmıştır. ARCore, en çok bilinen geliştirme ortamlarının çoğu için Software Development Kit (SDK) sağlar. Bu Software Development Kitler, sanal içeriği telefonun kamerasıyla görüldüğü gibi gerçek dünya ile bütünleştirmek için üç temel özellik kullanır. Hareket izleme, çevre anlayışı ve ışık tahmini gibi tüm temel AG özellikleri için yerel API'ler sunar. Bu özelliklerle, tamamen yeni AG deneyimleri oluşturabilir veya AG özelliklerini kullanarak mevcut uygulamalar geliştirilebilir [95].

- **ARkit**

ARKit, Apple A9 ve sonraki işlemcilerinde çalışmaktadır. ARKit, fiziksel çevreyi takip etmek için Visual Inertial Odometry (VIO) kullanır. VIO, hareketli bir kameranın 3B duruşunu (çeviri ve yönelim) görsel özellikleri kullanarak başlangıç konumuna göre tahmini anlamına gelmektedir. Yani, kamera sensörü verilerini Core Motion verileriyle birleştirir. ARKit, döşemeler gibi yatay düzlemleri

algılayabilir ve nesneleri daha küçük özellik noktalarında izleyebilir ve yerleştirebilir. ARKit, bir AG deneyimi oluşturma görevini kolaylaştırmak için hareket takibi, kamera sahnesi yakalama, gelişmiş sahne işleme ve ekran kolaylıklarını bir araya getirir. Bu teknolojileri, IOS cihazının arka kamerasını veya ön kamerasını kullanarak birçok AG deneyimi oluşturmak için kullanılabilir [96].

- **ARmedia**

ARmedia SDK, düzlemsel görüntüleri ve karmaşık 3B nesneleri boyutlarından ve geometrilerinden bağımsız olarak tanıyan bir 3B model takip yaklaşımına dayanmaktadır. Değişen aydınlatma koşullarında gerçek dünyadaki nesnelerin gerçek zamanlı olarak 3B takibini sağlar. Farklı izleme algoritmaları ile farklı 3B motorlar ve arayüz arasında bütünleşebilecek modülerliği sağlar. 3B hedef oluşturma ve yönetim hizmetleri bulutta mevcuttur. ARmedia geliştirme ortamında çapraz platform, C ve C ++ dili kullanılabilir [97].

- **ARToolKit (Daqri)**

Açık kaynak kodlu bir araç olması, sürekli güncellenmesi, bir dizi özellik sunması ve diğer platformlara geçişi mümkün kılmasından dolayı AG kaynaklarına sahip uygulamaların geliştirilmesinde en çok kullanılan platformlardan biri olarak kabul edilmektedir [98].

ARToolKit, kodları çeşitli platformlara taşımalarını veya programlamalarını kendi uygulamalarına göre uyarlamalarını sağlayan kütüphaneleri ve bu kütüphanelerin eksiksiz kaynak kodunu içerir. ARToolKit Windows, Mac OS X, Linux, IOS ve Android işletim sistemlerinde çalışan çoklu platformdur. Araç setinin her bir sürümünün işlevselliği aynıdır, ancak performans farklı donanım yapılandırmalarına bağlı olarak değişebilmektedir [99].

- **Augment**

Augment mobil cihazlar için bir uygulama ve kullanıcılarının kendi işaretçilerini kaydedebildiği ve bunları 3B modeller ve diğer sanal öğelerle ilişkilendirebildiği web tabanlı bir platformdan oluşan bir AG 3B görüntüleyiciden oluşmaktadır. Augment, bulut depolama ve düzlemsel işaretçi takip yoluyla takip olanağı sunmaktadır. Çevrimdışı senkronizasyon, birden fazla ürün, malzemelerin ve

dokularının değiştirilebilmesi, ARKit desteği, özelleştirilebilir kullanıcı arayüzü gibi birçok özelliklere sahiptir [100].

- **Aurasma**

Aurasma, HP Autonomy'nin AG platformudur. Yazılım SDK veya IOS ve Android tabanlı mobil cihazlar için ücretsiz sürümü mevcuttur. Aurasma'nın görüntü tanıma teknolojisi, gerçek dünyadaki görüntüleri tanımak için bir mobil araçların kamerasını kullanır ve gerçek görüntü üstüne sanal medya yerleştirerek animasyonlar, videolar, 3B modeller ve web sayfaları oluşturmaktadır [101].

- **Blippar**

Blippar, hepsi bir tarayıcıda barkod ve QR dahil olmak üzere birden fazla görüntü ve varlık tanıma türünü desteklemektedir. Blippar düz ve kavisli işaretçi tespit edebilme ve AG deneyimlerini takip etme yeteneğine sahiptir. Blippar hem içerik hem de takip yetenekleri açısından güçlü 3B motoruna sahiptir. Her iki büyük mobil platform için de çoklu programlama dili desteği sunmaktadır; IOS (objektif C ve SWIFT) ve Android (Java ve Kotlin). Güçlü ve anlaşılır Blippbuilder ve Blippbuilder Script araçları kullanarak kullanıcı AG içeriği oluşturabilmektedir ve ardından doğrudan AG uygulama yayınlanabilmektedir. Kullanıcı arayüzü ve deneyim, kullanıcı AG modeline uyacak şekilde özelleştirilebilmektedir. Blippar standart olarak görüntü tanıma özelliğine sahiptir, ancak uygulamaya gerçek zamanlı nesne tanıma eklemek için bilgisayar görüşünü API'lerden biriyle birleştirilebilmektedir. Böylece belirli bir nesneyi, kıyafet parçasını, arabayı veya hatta bir yüzü tanıyabilir ve üzerinde görüntülenen ilgili AG içeriğine sahip olunabilmektedir [102].

- **EasyAR**

EasyAR SDK, VisionStar Information Technology (Shanghai) tarafından geliştirilmiştir. Kütüphane tamamen ücretsizdir. Uygulamaya EasyAR ile başlamak için, yalnızca hesabı kaydetmek ve Paket Kimliği eklentisinin anahtarını oluşturmak gerekmektedir. EasyAR, SLAM, 3B takip ve ekran kaydı gibi bir dizi özellik bulunduran yeni nesil Software Development Kit (SDK) sunmaktadır. Ancak, 3B takip, ekran kaydı işlevleri, ücretsiz SDK temel sürümünde değil, yalnızca ücretli SDK pro sürümünde kullanılabilmektedir. Farklı programlama

dillerine özgü API desteği mevcuttur. EasyAR SDK'sı, bulut tanıma ve sınırsız tanıma sorguları gibi işlemlere sahiptir. Ayrıca, ücretsiz sürüm cihazda 1.000 adede kadar nesne kaydedebilmektedir [103].

- **Junaio**

Junaio, Münih merkezli Metaio GmbH firması tarafından geliştirilen 3G ve 4G mobil cihazlar için tasarlanmış bir AG tarayıcısı olarak bilinmektedir. Junaio, HTML5 ve XML gibi geleneksel web teknolojilerine dayanan ve yalnızca QR kodu, barkod, kimlik piyasası tespiti, konum tabanlı hizmetler, gelişmiş 2B ve 3B izleme gibi tüm takip teknolojilerini sunan ücretsiz mobil bir tarayıcıydı. Android ve iPhone platformları için akıllı telefon uygulaması ve API kullanıma ücretsizdi. Junaio, LLA işaretçileri (enlem, boylam, yükseklik) aracılığıyla GPS navigasyonunun hassasiyet sınırlamalarını aşan ilk AG tarayıcısıydı. Ancak, Mayıs 2015'te Metaio ve şirketin tüm ürünleri Apple tarafından satın alındı. Satın alma işleminin ardından Junaio ve tüm Junaio kanalları 15 Aralık 2015 tarihinde devre dışı bırakılmıştır [104].

- **Kudan**

Kudan, kullanıcının kendi sistemlerini geliştirmek için kurum içi teknoloji varlıkları dahil ederek modülleştirilmiş algoritmalar ve kaynak kodu sağlayarak kullanıcının gelişimini desteklemektedir. Kullanıcının donanımına ve kullanım durumlarına uyacak şekilde en iyi performans ve işlevsellik kombinasyonunu elde etmek için her kullanıcının gereksinimleri için Kudan tarafından ek özelleştirmelere olanak sağlamaktadır. Yapay Algı (Artificial Perception) olarak sınıflandırılan bilgisayar yazılımı algoritmaları geliştirerek sanal (Artırılmış Gerçeklik, Sanal Gerçeklik ve Karma Gerçeklik) ve robotik (otomobil, uçak, robot) uygulamalar için Görsel Eşzamanlı Yerelleştirme ve Haritalama (Simultaneous Localization and Mapping) teknolojisini desteklemektedir. Gerçek zamanlı 3B haritalama ve pozisyon takibi sağlar. Ayrıca işaretçi veya işaretçisiz izleme ve konum gereksinimlerini de desteklemektedir [105].

- **Layar**

2009 yazında kurulan Layar, piyasaya çıkan ilk mobil AG tarayıcılarından biri olarak bilinmektedir. Açık geliştirme platformu sayesinde dünyanın her yerinden

geliştiricinin ve kullanıcının popüler platformu haline getirmiştir. Layar ücretsiz olarak Android, IOS ve Blackberry gibi işletim sistemlerinde kullanılabilir [106].

- **MAXST**

MAXST AG SDK, görüntü takibi, anlık takip, görsel SLAM, nesne takibi ve QR-Barkod Tarayıcı gibi çeşitli özelliklerin tümünü bir arada bir pakette birleştiren AG motorudur. Maxst, görüntü ve nesne tanıma için iki farklı araç sunar. Veri tabanlarının oluşturulması Tracking Manager üzerinden çevrimiçidir. 3B nesneleri taramak için Map Manager, Android ve IOS (MAXST AR Trainer) için uygulamalar kullanılmaktadır. Maxst AR, özellikle Natural Feature Tracking 'e odaklanır ve Moverio akıllı gözlükleri de dahil olmak üzere oldukça geniş bir platform yelpazesi sunmaktadır [107].

- **Vuforia**

Vuforia Motor önde gelen akıllı telefonlar, tabletler ve gözlük desteği ile, AG gelişimi için en çok kullanılan platformdur. Vuforia, hem Unity'i hem de üç ana platformu destekler: IOS, Android ve UWP. Vuforia kütüphanesi ayrıca ana özellik kategorilerine göre düzenlenmiştir. Başlıca özellik kategorileri Görüntüler, Nesneler ve Ortamlardır. Unity için C # API, iOS için C ++ API ve Android için Java ile Java içeren Vuforia Engine API belgeleriyle bağlantısı vardır [108].

- **Wikitude**

Wikitude SDK ile programlama bilmeden görüntüleri, nesneleri, sahneleri, coğrafi konumları ve daha fazlasını tanıyabilen, izleyebilen ve artırabilen AG uygulamaları oluşturabilir, yönetilebilir, test edebilir ve yayınlanabilir. Android, IOS ve Windows işletim sistemine sahip akıllı telefonlar, tabletler ve dijital gözlükler için platformlar arası (Cross Platform) AG deneyimleri oluşturmak için Native veya JavaScript API ile çalışabilir veya Unity, Cordova ve Xamarin uzantıları seçilebilir. Büyük ölçekli AG projeleri için ölçeklenebilir bulut tabanlı 100.000 adede kadar görüntü için çevrimiçi depolama sağlanabilmektedir [109].

- **Xzimg**

XZIMG, video akışlarındaki işaretleyicileri ve görüntüleri tanımak ve izlemek için bilgisayar görme işlevleri sağlayan bir yazılımdır. XZIMG, Unity eklentisine olarak sağlamaktadır. XZIMG, güçlü, gerçek zamanlı ve çok platformlu yüksek kaliteli deforme olabilen yüz takip teknolojisi sunmaktadır. Kullanıcıların geliştirdikleri AG uygulamalar bir Unity eklentisi aracılığıyla masaüstü (Windows), akıllı mobil cihazlara (Android ve IOS) ve web tarayıcıları ile uyumlu işletim sistemlerine entegre edilebilmektedir. Ayrıca, XZIMG SDK'da geliştirilen uygulamalar başka bir SDK içinde kullanılmak isteniyorsa, XZIMG kütüphanesini geliştirilen uygulamaya bağlamak ve sağlanan API işlevlerini çağırmak gerekmektedir [110].

AG tarayıcı ve geliştirme ortamları incelenirken günümüzün son teknolojik alt yapısı ve son geliştirilen özelliklere göre inceleme yapılmıştır. Bu ortamların karşılaştırma kriterlerini kısaca açıklayacak olursak;

Lisans, ücretsiz SDK veya ticari SDK'ların sürümleri arasında işlevsellik açısından belirli farklar vardır. Yani pro sürümlere göre ücretsiz sürümler genellikle kullanılabilir özellik bakımından kısıtlıdır.

Desteklenen platform, geliştiricilerin sahip oldukları platformlar ve hedef kullanıcı kitlesi cihaz platformları için AG SDK seçmeleri açısından önemlidir.

Unity desteği, Unity en gelişmiş oyun motorlarından biridir. Unity sayesinde, AG mobil uygulamaları için grafikler oluşturabilir. Ayrıca platformlar arası (cross platform) uygulama geliştirme ve 3B desteği [111] göz önüne alındığında, Unity en kullanışlı araç olduğu açıkça görülmektedir.

Akıllı gözlük desteği, günümüzde AG uygulamaları akıllı telefonlar üzerinden oluşturulabilinse dahi, akıllı gözlükler giyilerek eller serbest biçimde görüntüleyemeye izin veren AG deneyimlerine fırsat tanımaktadır. Bu yüzden bu cihazlarla uyumlu AG mobil uygulamalar oluşturabilmek bir avantajdır.

Coğrafi konum, konum tabanlı AG uygulamaları oluşturmak için çok önemlidir. İlgili uygulamalara sanal modeller eklenmek isteniliyorsa bu özelliğin mutlaka olması gerekmektedir.

3B tanımlama sayesinde 2B işaretçi saklamak yerine, bir nokta bulutu şeklindeki 3B işaretçi sistemde saklanır. 2B görüntü işaretleyici varyasyonuna kıyasla büyük bir avantaj sağlayarak gerçek nesnenin her taraftan görülebilmesi ve sürekli olarak artırılması sağlanmaktadır [112].

SLAM (Eşzamanlı Yerelleştirme ve Haritalama), sanal görüntüleri gerçek dünyadaki nesneler üzerinde görüntülemenin en etkili yoludur. SLAM, sensörleri çevrelerine göre eşzamanlı olarak konumlandırırken, aynı zamanda ortamın yapısını haritalandırmaktadır [113].

Bulut tanıma özelliği, işaretçilerin bulutta depolanması sayesinde ilgili uygulama mobil cihazda fazla yer kaplamaz. AG kitleri bazen sınırlı sayıda nesne kaydedebileceği düşünülürse bu özellik belirleyici bir kriter olmaktadır.

Tablo 2. 1 Artırılmış Gerçeklik tarayıcı ve geliştirme ortamlarının karşılaştırılması

	Lisans	Destekle- nen Platform	Unity	Akıllı Gözlük Destegi	Coğrafi Konum	3B Tanıma	SLAM	Bulut Tanılama
ARcore (Google)	Ücretsiz	Android, IOS	Var	Var	Var	Var	Var	Var
ARkit (Apple)	Ücretsiz	IOS	Var	Var	Var	Var	Var	Var
ARmedia	Ücretsiz, Ticari	Android, IOS	Var	Yok	Var	Var	Yok	Yok
ARTool Kit	Ücretsiz Açık Kaynak	Android, IOS, Windows, macOS, Linux	Var	Var	Var	Var	Var	Var
EasyAR	Ücretsiz, Ticari	Android, IOS, macOS	Var	Yok	Yok	Var	Var	Var
Kudan	Ücretsiz, Ticari	Android, IOS	Var	Yok	Yok	Var	Var	Yok
MaxST	Ücretsiz, Ticari	Android, IOS, Windows, macOS	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Vuforia	Ücretsiz, Ticari	Android, IOS, UWP	Var	Var	Var	Var	Yok	Var
Wikitude	Ücretsiz, Ticari	Android, IOS	Var	Var	Var	Var	Var	Var
Xzimg	Ücretsiz, Ticari	Android, IOS, Windows	Var	Var	Yok	Var	Yok	Yok

2.4.3 Artırılmış Gerçeklik Türleri

AG türleri içerdikleri teknolojilere göre konum tabanlı, işaretçi tabanlı, işaretçisiz tabanlı ve projeksiyon tabanlı olmak üzere ayrılabilir (Şekil 2.42). Bu türler aşağıda detaylı bir şekilde incelenmiştir.

2.4.3.1 Konum Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Sistemleri

AG uygulamalarının en yaygın türlerinden biri olan, konum tabanlı AG, bulunan yere göre veri sağlamak için cihaza yerleştirilmiş bir GPS, dijital pusula, hız ölçer veya ivmeölçer kullanmaktadır [114]. En yaygın olarak yol tariflerini haritalamak, yakındaki işletmeleri bulmak ve diğer konum merkezli mobil uygulamaları kullanmak için kullanılmaktadır. Açıkçası, konum tabanlı artırılmış bilgiler gerçek zamanlı olarak kullanıcıların mobil ekranlarında gösterilmektedir ve böylece bu AG türü konum tabanlı AG türü olarak genelleştirilebilir [115].

2.4.3.2 İşaretçi Tabanlı Artırılmış Gerçeklik Sistemleri

İşaretçi tabanlı AG uygulamaların temeli görüntü tanıma dayanmaktadır. AG içeriğini görüntülemek için tetikleyici olarak değişken aydınlatma koşullarında cisimleri tespit etmek için en uygun olanı siyah beyaz işaretleyiciler kullanılmaktadır. Artırılmış bileşeni görmek için, kamerayı işaretleyicinin konumuna getirmek gerekmektedir. Cihaz işaretçiyi tanıdığı anda, uygulama bu işaretçi üzerindeki dijital verileri kaplar ve artırılmış model görülmektedir [116]. İşaretleyici tabanlı bir uygulama oluşturulduğunda, kamera verileri analiz ederken arama işlemini basitleştirmek için 3B model ve grafiklerin önceden oluşturulması gerekmektedir. Böylece algılanmaları daha kolay olduğundan AG uygulamalarının çoğunun işaretçi tabanlı olması şaşırtıcı değildir. En gelişmiş AG SDK'ları, 3B işaretleyicilerin, yani gerçek hayattaki nesnelerin tanınmasını desteklemektedir [117].

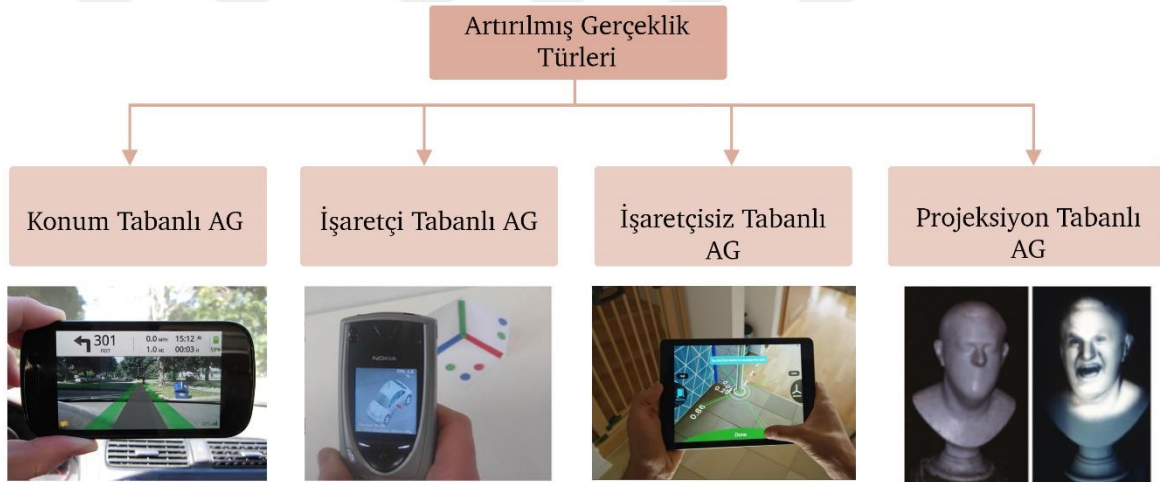
2.4.3.3 İşaretçisiz Tabanlı AG Sistemler

İşaretçisiz tabanlı sistemler GPS, pusula, ivmeölçer gibi sensörleri kullanmaktadır [118]. Bu tür yaklaşımlar dış mekanlarda ve açık ortamlarda yaygın olarak kullanılır. AG tarayıcıları, AG içeriğini konum ve içeriğe göre araştırmak için kamera görünümünde POI'ler (Point of Interests) arasında gezinmelerine

yardımcı olmaktadır. Bu veri girdileri, SLAM olarak bilinen 3B alan anlayışı oluşturmaktadır [40].

2.4.3.4 Projeksiyon Tabanlı AG Sistemler

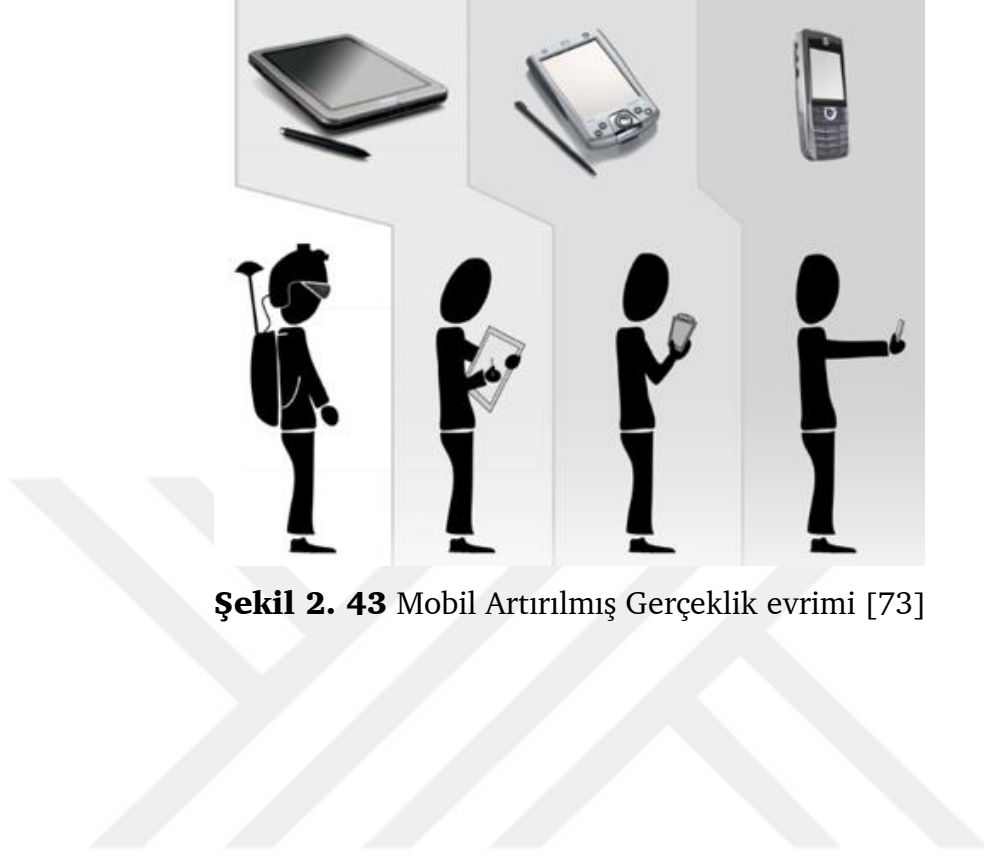
Projeksiyon Tabanlı AG, başka bir yerde üretilen görüntüleri gerçek yüzeylere yansıtarak gerçek çevredeki 3B nesneleri ve alanları güçlendirmek ve geliştirmek için projeksiyon teknolojisinin kullanımı olarak tanımlanabilmektedir. Yansıtılan görüntüler bir bilgisayar tarafından üretilebilir, fotoğrafik olabilir ya da gerçek zamanlı olarak anlık oluşturulabilir [119]. Ayrıca AG sisteminin çıktılarını deneyimlemek için kullanılan ekranlar kullanıcıdan ayrılmaktadır ve sonuç olarak geleneksel cihazların sahip olduğu bazı teknolojik, ergonomik ve ekonomik sorunlar çözülmektedir [120].



Şekil 2. 42 Artırılmış Gerçeklik türleri [77] [12] [121] [119]

Mobil Artırılmış Gerçeklik'in ortaya çıkmasından önce, AG üzerinde çalışan bazı araştırmacılar, hantal sırt çantasını ve başa takılan ekran kurulumlarını ultra mobil kişisel bilgisayarları (UMPC) değiştirmeye başlamışlardır. Cep bilgisayarları (Personal Digital Assistant) bu iki platform tek bir cihaz sınıfında birleştirilerek günümüzden önceki akıllı telefon türünü oluşturmaktaydı. Günümüzde akıllı telefonlar, yalnızca taşınabilir kullanımdan ziyade; fiyat, ağırlık ve batarya ömrü ve büyük bir tüketici oranı düşünülerek geliştirilmektedir [73]. Akıllı telefonlar, günlük yaşamda çok kullanışlı olan yeni çağın sayısal cihazları ve yeteneklerine bakarak, mobil bilgisayarları diyebiliriz. Sonuç aşağıdaki Şekil 2.43'te görüldüğü

gibi olarak AG donanımların evrilmesi bu teknolojinin kullanımı için ekstra donanımlara ihtiyacı ortadan kaldırmıştır.



Şekil 2. 43 Mobil Artırılmış Gerçeklik evrimi [73]

Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

Son yıllarda, daha etkili akıllı telefonların ortaya çıkışı ve takip algoritmalarındaki hızlı gelişme, kullanıcılara açık AG uygulamalarının ticari ve akademik gelişimini güçlendirmiştir. Bu bölümde ticari ve farklı eğitim alanlarında geliştirilmiş AG tabanlı uygulamalar incelenecektir. İncelemeler sonucunda mimarlık eğitiminde kullanılmak üzere geliştirilecek öneri sistemin içerik ve teknik özelliklerini oluşturacak temel özellikler oluşturulacaktır.

3.1 Artırılmış Gerçeklik Mobil Uygulamaları

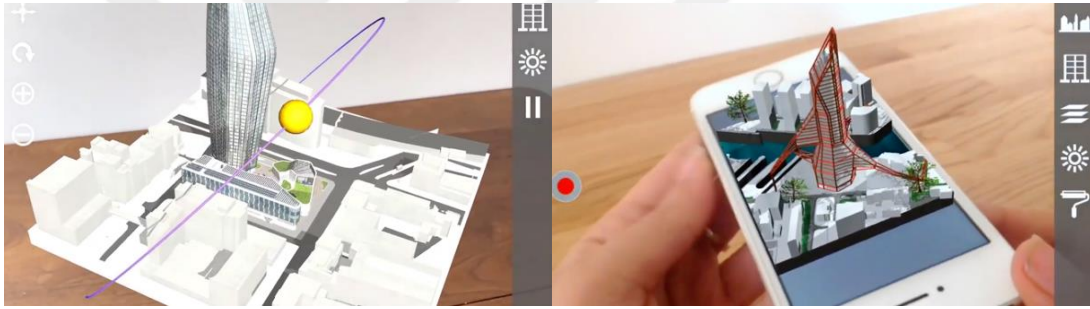
Son yıllarda, hesaplama birimlerinin işlem kapasitesi, iletim bant genişliği ve bellek kapasitesi ve hızı ile birlikte oldukça artmıştır. Bu teknoloji gelişimi, AG'nin, cep telefonları gibi taşınabilir, günlük ve ucuz kullanıma hazır cihazlara geçişini sağlamıştır. Bu da potansiyel kullanıcılar zaten AG için uygun platformlara sahip olduklarından, AG uygulamaları için toplu pazarlar açmıştır. Ayrıca, bulut bilişim ve bulut hizmetleri, mobil cihazlarda bile devasa veri tabanlarının kullanılmasına olanak sağlamaktadır [51].

Bu kısımda mimarlık eğitiminde kullanılmak üzere öneri uygulama için faydası olduğu düşünülen ticari ve farklı alanlarda kullanılan AG uygulamaları incelenmiştir. Öneri AG tabanlı modelinin bileşenlerini oluşturmak için seçilen uygulamalar aşağıda detaylı olarak irdelenmiştir.

- **ARki:AR Architecture**

ARki AG mobil uygulaması mimari projeleri sergileyen bir AG uygulamasıdır. ARki, 3B modelleri gerçek dünya ortamında zenginleştirerek her ölçekte gerçek zamanlı mimari görselleştirme sağlayarak kullanıcıların yerinde mimari modelleri tam görme ve gezinme özgürlüğü ile keşfetmelerini sağlamaktadır (Şekil 3.1). Temel özelliklerini açıklayacak olursak;

- ARki, IOS ve Android’de ücretsiz olarak kullanılabilir, böylece sunumların kolay dağıtımı ve erişimi sağlanabilmektedir.
- Modelleri içe aktarmak için fbx uzantılı modelleri doğrudan Dropbox, Gdrive veya Onedrive’den yükledikten sonra uygulama içerisine aktarılabilir.
- AG / 3B Modu ile yerinde görselleştirmeye izin verir, böylece modeller hem AG ortamında hem de 3B olarak görüntülenebilir.
- Ölçeklendirme özelliği ile modellerin AG’yi kullanarak herhangi bir ölçekte görselleştirilmesine olanak tanımaktadır.
- 3B modellerin çevrimdışı saklanmasıyla kullanıcının istediği zaman sanal modelleri depolayarak kendi cihazında saklanmasına izin vermektedir.
- ARki’de oluşturulan modeller uzaktan görüntüleme özelliği aracılığıyla tüm kullanıcılara kolayca dağıtılabilir [122].



Şekil 3. 1 ARki AG uygulamasının kullanıcı arayüzü [122]

- **Berlin AR Tour**

Berlin AR Tour, Berlin gezi otobüs turları için geliştirilmiş bir AG mobil uygulamadır. Berlin AR Tour, sadece Berlin City Tour ve City Sightseeing Berlin için çalışmaktadır. Berlin AR Tour ile yerlerin isimleri, sokakların tarihi görüntüleri, binaların iç fotoğrafları ve bazı yerlerin hava fotoğraflarını gerçek zamanlı olarak görüntülenebilmektedir. Uygulamayı kullanmak için otobüs koltuklarının yanında bulunan QR kodunu etkinleştirmek gerekmektedir (Şekil 3.2). AG teknolojisi için işaretçiler Berlin City Tour tarafından sağlanmıştır [123].



Şekil 3. 2 Uygulama arayüzünden görünüşler [123]

- **iGeology 3D**

iGeology 3D, British Geological Survey (BGS) tarafından araştırma ve eğitim faaliyetleri amaçlı Britanya'nın jeolojisini 3B göstermek amacıyla geliştirilmiş bir AG uygulamasıdır. iGeology 3D sadece Birleşik Krallık (Kuzey İrlanda hariç) için jeoloji verileri sağlamaktadır. iGeology 3D, BGS'in en son bilgileri kullanarak arazinin şeklinin jeolojisinden nasıl etkilendiğini ve o yerin jeolojisi hakkında bilgi edinmeyi sağlamaktadır. BGS'in 1: 50.000 ölçekli jeolojik haritalarını kullanarak mobil aygıtlarla bakılan arazi üzerinde jeoloji renginde boyanmış jeolojik haritalar çizerek alttaki saklı detayları (Şekil 3.3) ortaya çıkarmaktadır [124].

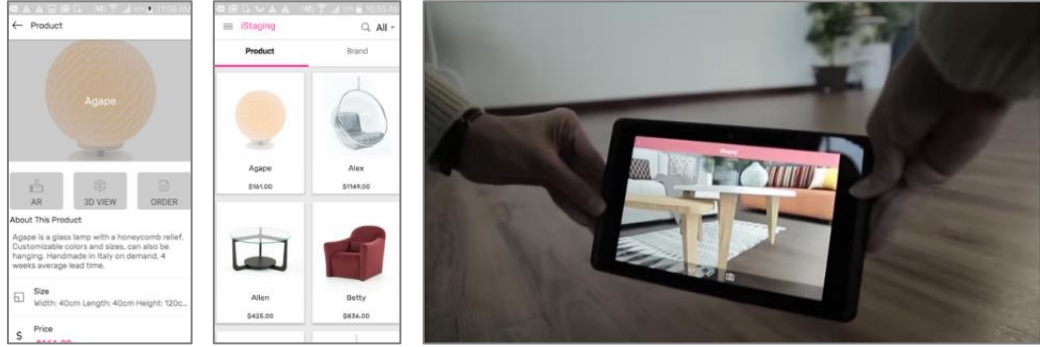


Şekil 3. 3 Uygulama arayüzünden görünüşler [124]

- **iStaging Interior Design**

iStaging, iç mekanları Android tablet veya akıllı telefondan kolayca tasarım yapmak için tüm araçları sağlamaktadır. AG, SG ve 3B teknolojilerinden yararlanmaya olanak tanımaktadır. Herhangi bir işaretçi yerleştirmeden belirli marka mobilya ya da aksesuara bağlı kalmadan eş zamanlı görüntüleme yapılabilmektedir (Şekil 3.4). Kullanıcı istediği ürünü iç mekâna yerleştirdikten sonra kaydedebilir ve paylaşımında bulunabilir. AG desteklemesinin yanında SG gözlükleri takılarak yaratılan iç mekân tasarımlarına 360 ° SG ile görülebilir.

iStaging, Google Karton, Carl Zeiss VR One, Baofeng gözlük, Homido VR, Archos VR ve daha fazlası dahil olmak üzere çoğu SG gözlüğünü desteklemektedir [125].



Şekil 3. 4 Istaging uygulaması arayüzü ve kullanıcı deneyimi [125]

- **LandscapeAR**

LandscapeAR, kullanıcıları adalar ve araziler oluşturmaya yönelten bir AG uygulamasıdır. Sadece izohips çizgilerini bir kâğıda çizerek, doğrudan sanal modeli bir kâğıt parçası üzerinde 3B olarak görülmesine olanak sağlamaktadır (Şekil 3.5). Uygulama arayüzü oldukça sade ve kullanımı çok kolaydır. Kullanımı için kâğıdın arka plandan belirgin bir şekilde görünür ve olduğunca parlak olması gerekmektedir. Ayrıca kalın koyu bir kalem kullanılmalıdır ve arka planın oldukça karanlık olması gerekmektedir. Uygulamanın amacı, kullanıcı tanımlı 3B arazi modelleri oluşturmaktır [126]. Bu AG uygulaması gerçek dünya taslaklarının, sanal araziyle buluşması bakımından oldukça ümit vericidir. Konuma göre verilerin haritalanması, sorgulanması, modellenmesi ve analiz edilmesi gibi GIS (Geographic Information System) amaçlı kullanımı yani Google Play Store'deki sadece eğlence kategorisi altında kalmaktan kurtarılarak gerçek hayatta eğitim ya da iş ortamında pratiğe dökülmesi ile potansiyeli yüksek bir AG uygulaması olabilir.

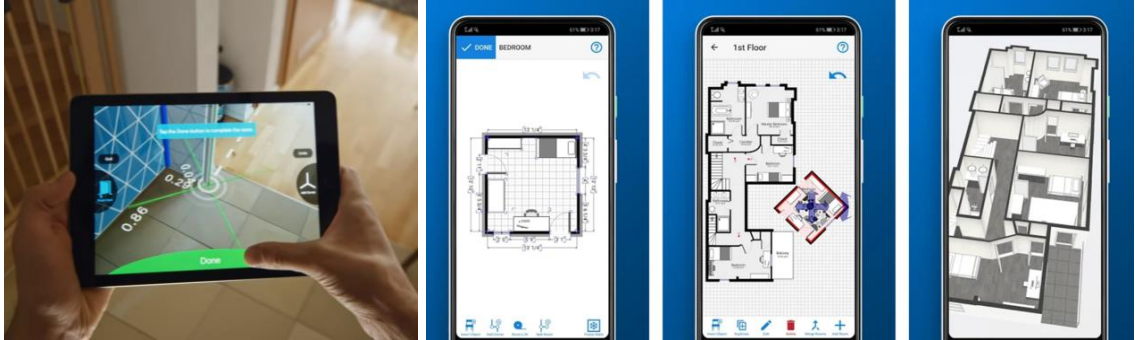


Şekil 3. 5 LandscapeAR uygulamanın kullanımı [126]

- **Magicplan**

Magicplan AG uygulaması, mobil bir cihazın kamerası aracılığıyla yapılan tarama sayesinde ilgili yapının kat planları, malzeme ve maliyet tahmini, 3B model oluşturma ve sanal gezinti gibi birçok görevi yerine getirebilmektedir. Magicplan, jiroskop bulunduran ve ARcore uyumlu Android cihaz ile kullanılabilir. Gerçek dünyadaki verileri toplayıp işleyerek kullanıcıya sanal veriler sunarak bu veriler üzerinde uygulama yapmasına fırsat tanımaktadır (Şekil 3.6). Uygulamanın özellikleri;

- Bluetooth ile bir lazer mesafe ölçme,
- Planları 2B olarak görüntüleyerek ve 3B modeller oluşturma,
- Planlarını PDF, JPG, PNG, SVG, CSV, DXF gibi formatlarda dışa aktarma,
- Excel, AutoCAD ve Chief Architect gibi programlar ile uyumlu olma,
- Planlara Macigplan AG uygulaması kütüphanesi aracılığıyla donatılar ekleme,
- Fotoğraf çekme, not ekleme ve sanal gezinti oluşturma,
- Oluşturulan modelleri bulut depolama sayesinde yedekleme,
- Eğitim desteği İngilizce dil seçeneği olarak bulunmaktadır [121].

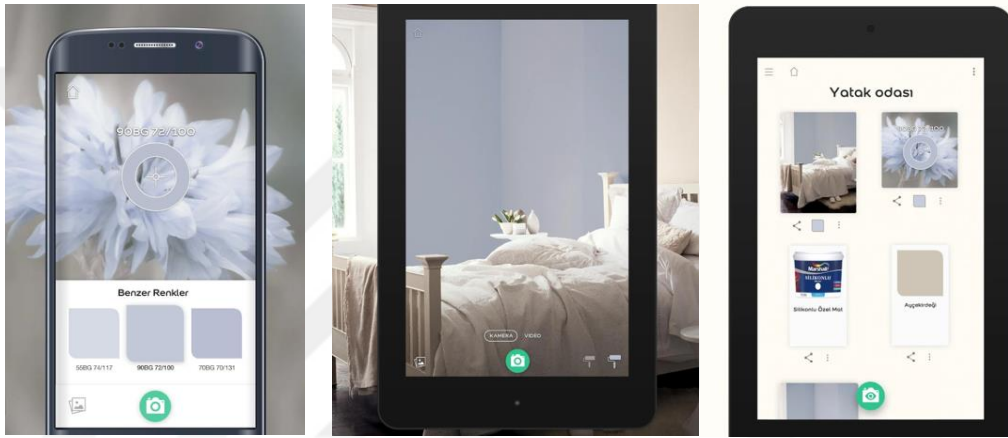


Şekil 3. 6 Uygulamanın kullanımına yönelik adımlar [121]

- **Marshall Gör & Boya**

Marshall Gör & Boya AG uygulaması kullanıcıların gerçek bir duvar üzerinde kamera ve video seçeneği ile farklı Marshall boya renklerinin deneyimleyebildiği ve kaydedebildiği bir platformdur (Şekil 3.7). Bu uygulamanın kullanılabilmesi için mobil cihazın hareket sensörüne ihtiyacı vardır. Hareket sensörünün olmadığı durumlarda odanın ve duvarın sabit bir fotoğrafı kullanılarak renklerin görülmesini sağlayan fotoğraf ekleme modu sayesinde kullanımı mümkündür.

Uygulama içerisinde proje klasörleri oluşturularak kullanıcıların yapmış olduğu tasarım içerikleri kaydedilebilmektedir [127]. Renklerin ton kombinasyonları uyumlu nötr renkleri gibi farklı başlıklar altında kullanıcıya fikir vermektedir. Fakat seçilen rengin renk kodunu verirken renk adını vermemektedir. Kullanıcı arayüzü karmaşıklığı, sadece firmanın kendi ürünleri kapsayacak şekilde olması, boyanmak istenilen duvarın aydınlık düzeyinin iyi olmadığı durumlarda zenginleştirmenin doğru yapılamaması, mobil araçların kamera özelliklerine göre iyi ya da kötü sonuçlar doğurması ve seçilmek istenilen yüzeyin mevcut oda tefrişleri ile karışması durumu gibi birtakım problemler söz konusudur.

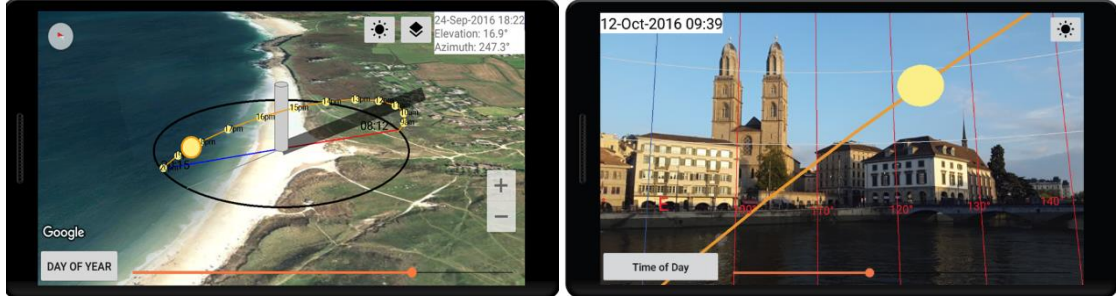


Şekil 3. 7 Marshall Gör & Boya uygulamasının kullanım dizgesi [127]

- **Sun Locator Lite (Sun and Moon)**

Sun Locator Lite uygulaması, güneş ve ay konumunu bir gün boyunca belirli bir yerdeki yolu tahmin etmektedir. Google Play Store'de sadece fotoğrafçılık kategorisinde bulunsa da mimarlık, açık hava etkinlikleri, peyzaj ve bahçe işleri gibi birçok alanda kullanılabilir. Uygulamanın ana ekranı tüm ayrıntılı bilgileri (gün doğumu-gün batımı, ayın doğuşu-batışı, mavi saat, altın saat, öğlen vakti, alacakaranlık süreleri, ay evresi vb.) göstermektedir. AG özelliği, ile mobil cihazın kamerasına doğrudan yerleştirilmiş olan güneş konumunu ve ay konumunu göstermektedir (Şekil 3.8). Günün saatini ayarlamak ve doğrudan güneş hareketini izlemek için kaydırılarak kullanmak gerekmektedir. AG özelliği kullanmak için manyetometre pusula bulunduran mobil cihaz kullanılmalıdır. Harita özelliği sayesinde, yapılacak etkinlikleri planlamaya yardımcı olacak

şekilde bir haritada güneşin ve ayın konumunu, yönünü ve gölge yönünü göstermektedir [128].



Şekil 3. 8 Sun Locator Lite uygulamasına ait kullanıcı arayüzü [128]

Aşağıdaki Tablo 3.1’de gösterildiği gibi ticari olarak farklı katagoride kullanımı için geliştirilen AG mobil uygulamalarının genel olarak karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma kriterleri, kullanıcıların en çok tercih ettiği mobil cihaz platformlarından başlayarak ele alınmıştır.

2.2.1 Mobil İşletim Sistemlerinin karşılaştırılması bölümünde yer alan Şekil 2.8’de ve Şekil 2.9’da gösterildiği gibi en çok Android İşletim Sistemine sahip cihazlar bulunmakta ve bu işletim sistem için mobil uygulamalar geliştirilmektedir. Bu yüzden mimarlık eğitiminde kullanılmak üzere önerilen model için Android İşletim Sistemi tercih edilmesine karar verilmiştir.

Bulut depolama birçok alanda (görsel, video ve kişisel bilgi) verileri internet ya da farklı ağ üzerinden aktarılacak olarak depolanmasını sağlayan bir sistemdir. İncelenen mobil uygulama içerisinde proje klasörleri oluşturarak kullanıcıların yapmış olduğu içerikleri kaydetmesi ve depolaması bu yüzden önemli olmaktadır.

İlgili dokümanları diğer kullanıcılar ya da üçüncü kişiler ile farklı platformlar üzerinden (mail vb.) paylaşımına olanak sağlıyor olması kullanıcıların ilgili içeriklere uzaktan kolaylıkla ve güvenle erişimini sağlamaktadır.

İncelen mobil uygulama örneklerinde kullanılan AG teknolojiye (sensör, SLAM, projeksiyon vb.) göre AG türü önemli bir yer tutmaktadır. Mobil araçların donanımsal (kamera, sensör vb.) özelliklerinden dolayı Projeksiyon Tabanlı AG türüne oranla Konum, İşaretçi ve İşaretçisiz Tabanlı AG türleri daha çok tercih edilmiştir. Bu bağlamda mimarlık eğitiminde kullanılmak üzere önerilen sistem için bu özellik de belirleyici olmuştur.

Tablo 3. 1 Ticari mobil AG uygulamalarının karşılaştırılması

Uygulama Adı	Platform	Bulut Depolama	Paylaşım	AG türü	Amaç
ARki:AR Architecture	Android ve IOS	Var	Var	İşaretçi Tabanlı	3B modelleri gerçek dünya ortamında her ölçekte gerçek zamanlı görselleştirme, mimari modelleri tam görme ve gezinme
Berlin AR	Android ve IOS	Yok	Yok	İşaretçi Tabanlı	Gezi otobüsleri için yerlerin isimleri, sokakların tarihi görüntüleri, binaların iç fotoğrafları ve bazı yerlerin hava fotoğraflarını gerçek zamanlı olarak görüntüleme
iGeology 3D	Android ve IOS	Yok	Yok	Konum Tabanlı	Araştırma ve eğitim faaliyetleri amaçlı Britanya'nın jeolojisini 3B gösterme
iStaging Interior Design	Android ve IOS	Var	Var	İşaretçisiz Tabanlı	Kullanıcının istediği ürünü iç mekâna yerleştirme
LandscapeAR	Android	Yok	Var	İşaretçi Tabanlı	Kullanıcı tanımlı 3B arazi modelleri oluşturma
Magicplan	Android ve IOS	Var	Yok	İşaretçisiz Tabanlı	Gerçek dünyadaki verileri toplayıp işleyerek kullanıcıya sanal veriler sunarak bu veriler üzerinde uygulama yapma
Marshall Gör & Boya	Android ve IOS	Var	Yok	İşaretçisiz Tabanlı	Gerçek bir duvar üzerinde kamera ve video seçeneği ile farklı Marshall boya renklerinin deneyimleme
Sun Locator Lite (Sun and Moon)	Android	Yok	Yok	Konum Tabanlı	Yapılacak etkinlikleri planlamaya yardımcı olacak şekilde güneşin ve ayın konumunu, yönünü ve gölge yönünü gösterme

3.2 Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

Eğitimciler her zaman öğrencileri için öğrenme deneyimini geliştirebilecek yeni teknolojiler aramaktadırlar. AG geleneksel öğrenme ve öğretim yolları geliştirmek için etkin ve verimli bir araç olduğunu yapılan araştırmalarla kanıtlanmıştır. AG, kullanıcıların ve makinelerin etkileşim şeklini değiştirir ve bu teknoloji, öğrencileri ders materyali çalışmasına farklı ve daha aktif bir şekilde yaklaşmaya teşvik edebilmektedir. SG benzer şekilde, AG öğretmenlerin çok küçük veya çok büyük ölçek sistemlerini taklit etmesine ve görselleştirmesine yardımcı olmaktadır ayrıca, tehlikeli veya zarar verici olaylar AG aracılığıyla deneyimlenebilmektedir [50].

Bu bölümde eğitimin farklı alanlarında kullanılmak üzere önerilen AG tabanlı sistemlerin kullandıkları teknoloji ve akademik olarak ne tür amaçlarla kullanıldığı ve kullanıcıların gelişimlere nasıl fayda sağladığı incelenmiştir.

3.2.1 Farklı Disiplinlerde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

- **Okul Öncesi**

Baykara ve arkadaşları tarafından geliştirilen eğitim modeli, AG teknolojisi aracılığıyla okul öncesi eğitimde sadece 3B model kullanılmayarak ses ile birlikte çocuklara meyve ve hayvanların öğretilmesi amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında modelin okul öncesi çocukların ilgisini çekip merak duygusunu tetiklediği kanıtlanmıştır [129].

Gecü-Parmaksız tarafından yapılan bir tez çalışmasında, bir mobil cihazda AG tabanlı uygulamaların okul öncesi çocukların uzamsal becerilerini ve geometri seviyelerini geliştirme sürecine yardımcı olmak için oyun ile birlikte ilgi ve motivasyonu artırarak öğretme ve öğrenme sürecinde verimli bir araç olacağını gösterilmiştir [130].

- **Bilgisayar Bilimleri**

Gül ve Şahin tarafından geliştirilen AG modeli bilgisayar donanımı öğretimi için laboratuvar ortamına bağlı kalmadan sınıf ortamında da kullanılabileceğini göstermektedir. Bu durumda öğrenmenin gerçekleşmesi için bir yere bağlı kalmadan mekândan bağımsız kullanılabilirliği gösterilmiştir [131].

Tunalı tarafından yapılan tez kapsamında Selçuk Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği öğrencilerine Algoritmalar dersi için AlgAR adında AG uygulaması geliştirilmiştir. Uygulamayı deneyimleyen öğrenciler bu öneri model ile dersin anlaşılır, kolay ve etkileşimli bulunduğu anketler ile doğrulanmıştır [132].

Erbaş tarafından yapılan tez çalışması kapsamında geliştirilen öneri modelin görselleştirme desteği sayesinde derse yönelik motivasyonu olumlu yönde etkilediği ortaya çıkmıştır [133].

- **Fen Bilimleri**

Buluş Kırıkkaya ve Şentürk tarafından yapılan bir araştırmada fen bilimleri dersi Güneş Sistemi ve Ötesi ünitesi AG teknolojisi aracılığıyla işlenmiştir. Sonrasında denek ortaokul öğrencilerin akademik başarı ve düşünceleri incelenmiştir. Sonuç olarak soyut ve zor algılanan astronomi konularının 3B olarak görülmesiyle daha kolay anladıkları ve başarılı oldukları gözlenmiştir [134].

Yıldırım tarafından yapılan tez çalışmasında fen bilgisi dersinde mobil AG uygulaması kullanılarak öğrenciyi merkeze alan bir eğitim anlayışı ile zaman ve mekândan bağımsız olarak öğrenme sürecini bireyselleştirerek öğrencilerin derste etkin bir rol almalarını sağladığı gösterilmiştir [135].

Ateş tarafından yapılan tez çalışmasında fen bilgisi dersi maddelerin tanecikli yapısı ve saf maddeler konusunda öğrencilerin akademik başarısına etkisi incelemek amaçlanmıştır. Kontrol grubu ve test grubu gibi iki ayrı grupta yapılan AG tabanlı çalışma sonucu test grubu öğrencilerinin konuyu öğrenmelerinde geleneksel öğrenme yöntemine göre (kontrol grubu) daha fazla akıllarında kaldığı yani öğrenmenin daha kalıcı olduğu görülmüştür [136].

Abdüsselam'ın yapmış olduğu çalışmada ise ortaöğretim öğrencilerine fizik dersi kapsamında Manyetizma konusu bir AG ortamı ile öğretilmesi ve başarı testi yapılmıştır. Konunun 3B gösterilmesi kolay kavramayı, AG teknolojisinin yeni olmasıyla ilginin arttığı ve uygulamaya katılımlara motive ettiği görülmüştür [137].

Taçgın, Uluçay ve Özüağ tarafından yapılan çalışmada, kimya eğitimi için doğal kullanıcı arayüzü ve insan bilgisayar etkileşimi tabanlı AG uygulaması geliştirilerek periyodik tabloyu ve elementlerin atomik yapısını öğretmek amaçlanmıştır. Öğrencilerin uygulama sırasında parmakları ve elleri kullanılması, öğrenmeyi etkileşimli, bütünsel ve etkili bir hale getirmiştir [138].

- **Geometri ve Matematik**

Burmabıyık tarafından yapılan çalışmada etkileşimli tahta ve tablet bilgisayarlar ile matematik dersi Katı Cisimler konusu görsel ve işitsel yardımlarla öğretmen ve öğrenci versiyonlu olarak geliştirmiştir. Uygulama hem bireysel hem bütün sınıfa yönelik geliştirilen eğitim materyali öğrencilerin etkileşimli materyaller aracılığıyla anlamlı öğrenmeler oluşturmalarını sağladığını göstermiştir [139].

İbili ve Şahin tarafından yapılan 3B geometri kitabı çalışmasında AG destekli teknoloji kullanılarak geometri öğreniminin öğrencilerde bilişsel ve duyuşsal öğrenmelerine katkı sağladığı görülmüştür [140].

Akkuş ve Özkan tarafından yapılan bir başka çalışmada matematik ve geometri alanında akademik çalışmalar kategorisinde geliştirilen AG uygulamaları incelenmiştir. İncelemeler sonucunda yapılan uygulamaların genellikle uzamsal zekâ gelişimini artırması için yapıldığı gösterilmiştir [94].

- **Dil Eğitimi**

Taşkıran, Koral ve Bozkurt tarafından yapılan çalışmada AG ile İngilizce öğreniminin eğlenceli, motivasyonu arttıran, yaparak-yaşayarak öğrenmeye destekleyen ve öğrencilerin öğrenme sürecine aktif katılımına olanak sağlayan bir teknoloji olduğu göstermiştir [141].

Çınar ve Akkün tarafından yapılan başka bir çalışmada görsel ve işitsel olarak zenginleştirilmiş bir AG destekli İngilizce kitabı oluşturulmuştur. Tasarım ve geliştirme aşamasında olan bu kitap ortaokul 6. sınıf İngilizce dersi için hazırlanmış ve İngilizce öğrenme ve öğretme çalışmalarına katkı sağlaması beklenmektedir [142].

Küçük, Yılmaz ve Göktaş tarafından yapılan çalışmada önerilen sistem ile ortaokul öğrencilerinin AG uygulama kullanarak İngilizce öğrenirken kaygı düzeylerinin düşük olduğu tespit edilmiştir [143].

- **Tıp**

Küçük, Kapakin ve Göktaş tarafından yapılan bir incelemede nöroanatomi gibi beyin ve damarların yapısını içeren konuların daha kolay kavranması için her yerde öğrenme yaklaşımını ve bireysel öğrenmeyi temel alan mobil AG uygulamaları önerilmektedir [144].

Ferrer-Torregrosa ve ekibi tarafından yapılan bir çalışmada alt uzuv anatomisine odaklanan AG'ye dayalı yeni bir araç deneyimi sunulmaktadır. ARBOOK adı verilen AG eğitim materyali tıp eğitimine yeni öğretim araçlarının dahil edilmesi gerekliliği, yapılan kullanıcı anket sonuçları ve ARBOOK grubunun yazılı testte kontrol grubundan daha iyi puan aldığı gösterilmiştir [145].

Hanna ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada HoloLens giyerek otopsi yapan kullanıcılara uzaktan gerçek zamanlı diyagramlar, açıklamalar ve sesli talimat verilmiştir. Böylece bu çalışma, inceleme, konsültasyon sırasında

desteklenmiş ve kullanıcıların rehberlik için bir patoloğa uzaktan erişebilmelerini ve gerçek zamanlı olarak numuneler üzerinde ilgi duyulan alanları açıklamalarını sağlamıştır [146].

- **Teknik Resim**

Balak ve Kısa tarafından mühendislik öğrencileri için teknik resim dersinde kullanılmak üzere bir AG uygulaması geliştirilmiştir. Bu çalışmada öğrencilere, 2B görsellerinin uygulama üzerinde 3B gösterilerek uzamsal canlandırma becerileri kısa sürede geliştirmeleri sağlanmıştır [147].

Ortaöğretim 10. sınıf seviyesinde Bilişim Teknik Resim dersi kapsamında AG tabanlı uygulama kullanımının, öğrencilerin uzamsal görselleştirme becerileri, akademik başarıları ve tutumlarına etkisini inceleme amacıyla yapılan çalışmada 3B modellerin kullanımı öğrencilerin ilgi ve meraklarını uyandırdıkları gözlemlenmiştir [148].

3.2.2 Mimarlık Eğitimi ve Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları

Mimari tasarım süreci kavramları okuma, zihinde canlandırma ve ifade etme gibi çeşitli aşamalardan oluşmaktadır. Bununla birlikte aşamalar, hiyerarşik bir ilişkinin aşamaları olmaktan çok birbiriyle karışan ve etkileşime giren durumları ifade etmek için kullanılmaktadır [149]. Mimari tasarımlar, geleneksel olarak eskizler, teknik ve perspektif çizimler, fiziksel ve dijital modellerle temsil edilmektedir. Bu temsil araçlarını kullanarak tasarım görselleri yaratılır. Bu görsellerin işlenmesi gelecekteki sonuçlarının tahmin edilmesine yardımcı olmaktadır. Tasarım süreci mimarlık eğitimi sürecinde de benzerlikler göstermektedir.

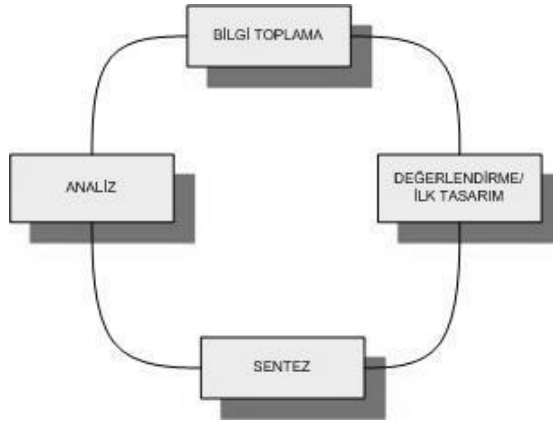
Tasarım stüdyosu dersleri, mimarlık eğitiminde ayırt edici bir özelliğe sahiptir. Beaux-Arts atölyelerinden türetilen stüdyo kültürü, öğretme ve öğrenmenin çıraklık modeline dayanmaktadır [150] [151]. Bu dersler öğrencilerin önceden herhangi bir bilgi veya pratik deneyim sahibi olmadan farklı tasarım konularına hem kavramsal hem de fiziksel yanıt üretmeleri beklenen mimarlık eğitimi içinde önemli bir role sahiptir [152].

Geleneksel tasarım stüdyolarda, öğrenciler tasarımlarının ilerlemesini göstermek için eskizler, planlar, kesitler, 3B modeller ve maketler gibi görsel tasarım temsilleri hazırlamaktadırlar. Böylece tasarımların sunumları sırasında öğrenciler, mimar olan eğitmenlerinden tasarımlarını düzenleme ve iyileştirme konusunda rehberlik edici geri bildirim alırlar. Hem eğitmenler hem de öğrenciler tasarımlarını yansıtmak ve uygulamaya geçirmek için temsilleri ele alarak tasarım sürecini deneyimlemektedirler. Tasarım stüdyolarının genel olarak yapısı, öğrenci merkezli, problemlerin sonsuz sayıda çözümü (malzeme, araç, yöntem vb. ile), çoklu etkileşim ortamı (öğrenci- öğrenci, öğrenci-öğretim elemanı) ve değişebilir stüdyo programları gibi öğelerden oluşmaktadır [153].

Konsept tasarım kavramı, problemleri soyutlayarak tanımlama ve daha sonra biçimlerin yaratılması anlamına gelmektedir. Ayrıca bu aşama tasarımın ön aşaması (konsept oluşturma) olarak da adlandırılmaktadır [154].

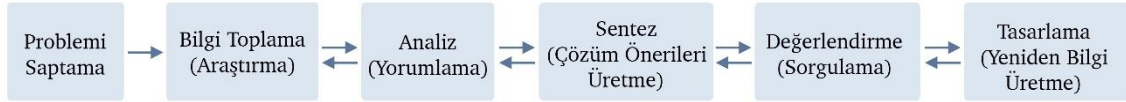
Ön tasarım döneminde ilk tasarım fikirleri üretilir ve test edilir. Mevcut verilerin fazla belirsiz olması, üretilen alternatiflerin fazla düşünülmeden bırakılması, ihtiyaç olan tasarım ilişkilerinin kurulamaması ve bir fikirden diğerine geçme eğilimi tasarım fikirlerinin ortaya çıkmasını etkilemektedir [155]. Bir tasarım sürecinin aksine bir sürecin tasarımı yani beklenen sonuçtan başka bir işlemin adımlarının planlanması gerekmektedir [156].

Canbay Türkyılmaz 'ın yapmış olduğu tez çalışmasında erken tasarım evresine bir model önerilmiştir (Şekil 3.9). Tasarım modeli döngüsel süreçli bir model olmakla birlikte tüm tasarım sürecini kapsayacak biçimde geliştirilebilmektedir. Buna göre tüm tasarım seçeneklerinin göz önünde bulundurulduğu İlk Tasarım Değerlendirmesi adımıyla, bu aşamaya gelmeden önce gerekli verilerin toplanması gerekmektedir.



Şekil 3. 9 Erken tasarım sürecinde gerçekleşen eylemler [157]

Tasarım stüdyosu dersi kapasamında mimarlık öğrencileri, öncelikle bir problemi tespit ederek, bu problemin çözümü için gerekli verileri toplamaktadırlar. Sonrasında bu verileri yorumlama süzgecinden geçirerek ve yeni örneklerden yararlanarak probleme çözüm önerileri üretmektedir. Üretilen çözüm önerileri, değerlendirebilme ve eleştirel bakış açısıyla yeniden sorgulanır ve yeni bilgi üretme aşamasına geçilir. Bu aşamalar sonucunda tasarım süreci sağlıklı bir şekilde devam ettirilebilir [153]. Tasarım sürecindeki her bir aşama kendinden önceki ve sonraki aşama ile etkileşim halindedir. Her bir aşamada gerçekleşen herhangi bir durum tasarım sürecini etkilemektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3. 10 Tasarım stüdyo derslerinde takip edilen tasarım süreci [153]

Deneyimleme, süreci tasarlama, öğrenci merkezli, yaşayarak öğrenme, disiplinler arası etkileşim, değişen şartlara adapte olma gibi kavramlarla düşünülen stüdyo ortamlarında farklı disiplinlerin eğitime entegre edildiği sistemler tasarım eğitiminin parçası olmaya başlamıştır [158]. Ayrıca bir başka çalışmada, tasarım araştırmaları üçüncü nesil adıyla tasarım stüdyo dersinde yeni eğitim yaklaşımlarının önemini artıracak ileri sürülmüştür [155]. Sayısal ortam araçlarının gelişmesi tasarımın konvansiyonel yöntemlerin (eskiz, teknik çizim, maket, bilgisayar modeli vb.) önemini kaybetmesine neden olurken kullanıcılara sunduğu kolaylıklarıyla birlikte karmaşık bileşenlerinden dolayı teknolojiyi takip etme zorunluluğu getirmiştir. Bu durumda bu araçların kullanım kolaylığı ve anlaşılabilirliği oldukça önemlidir [159]. İncelenen çalışmalardan yola çıkarak bu

kısımda mimarlık eğitimi için yapılmış AG özelliği içeren ve mimarlık eğitiminde öneri sistemi bulunan akademik çalışmalar incelenmiştir.

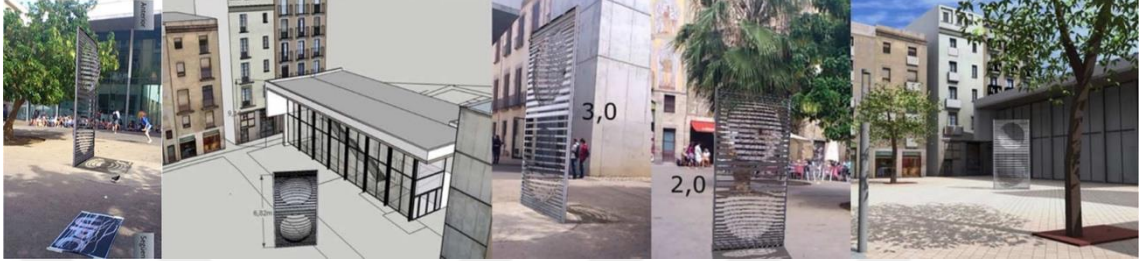
Yapılan bir çalışma, TAR (Tangible Augmented Reality), dijital öğrenme materyallerini fiziksel alanın doğrudan parçaları olan araçlar veya nesnelerle medya formatında birleştirilerek yenilikçi bir öğrenme alanı sunmaktadır (Şekil 3.11). Geleneksel öğrenme yöntemi ve TAR sistemi karşılaştırmak üzere ders kapsamında ahşap blok materyali seçilmiştir. TAR tabanlı tasarım öğrenme sistemi en güçlü özelliği, kullanıcıyı çevreleyen 3B bir görüntü oluşturarak deneyimsel öğrenme biçimi vermesidir. Sistemde kullanılacak modeller ArchiCAD kullanılarak önceden modellenmiştir. Tüm giriş görüntüleri bir kamera ile yakalaması ile sisteme aktarılmaktadır. Bu öğrenme sistemi, katılımcıların sanal tasarımlardan daha ayrıntılı görsel bilgi almasının yanı sıra, yerleşim tasarımı üzerinde gerçek zamanlı manipülasyonlar elde etmelerini sağlamaktadır. Öğrenciler sistemi gerçek tasarım yapılarının görselleştirmede ve birden fazla öğrenciler ile ortak bir tasarım çalışması içinde kullanabilmektedirler. Tasarım kolayca değiştirilip güncellenebildiğinden, genel tasarım süreci basitleştirilebilir ve kolaylaştırılabilir olduğu sonucuna varılmaktadır [160].



Şekil 3. 11 Sistem kurulumu ve TAR sisteminin stüdyoda kullanımı [160]

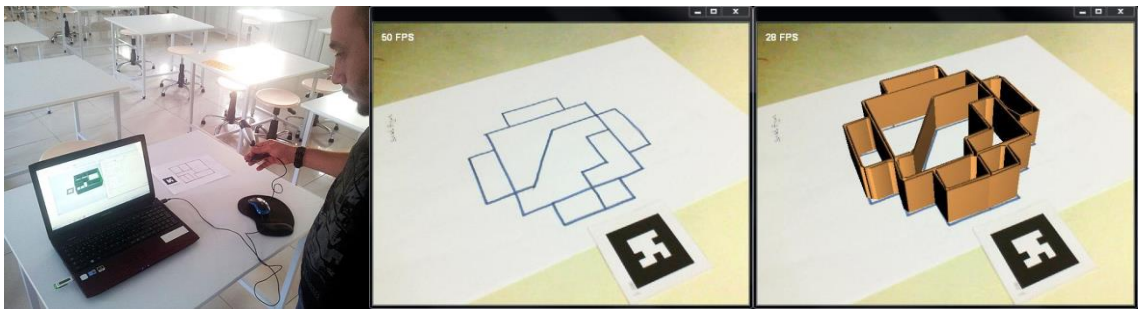
Bir başka çalışmada U-AR olarak adlandırılan ve eğitim ortamlarında kullanılması amaçlanan mobil uygulamanın teknolojisi, gerçek ortam görüntülerinden optik görüntü tanımaya dayanmaktadır. U-AR, sanal bilgilerle ilişkilendirildikten sonra etkileşimli ve gerçek zamanlı olarak görüntülemeye, ölçeklemeye ve konumlandırmaya izin vermektedir (Şekil 3.12). Farklı sanal modelleri tek bir işaretleyici ile art arda görüntüleme ve bilgisayar tarafından oluşturulan bu nesneleri sahne çevresinde hareket ettirme gibi özellikleri bulunmaktadır. Bu mobil AG sistemi eğitim ortamlarında kullanımının uygulanabilirliği ve akademik

performans gelişimine olan katkısı değerlendirmek amacıyla geliştirilmiştir. Sistem mimarlık öğrencileri üzerinde dış ortamda test edilmiştir [161]. Öğrencilerin AutoCAD, Rhino, 3dsmax veya SketchUp ortamlarında yapmış oldukları tasarım önerilerini bu teknolojiye kullandıktan sonra ve anket cevapların geri bildirimleri öğrenme süreçlerinde kullanılacak yeni bir araç olarak uygulamanın uygunluğunu göstermiştir.



Şekil 3. 12 Mimarlık öğrencilerinin U-AR ile yapmış oldukları bir çalışma örneği [161]

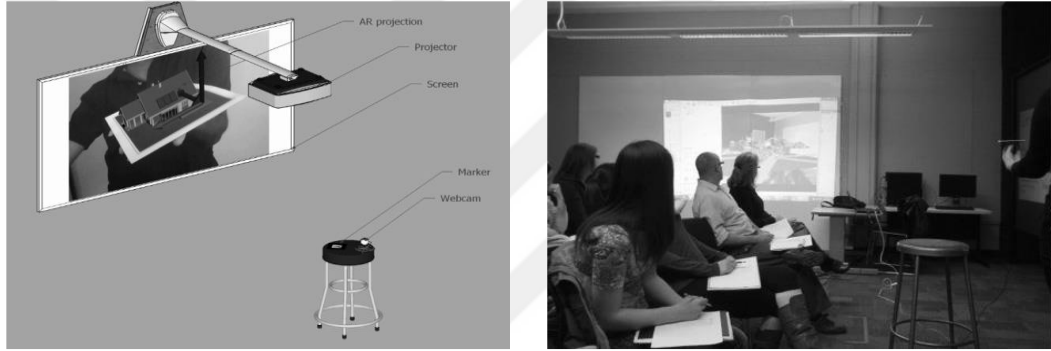
Köymen tarafından 2014 yılında yapılan tez çalışması kapsamında mimari ön tasarım evresinde 2B çizimleri 3B modelleyen AG tabanlı bir model geliştirilmiştir. Kullanıcılar 1 santimetre ve üzeri kalemle oluşturulmuş, kapı-pencere, aks çizgileri ve tefriş gibi elemanları göz ardı ederek tek çizgi ile ifade edilmiş duvarları olan eskizleri işaretçi ve web cam kullanarak uygulama üzerinde denemişlerdir. Bu yazılım ile 2B eskiz çizimlerinden 3B model elde edilmiştir (Şekil 3.13). Öneri uygulama “SketchAR” ile mimari ön tasarım süreci kısaltılarak eğrisel formların 3B model yapımını kolaylaştırmıştır [86].



Şekil 3. 13 SketchAR kurulumu ve yazılım ile oluşturulmuş 3B model [86]

Bu çalışmada ise, öğrencilerin geleneksel tasarım stüdyolarında tasarım çözümlerini nasıl algıladıklarını daha iyi anlamak için Technology Acceptance Model (Teknoloji Kabul Modeli) alternatif modelleme yöntem önerisi ileri sürülmüştür (Şekil 3.14). Tasarım eğitimi sürecinde fiziksel prototiplerin

kullanılmasının katı (sabitleşmiş) modele yol açtığını göz önünde bulundurulmuştur. Bu öneri çalışmanın temel amacı, öğrencilerin alternatif formları denemeleri ve mimari soyutlama ilkelerini anlamaları üzerine kurulmuştur. Öğrencilerin, mevcut fiziksel model yapım malzemelerinin özellikleriyle kısıtlanmamaları için projelerinin AG modelleri yapmaları istenmiştir. Tasarımın ilk eskizleri tamamlandıktan sonra, 3Ds Max ve Sketchup gibi yazılımları kullanılarak sanal modelleri .3ds biçiminde bir dosya olarak dışa aktararak BuildAR adlı bir AG yazılımda kullanmıştır. Araştırmanın sonuçları, tasarım öğrencilerinin fiziksel modellerinin, AG modelleriyle karşılaştırılabilir olduğunu ve AG teknolojisinin kullanımının kolay olduğunu ortaya koymaktadır [162].



Şekil 3. 14 Stüdyo ortamına AG kurulum şeması ve AG modellerini sunan öğrenciler [162]

Varşova Teknoloji Üniversitesi Mimarlık Fakültesi 2014-2015 akademik yılında, gerçekleştirilen “Bilgisayar Destekli Modelleme” dersi kapsamında öğrencilere bilinen belirli yapılar referans alınarak bilgi modelleme, parametre ve iletişim modeli üzerinde sürdürdükleri bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada öğrenciler birinci adımda seçilen belirli yapılar hakkında bilgi edinerek onları dijital modele dönüştürmüşlerdir. İlk modelleme aşamasından sonra, model algısını değiştiren parametreler tanımlanmışlardır. Bu aşamada özellikle modüler, parametrik olarak üretilmiş veya kinetik elemanlar içeren örnek elemanlar kullanmışlardır. Bu örnekler senaryo veya parametrik modellerle tanımlanabilmektedir. Son aşamada ise üretilen tasarımları metin, görsel veya görsel dizisi, ses, video gibi temsil şeklinde aktarımı yapılmaktadır (Şekil 3.15). Bu öneri sistem, dersler sırasında öğretilen standart modelleme yazılımına ek olarak bir dizi ücretsiz hesaplama aracı kullanılarak oluşturulmuştur. Markusiewicz ve Słyk tarafından geliştirilen

öneri araç, Metaio Creator, düzlemsel grafikleri AG takipçilere dönüştürerek ve bunları programlama gerektirmeyen sürükle ve bırak arayüzü ile dijital içeriklerle destekleyen bir araç olarak tarif edilebilir. Son kurulumlara Metaio Cloud ile yayınlanmış ve ücretsiz bir mobil uygulama olan Junaio ile QR kodlarıyla erişilebilmektedir. [163].



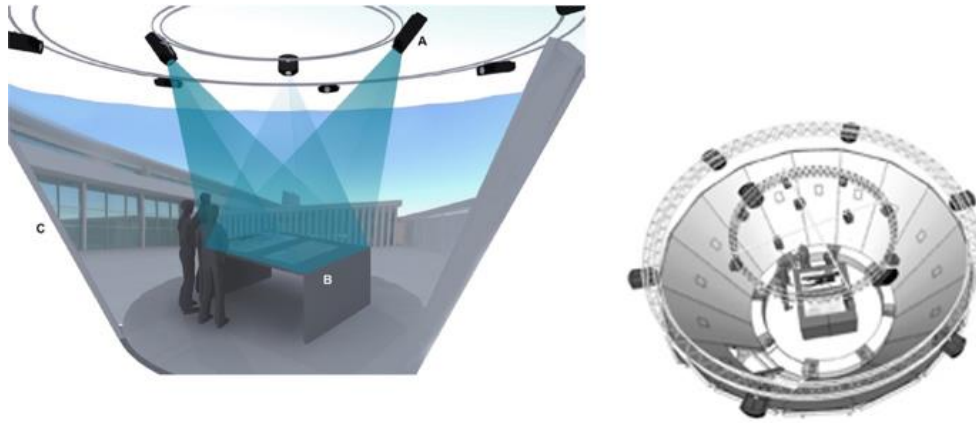
Şekil 3. 15 Unity tabanlı uygulama aracılığıyla sanal modelin temsili [163]

Riera ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada sanal bilgiyi gerçek alana kaydetmek için GPS kullanılmaktadır. Bu sistemde mobil cihazlar için Layar AG platformu, gerçek bilgi kanallarına bir veri tabanı üzerinden bağlanmış ve gerçek konumlarına yerleştirilmiş 3B modelleri görselleştirmek için kullanılmıştır (Şekil 3.16). Bu öneri sistemin temeli, öğrencilerin akıllı telefonlar veya tabletler gibi dijital cihazlarla olan yakınlığına dayanmaktadır. Gerçek ortamlardaki eğitim içeriği görselleştirmesi, öğrencilerin kendi oluşturdukları mimari önerileri değerlendirmelerine, paylaşımlarına ve mekânsal becerilerini geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Önerilen yöntem, mobil cihazlarda 3B multimedya içeriğine erişimi iyileştirmeyi, onu her türlü kullanıcı ve içeriğe uyarlamayı amaçlamaktadır. Mevcut durumda, öğrencilerin kampüse yerleştirilmiş mimari önerilerinin nihai modellerin (Sketchup and 3dsMax platformlarında geliştirilmiş) görselleştirilmesi için, öğrencilerin cep telefonunda GPS, pusula ve diğer sensörleri kullanan coğrafi konum tabanlı bir AG uygulaması kullanılmıştır [164].



Şekil 3. 16 Öğrenciler tarafından oluşturulan sanal modelin yerinde görselleştirilmesi [164]

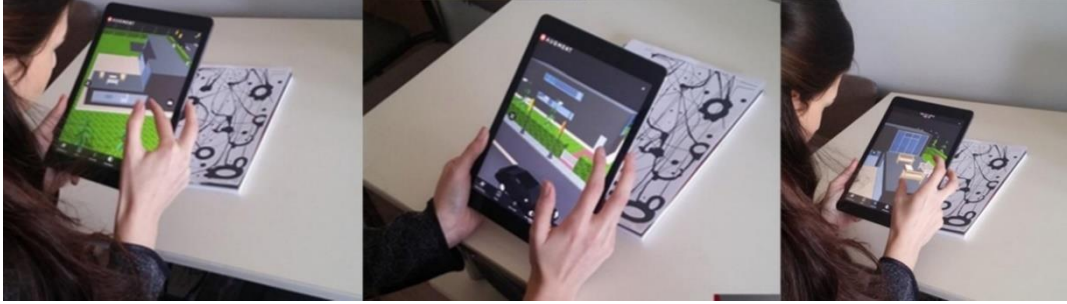
CORAULIS platformu, Uzamsal Artırılmış Gerçeklik'in yanı sıra görsel ve işitsel daldırılan sistemi ve 360 ° ekranı ile mimari temsili desteklemektedir. Bu durumda, Uzamsal AG masanın üzerinde basılı 2B planları, kesitleri ve fiziksel modelleri masaüstü temsile entegre etmektedir (Şekil 3.17). Aynı sanal model hem Uzamsal AG projeksiyonu hem de dairesel ekrana daldırılan birinci şahıs görüşü için girdi verisi sağlamaktadır. Bu cihazın getirdiği avantajlar, kullanıcının sanal ortamda tasarımlarını düzenlenmesi, tasarımları 1:1 ölçekli temsil edilmesi ve etkileşimli simülasyonların gösterimi ile tasarım kalitesine katkı sağlamaktadır. CORAULIS uygulama akışı üç modülden (sanal model modülü, görselleştirme modülü ve etkileşim modülü) oluşmaktadır. Ancak, Uzamsal AG masa üstü ile aynı sahnenin 360° ekrana yansıtılan tam ölçekli merkezci görüntüsü arasında bir senkronizasyon sağlama sorunu bulunmaktadır [165]. Tasarım eğitimi konusundaki potansiyelini test etmek için stüdyonun geleneksel çalışma masası ortamına aktarılan CORAULIS sistemiyle, farklı bakış açılarının gösterimini destekleyen temsili bir ortam sunmanın yanı sıra, sanal ve etkileşimli temsillerin de öğrencilerin tasarım becerilerini ve öğrenme sürecini geliştireceği ileri sürülmektedir.



Şekil 3. 17 CORAULIS sistemi için olası yerleşim görseli [165]

Akdağ'ın 2017 yılında yapmış olduğu tez çalışmasında mimarlık eğitimi ve tasarım stüdyosu ders kapsamında yeni teknolojilerin mimarlık eğitime entegre edilmesi ve günümüzdeki ifade araçlarına alternatif olarak AG kavramının mimarlık okullarında kullanılabilirliği irdelenmiş ve öğrenci tutumları değerlendirilmiştir (Şekil 3.18). Çalışmada Augment AG tarayıcısı kullanılarak kullanıcılara mimarlık eğitimi dinamiklerini manipüle ederek güncelleyeceği ileri sürmüştür. AG'nin

özellikle stüdyo derslerinde kullanılması tasarım süreci destekleme, okul ortamına ve tasarımlara olumlu özellikler katacağı ifade edilmiştir. Yapılan kullanıcı anketleri ile bu yeni teknoloji kullanıcıların çalışmalarını daha keyifli ve heyecan verici şekilde ifade ettiklerini göstermiştir [166].



Şekil 3. 18 Augment AG tarayıcı ile yapılan öğrenci çalışmaları [166]

Aşağıdaki Tablo 2.2’ de mimarlık eğitimi kapsamında yapılan çalışmaların genel bir karşılaştırılması yapılmıştır. Bu alanda yapılan çalışmalarda kullanılan AG teknolojileri platform, donanım özellikleri, kullanılan AG teknolojisi ve mimarlık eğitiminde hangi amaçla kullanıldığı gösterilmiştir.

Mimarlık eğitiminde yapılan bu çalışmalar incelendiğinde genellikle programlama becerisi olmayan kullanıcıların da ürettikleri sanal modellerini kullanacakları platformlar tercih edilmiştir. Öğrencilerin başka bir ortamda ürettikleri sanal modelleri, AG tabanlı olarak geliştirebilecekleri bu platformlar AG tarayıcıları olarak Bölüm 2.4.2’de detaylı bir şekilde anlatılmıştır. Bu tarayıcılar, fiziksel dünyanın gerçeklik vizyonunu algılamak için geliştirme ortamlarından daha çok bir arayüz görevi görmektedir. Mimarlık eğitiminde kullanılmak için geliştirilen bu AG tabanlı öneri modellerde kısmen sabit donanımlar tercih edilmiştir. Örneğin bilgisayar, kamera ve projeksiyon donanımları bulunan sistemler belirli bir kısma kadar taşınabilir olurken genellikle sabit bir kurulum üzerinden işlevlerini yerine getirmektedirler. Bu yüzden mobil araç gibi hareketli donanımların kullanılması kullanıcı belirli yere bağlamadan ve ek donanımlara gerek kalmadan AG teknolojisini deneyimlemeye fırsat vermektedir. Ayrıca bu çalışmalar genellikle, stüdyo dersleri için üretilen içeriklerin AG ortamda temsil edilmesinden önce sayısal ortamda hazırlandığı ve temsil ortamına aktarılken ise çoğunlukla İşaretçi Tabanlı AG türü tercih edildiği görülmüştür.

Tablo 3. 2 Mimarlık eğitimi kapsamında yapılan çalışmaların karşılaştırılması

Çalışma Adı, Yılı	Platform	Donanım	AG türü	Amaç
Chen ve Wang, TAR tabanlı tasarım öğrenme sistemi, 2008	ARToolkit	Bilgisayar, Projeksiyon Cihazı	İşaretçi Tabanlı	Kentsel tasarım eğitiminde deneyimsel ve işbirlikçi öğrenme sürecinin pedagojik etkinliğini geliştirme
Riera ve diğerleri, U-AR, 2012	QCAR, OpenGL	Mobil Cihazlar	Optik İşaretçi Tabanlı	Eğitim ortamlarında kullanımının uygulanabilirliğini ve akademik performans geliştirmeyi değerlendirme
Köymen, SkechAR, 2014	NyArToolkit-CS	Bilgisayar, Kamera	İşaretçi Tabanlı	Mimarlık öğrencilerinin 3B düşünme ve görme yeteneklerini AG ile artırma
Chandrasekera, TAM (Technology Acceptance Model), 2014	BuilAR Tarayıcısı	Bilgisayar, Projeksiyon Cihazı	İşaretçi Tabanlı	Öğrencilerin geleneksel tasarım stüdyolarında tasarım çözümlerini nasıl algıladıklarını daha iyi
Markusiewicz ve Slyk, AG ile Bilgisayar Destekli Modelleme, 2015	Unity 3d, Metaio Creator, Junaio	Mobil Cihazlar	İşaretçi Tabanlı	Tasarımları metin, görsel veya görsel dizisi, ses ve video gibi öğelerle desleyerek temsil etme
Riera ve diğerleri, 2015	Layar Tarayıcısı	Mobil Cihazlar	Konum Tabanlı	Mobil cihazlarda 3B multimedya içeriğine erişimi iyileştirme, her türlü kullanıcıya ve içeriğe uyarlama
Milovanovic ve diğerleri, CORAULIS, 2017	-	Projeksiyon Cihazı	Projeksiyon Tabanlı	Mimari tasarım stüdyo dersleri sırasında tasarım ilerleme sürecini masafütsü temsili bir ortam olarak kullanma
Akdağ, 2017	Augment Tarayıcısı	Mobil Cihazlar	İşaretçi Tabanlı	AG'nin geleneksel ifade araçlarına alternatif olması ve AG teknolojisi hakkında mimarlık öğrenci tutumlarını değerlendirme

Sonuç olarak, mimarlık eğitiminde yapılan akademik çalışmalar değerlendirildiğinde;

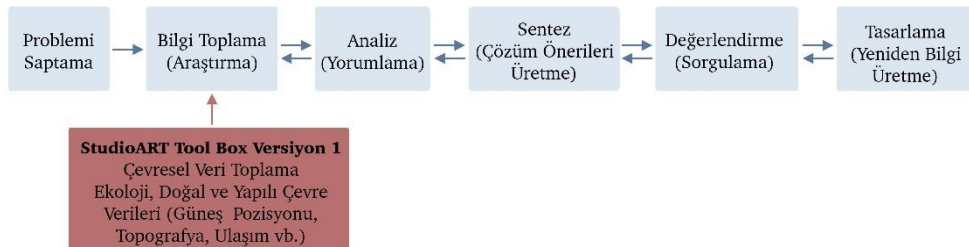
- AG teknolojisi kullanıcılarının çalışmalarını daha keyifli ve heyecan verici şekilde ifade ettikleri,
- Farklı bakış açılarının gösterimini destekleyen temsili bir ortam sunduğu,
- Sanal ve etkileşimli temsillerin de öğrencilerin tasarım becerilerini ve öğrenme sürecini geliştirdiği,
- Gerçek ortamlardaki eğitim içeriği görselleştirmesi, öğrencilerin kendi oluşturdukları mimari önerileri değerlendirebilmelerine, paylaşımlarına ve mekânsal becerilerini geliştirmelerine yardımcı olduğu,
- Üretilen fiziksel modellerinin, AG modellerle karşılaştırılabilir olduğunu,
- Yeni bir ifade aracı olarak uygunluğunu, tasarım kolayca değiştirilip güncellenebildiğinden, genel tasarım süreci basitleştirilebilir ve kolaylaştırılabilir olduğu gibi çıkarımlarda bulunulabilir.

Mimarlık Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Mobil Uygulama Önerisi

Mimarlık genel anlamda diğer disiplinlerden gelen kavramları içselleştiren çok yönlü bir alan olduğu için mimarlık iş hayatı ve eğitiminde farklı model ve bileşenleri birebiriyle ilişkilendirme gerekliliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda özellikle mimarlık eğitiminde farklı parça – bütün ilişkileri oluşturacak yeni sistem önerilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun sonucunda eğitim alanını etkileyecek teknoloji ile mimarlık eğitimi ilişkilendirilebilmektedir [167].

4.1 Öneri Uygulamanın Çıkış Noktası

Mimarlık eğitimi kapsamında yapılan araştırmaların incelenmesi ile, yeni nesil öğreti teknikleri adı altında tasarım stüdyo dersinde yeni eğitim yaklaşımlarının öneminin artacağı önceki bölümlerde detaylı bir şekilde bahsedilmiştir. Bu doğrultuda tez çalışması kapsamında geliştirilen StudioART Tool Box Versiyon 1 ve Versiyon 2 uygulaması, mimari tasarım süreci içerisinde kullanılmak üzere oluşturulmuştur. Öneri model versiyon 1 araç seti ile doğal ve yapılı çevre verileri gibi fiziksel çevreye ait olan verilerin toplanarak mimari tasarım stüdyo öğrencilerinin analiz aşamasında kullanabileceği düzenli bir halde kullanıma hazır hale getirebileceği öngörülmüştür. Öneri uygulamanın, tasarım sürecindeki potansiyel yeri aşağıdaki Şekil 4.1’de görüldüğü gibi ifade edilmiştir.



Şekil 4. 1 Mimari tasarım sürecine entegre edilen StudioART Tool Box Versiyon 1 uygulamasının potansiyel yeri

AG tabanlı geliştirilen mobil uygulama stüdyo derslerinde tasarımın başlangıç aşamasındaki mimarlık öğrencilerinin fiziksel çevre analiz süreci için gerekli verileri kolayca toplayarak, tasarımın sonraki aşamalarına geçmelerini kolaylaştıracaktır. Bu nedenle öneri uygulama ile fikirlerin üretildiği ve test edildiği tasarımın önemli aşamalarında veri toplamayı sağlayarak analiz, sentez ve değerlendirme sürecine katkı sağlanabilir.

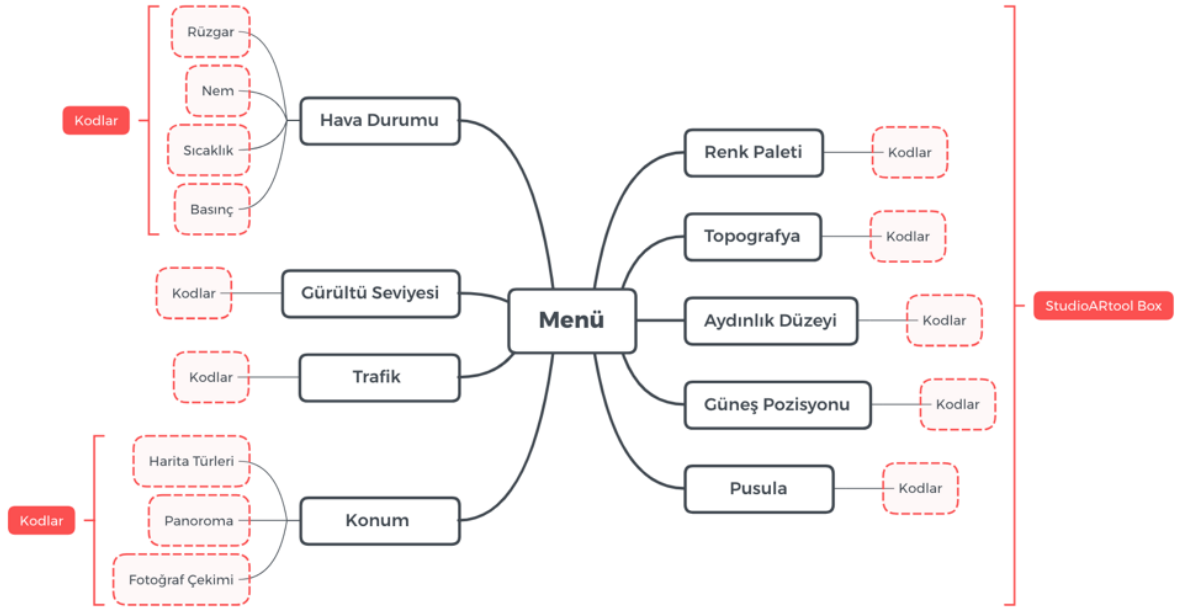
4.2 Öneri Uygulama Bileşenleri ve Çalışma Şekli

StudioART Tool Box uygulaması Android Studio ortamında Java dilinde yazılmıştır. Android Studio, IntelliJ IDEA tarafından geliştirilen, Android tabanlı uygulamaları geliştirmek için resmi Entegre Geliştirme Ortamı (Integrated Development Environment IDE) 'dır [168]. Android Studio, 2013 tarihinde Google I/O etkinliğinde tanıtılmıştır. Android Studio, Apache lisansı ile lisanslanmış ve ücretsiz olarak edinilebilmektedir [169].

Öneri uygulama Android Studio platformunda 5.1 ve üzeri Android işletim sistemine sahip mobil cihazlar için oluşturulmuştur. Uygulama geliştirilirken tamamen açık kaynak kodlu (open source) kütüphaneler kullanılmıştır. Kullanıcı arayüzü için Google'ın Material Design (Materyal Tasarımı) önerileri dikkate alınmıştır. Materyal tasarımı, platformlar ve cihazlar arasında görsel, hareketli ve etkileşim tasarımı için kapsamlı bir rehber olarak tanımlanabilmektedir [170]. Android uygulamalarda materyal tasarımını kullanmak için materyal tasarım özelleştirmesinde belirtilen yönergeleri izlemek ve materyal tasarım destek kütüphanesinde bulunan bileşenleri ve stilleri kullanmak gerekmektedir. Öneri uygulamada bulunan açılır menü sekmeleri için farklı veri sağlayıcıları kullanılmıştır. Bu uygulamada bulunan menü birimlerinin bileşenleri ve çalışma şekli Şekil 4.2' de gösterilmiştir.

Öneri uygulamada bulunması düşünülen birimlerin seçilmesinde uygulanabilir (gerekli servis alt yapısı, belirli verilerin sağlanacağı arka plan içerik sağlayıcıları gibi destek sağlayan uygulama bileşenleri halihazırda bulunan) temel başlıklar alınmıştır. Kullanıcı deneyi sonrasında ve ve data sağlayıcı kütüphanelerin

gelişerek artması sonucunda bu başlıklar ve kapsamsamları genişletilebilir hale gelecektir.



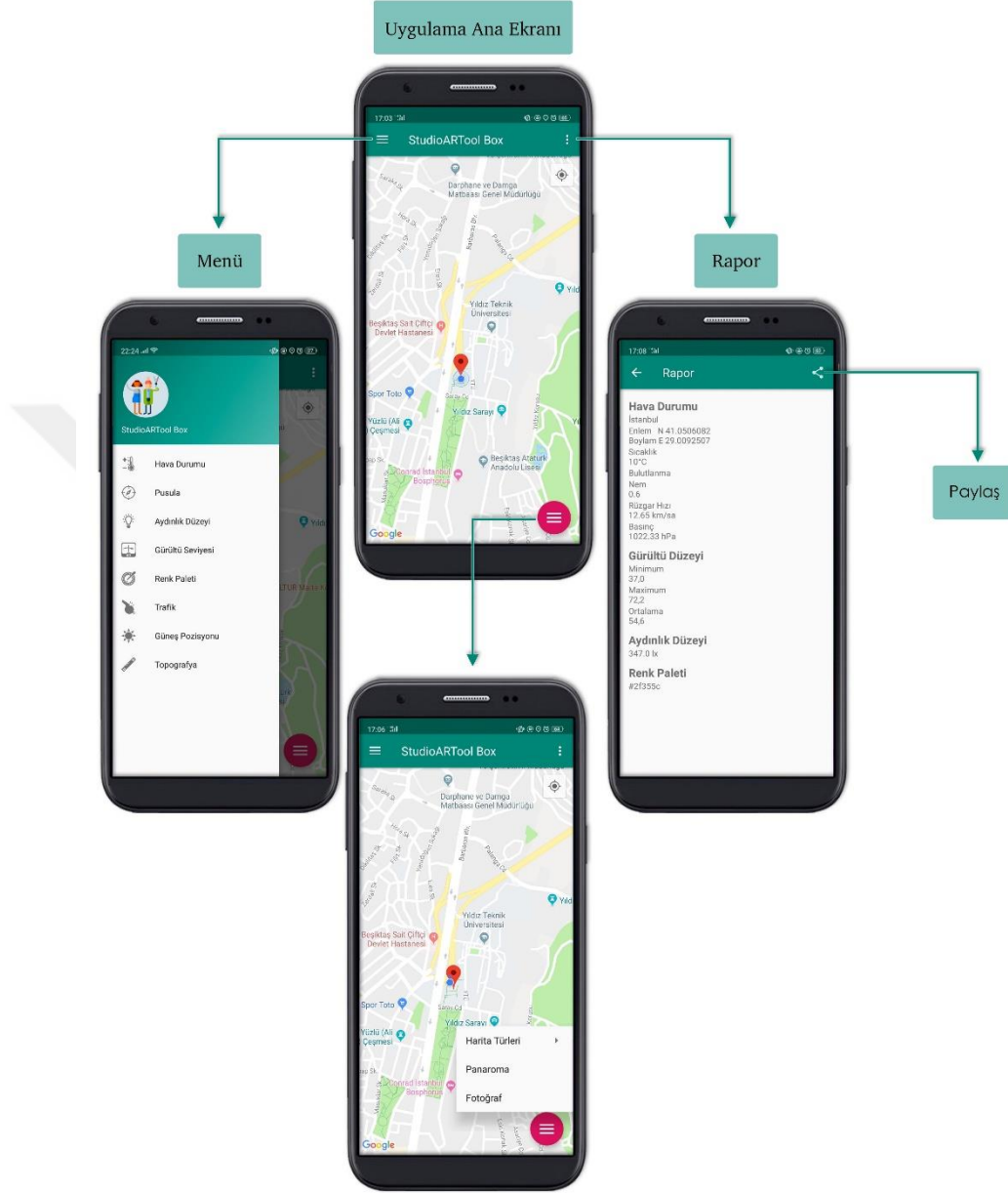
Şekil 4. 2 StudioART Tool Box mobil uygulama strüktürü

4.3 Öneri Uygulama Akış Şeması

Öneri uygulama çevrimiçi çalışmakta olup kullanıcının lokasyonuna bağlı olarak veriler elde etmektedir. Kullanıcı bu araç seti ile hava durumu, aydınlık düzeyi, gürültü seviyesi gibi ölçümler yapabilecektir. Geliştirilmekte olan uygulama Versiyon 1 olmakla birlikte kullanıcı taleplerine göre mevcut uygulama için yeni özellikler eklenilmesi düşünülmektedir.

StudioART Tool Box Versiyon 1 uygulamasının ana ekran ve diğer menü birimleri Şekil 4.3'teki gibi kullanıma başlanılmaktadır. Uygulamanın açılmasıyla ana ekrandaki konuma bağlı olarak harita gelmektedir. Ana ekranda sağ üst köşede bulunan açılır menü (navigation drawer) ile uygulama araçlarına ulaşılabilir. Bu açılır kullanıcı arayüzü kullanılmadığı zaman gizlenmektedir. Bu panelde anlık hava durumu, pusula, aydınlık düzeyi ölçer, gürültü seviyesi ölçer, renk paleti, anlık trafik bilgileri, güneş pozisyonu ve topografya haritası birimleri bulunmaktadır. Ana ekranın sağ alt köşesindeki panelde (floating action button) ise konuma göre oluşturulan harita türleri, sokak panoramaları ve fotoğraf çekme birimleri bulunmaktadır. Ana ekranın sağ üst köşesinde ise açılır menüde olan birimlerin kayıt verilerini toplu bir şekilde

gösteren rapor bölümü bulunmaktadır. Böylece anlık kaydedilen veriler metin şeklinde toplu olarak depolanabilmekte ve istenildiği takdirde paylaşımına hazır durumda beklemektedir.



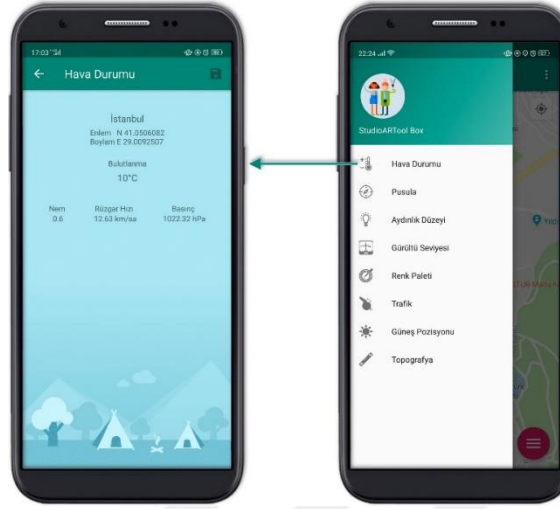
Şekil 4. 3 StudioART Tool Box ana ekran ve menü içerikleri

Ana ekranda sağ üst köşede bulunan açılır menü birimlerini inceleyecek olursak;

- **Hava durumu**

Hava Durumu içeriği için veriler Dark Sky API (Application Programming Interface) kullanılmıştır. Bu veri sağlayıcı Dark Sky API, dünyanın herhangi bir yerindeki hava durumu bilgilerine ulaşmaya olanak sağlamaktadır [171]. Hava

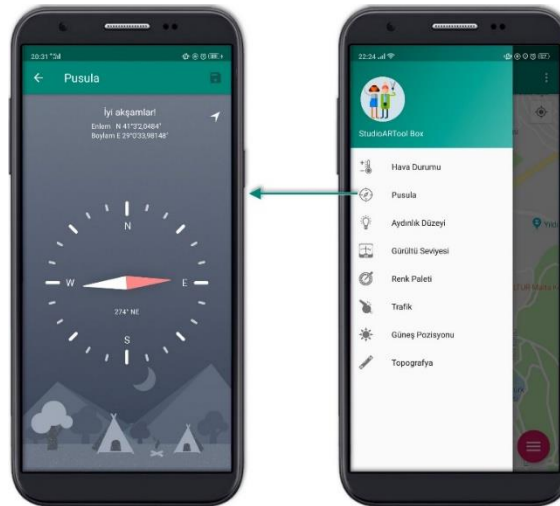
Durumu birimi ile kullanıcı konumuna göre anlık hava durumu, sıcaklık, basınç, rüzgâr hızı gibi verilere ulaşarak kaydedilebilir (Şekil 4.4).



Şekil 4. 4 Hava Durumu içeriği

- **Pusula**

Pusula içeriği için mobil cihazın sensörlerinden yararlanılmıştır. Uygulamadaki kullanıcının görmüş olduğu pusula görseli ve sensör verileri için Compass-View kütüphanesinden yararlanılmıştır [172]. Geliştirilen StudioART Tool Box Versiyon 1 uygulamasının pusula özelliği ile kullanıcı bulunduğu konumun enlem-boylam cinsinden konum bilgilerine ve yönlerine ulaşabilmektedir (Şekil 4.5).



Şekil 4. 5 Pusula Sekmesi içeriği

- **Aydınlık Düzeyi**

Aydınlık Düzeyi içeriğinde mobil cihazın ışık sensörü (light sensor) aracılığıyla ortamın aydınlık düzeyi verileri alınarak ölçüm yapılabilmektedir. StudioART Tool

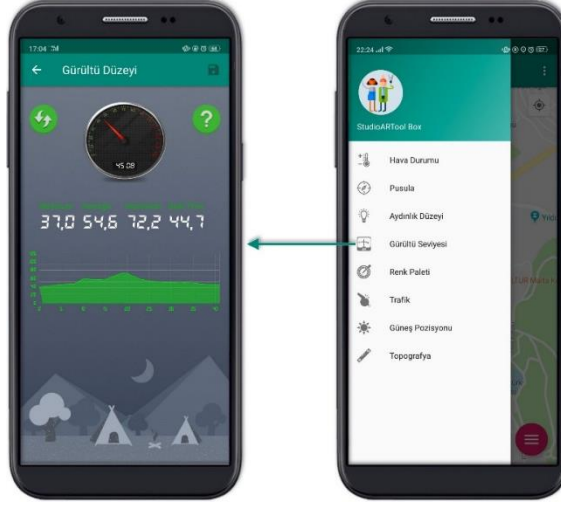
Box Versiyon 1 uygulamasında bulunan aydınlık düzeyi birimi bulunulan ortamın aydınlık seviyesini ölçmeyi sağlamaktadır (Şekil 4.6). Bu ölçüm sayesinde kullanıcı fiziksel çevre (kapalı ya da açık mekân) içerisindeki aydınlık seviye farklılıkları gözlemleyebilecek, tasarımda ana kararların şekillenmesine (saçak genişliği, pencere veya ışıklılık boyutları vb.) yardımcı olacaktır. Ayrıca gerekli görüldüğü durumlarda önlemler alınması veya yeni çözümler getirilmesi gerektiğine karar verebilecektir.



Şekil 4. 6 Aydınlık Düzeyi Sekmesi içeriği

- **Gürültü Seviyesi**

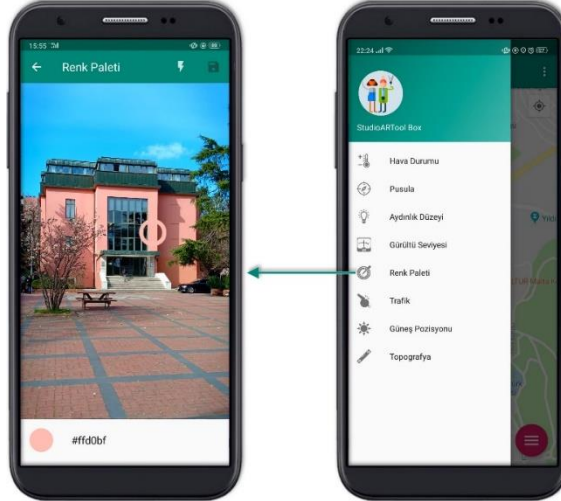
Gürültü Seviyesi biriminde gösterilen seslerin minimum, maksimum, ortalama ve anlık grafiği için MPAndroidChart ücretsiz yazılım kütüphanesi kullanılmıştır [173]. Bu verileri sağlamak için Android SDK'nın MediaRecorder sınıfı kullanılmıştır. MediaRecorder, bir cihazın mikrofonundan ses yakalayan, sesi kaydeden ve yürüten bir sınıf olarak tanımlanabilir [174]. Gürültü seviyesi birimi anlık konum verilerini kullanarak ortamın gürültü seviyesi ölçerek desibel cinsinden verilerini anlık, ortalama, maksimum ve minimum değerlerini grafiksel olarak ifade etmektedir (Şekil 4.7). Kullanıcı bu verileri ekranın sağ üst kısmındaki kaydetme butonu ile depolayabilir ve diğer birimlerdeki verilerle toplu bir şekilde rapor bölümünde metin olarak paylaşımında bulunulabilir. Gürültü seviyesinin saptanması sayesinde tasarımlar akustik açıdan incelenebilecektir.



Şekil 4. 7 Gürültü Seviyesi içeriği

- **Renk Paleti**

Renk Paleti içeriği için mobil cihazın kamera donanımı kullanılmıştır. Bu özelliğin kullanılabilmesi için kullanmadan önce kullanıcı izinlerinin alınması gerekmektedir. İçerik oluşturulurken yine açık kaynak kodlu CameraColorPicker kütüphanesinden yararlanılmıştır [175]. Öneri uygulamada bulunan Renk Paleti sekmesi mevcut versiyonda gerçek zamanlı görüntü üzerinde renkleri yakalayarak onlara ait renk kodlarını kullanıcıya verebilmektedir. Bu renk kodları kaydedilerek rapor bölümünde paylaşımaya hazır olarak beklemektedir (Şekil 4.8).

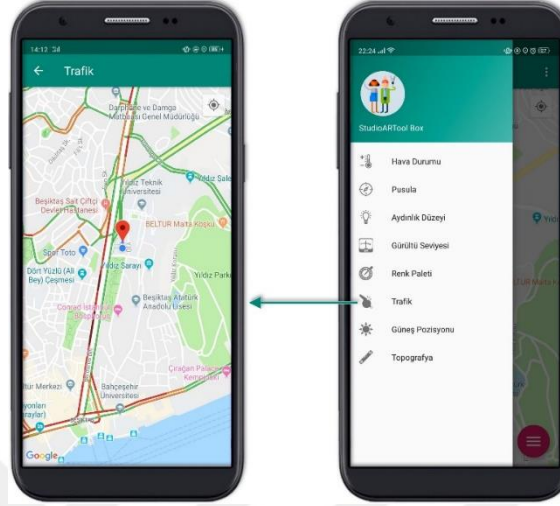


Şekil 4. 8 Renk Paleti içeriği

- **Trafik**

Google Maps SDK'sı ile, öneri uygulamaya Google Maps verilerini temel alan haritalar eklenmektedir. Kullanılan API, Google Maps sunucularına erişimi, veri indirmeyi, harita gösterimini ve harita hareketlerine yanıtı otomatik olarak

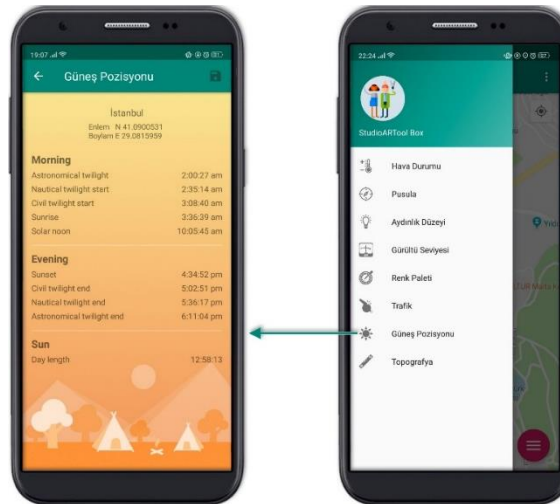
yönetmektedir. Yani Trafik birimindeki içerik Google Map'ten sağlanan API 'ler tarafından sağlanmaktadır [176]. Öneri uygulama Versiyon 1 trafik birimi anlık trafik araç yoğunluğu ve toplu taşıma bilgilerini Google Haritalar'dan aldığı verileri uygulama içerisine entegre ederek kullanıcıya ulaştırmaktadır (Şekil 4.9).



Şekil 4. 9 Trafik Sekmesi içeriği

- **Güneş Pozisyonu**

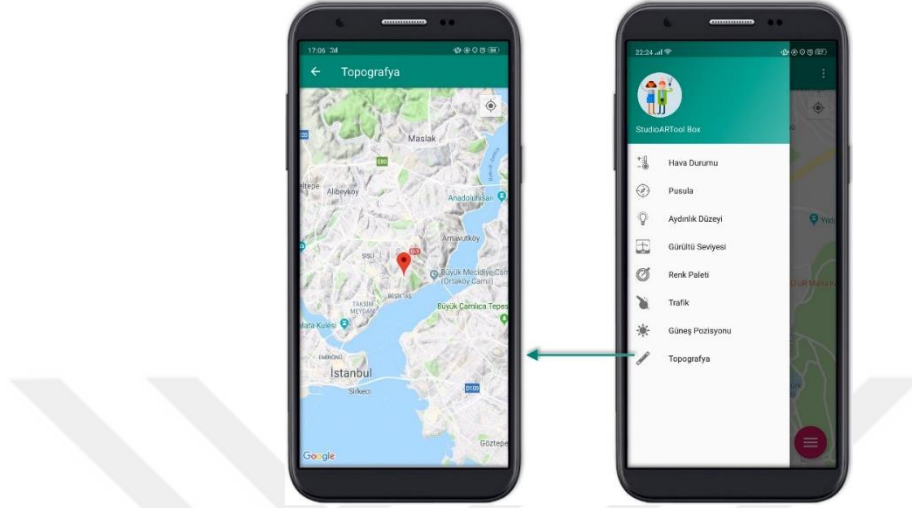
Güneş Pozisyonu sekmesinde günbatımı ve gündeğümü zamanları verileri Sunset and Sunrise times API adlı data sağlayıcı kütüphaneden sağlanmıştır [177]. Mevcut öneri uygulama güneşin doğuşunu, güneşin batışını, gün uzunluğu gibi verileri görselleştirebilmektedir (Şekil 4.10).



Şekil 4. 10 Güneş Pozisyonu içeriği

- **Topografya**

Trafik birimi içeriğinde olduğu gibi bu sekmede de Google Maps verilerini temel alan haritalar kullanılmıştır. Mevcut öneri uygulama ilgili lokasyona ait yeryüzü şekillerini konuma bağlı harita üzerinde görselleştirebilmektedir (Şekil 4.11).



Şekil 4. 11 Topografya içeriği

Mecut StudioART Tool Box Versiyon 1'i gelecekte kapsamını genişletmek üzere;

- Hava durumu biriminde yapılan ölçümlere ek olarak, il ve ilçe arama ve kaydetme, kayıtlı merkezleri düzenlenme, anlık ve kayıtlı zaman dilimlerine göre hâkim rüzgâr yönüne, GPS üzerinden hesaplanan en yakın merkezin hava durumu ve tahmin bilgilerine ulaşılabilecektir. Bu özellikler sayesinde kullanıcı ilgili lokasyona gitmeden hava durumuyla ilgili tüm verilere ulaşabilmesi sağlanacaktır.
- Gürültü seviyesi biriminde ise yapılan ölçümler farklı lokasyonlar da özel adlarda kaydedilerek bir sonraki ölçüme devam edilecektir. Ayrıca geçmiş kayıtlı gürültü ölçümlerin dışa aktarması ve grafiksel olarak ifade edilmesi sağlanacaktır. Ek olarak sonraki çalışmalarda sesin frekansını ölçmek, ses türlerini (yalın, karmaşık) belirlemek, gürültü haritaları oluşturularak kullanıcıların bu haritalar sayesinde tasarım kararlarını vermeye yardımcı olacağı düşünülmektedir.
- Renk paleti sekmesinde ise kullanıcılar gerçek görüntü içinde seçilen duvar yüzeyleri StudioART Tool Box uygulaması tarafından algılanarak alternatif renk seçimleri yapılabilecektir. Böylece herhangi bir yüzey için renk

önerileri kolayca oluşturulabilecek, önceki yüzey renkleriyle karşılaştırabilecek ve diğer kullanıcılarla paylaşılabilir.

- Trafik yoğunluğu birimindeki verileri hafta içi veya haftasonu, saatlik, günlük, haftalık, aylık ve yıllık yoğunluk oranlarının gösterimi sağlaması düşünülmektedir.

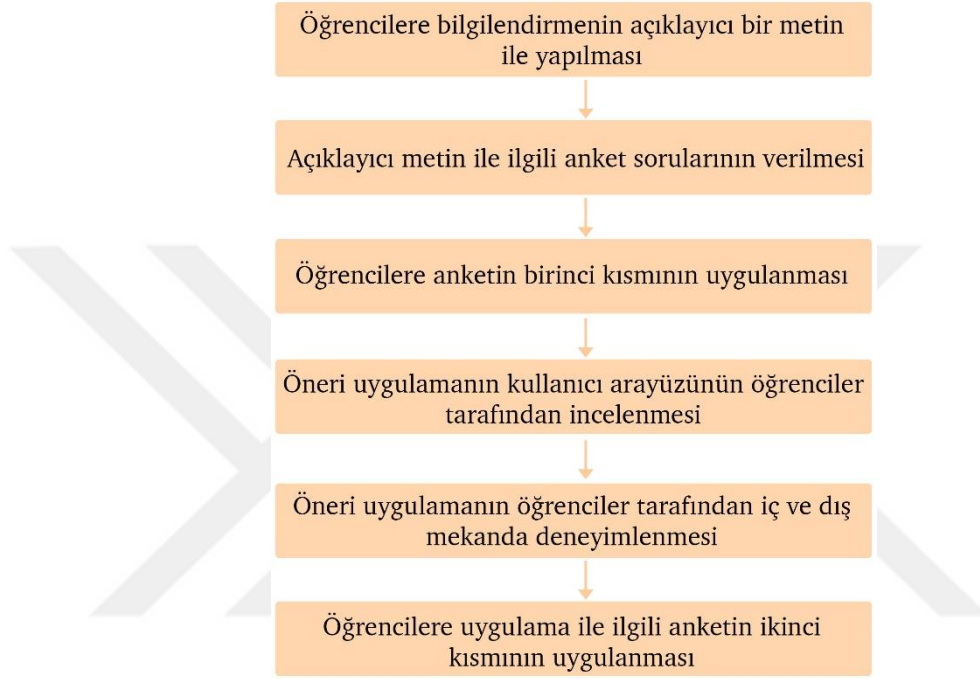
4.4 Uygulamanın Kullanıcı Analizi

Öneri uygulamanın gelişmesi nihai halini aldığı ve kullanıcı testlerinden geçtikten sonra kullanıcıların kendi mobil telefonlarına yüklemesi için belirli adımları uygulaması gerekmektedir. Öncelikte uygulama geliştiricinin uygulaması üzerinde yapmış olduğu son işlemlerden sonra uygulamanın belirli bir platformda paylaşarak kullanıcılara sunulması ya da kullanıcının mevcut hesaplarına gönderilen APK dosyası ile mobil cihaza kurulum sağlanabilmektedir. Günümüzde Android mobil uygulamalar Google Play Store adı verilen platformda kullanıma sunulmaktadır. Geliştiricinin uygulamasını bu platformda yayınlatabilmesi için Google Play Console adı verilen sayfada developer hesabı alması gerekmektedir. Böylelikle geliştirilen uygulamaların uygun şartları sağlandıktan sonra kullanıcıların ilgili uygulamaya ulaşması sağlanmaktadır. Kullanıcı cihazlarına kurulum gerçekleştikten sonra uygulamanın doğru çalışabilmesi için belirli kullanıcı izinleri alınması gereklidir. Yukarıda bahsedilen açıklamalar uygulamanın nihai halini kullanmak için geçerli olacaktır. Anket çalışması yapılırken geliştirilmiş StudioART Tool Box Versiyon 1 uygulaması üzerinden Android İşletim Sistemli mobil cihaz ile test edilmiştir.

Problemi belirleme, veri toplama (araştırma), değerlendirme (analiz), çözüm üretme (sentez), bilgiyi değerlendirmek ve eleştirel bakış açısıyla yeniden yorumlamak (sorgulama) ve tasarım yapabilme (bilgi yeniden üretebilme) [153] bütün tasarım stüdyo derslerinde ortak bir süreç olduğu için stüdyo dersi kapsamında seçilen kullanıcı analizi denek grubu için mimarlık eğitiminde kaçınıcı sınıf olduğu şartı aranmamıştır.

StudioARt Tool Box Mobil Uygulaması Yıldız Teknik Üniversitesi mimarlık birinci, ikinci ve üçüncü sınıf öğrencilerine bilgilendirme metni ile açıklanarak ilk dört

soru ön test şekilde uygulanmıştır. Daha sonra öneri uygulamayı test eden öğrencilere anketin geri kalan altı sorusu verilerek toplamda 10 soruluk anket uygulaması yapılmıştır. Öğrencilere son soru açık uçlu olarak yöneltilmiştir ve deneyimledikleri öneri uygulamaya başka ne tür özelliklerin gelmesini istedikleri nedenleriyle birlikte açıklamaları istenmiştir. Anket çalışması aşağıdaki Şekil 4.12’de yer alan adımlar şeklinde uygulanmıştır.

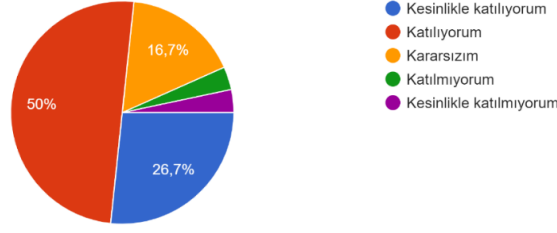


Şekil 4. 12 StudioART Tool Box uygulamasının kullanıcı analizi süreci



Şekil 4. 13 Öneri uygulama kullanımından önce bilgilendirme ve Anketin birinci aşamasının uygulanması- Öneri uygulamanın test edilmesi- anketin ikinci aşamasının uygulanması

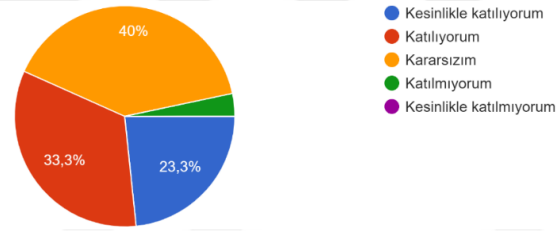
Önerme 1: “Artırılmış Gerçeklik kavramını bu açıklayıcı metin sayesinde anladım.”



Şekil 4. 14 Birinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Kullanıcılara yöneltilen bu önerme ile AG hakkında yapılan açıklamaların yeterli olup olamadığı sorgulanmıştır. Yapılan çalışmada, bu önermeye katılımcıların toplamda %76,7'sinin katıldığı, %6,6'sının katılmadığı ve %16,7'sinin de kararsız kaldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.14).

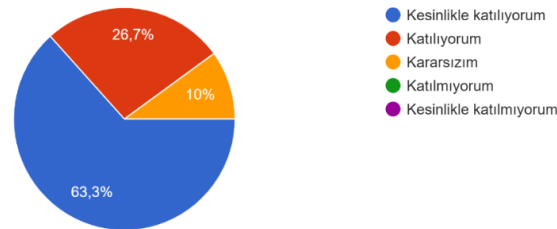
Önerme 2: “Artırılmış Gerçeklik teknolojisi mimarlık eğitiminde geleneksel yöntemlere (eskiz, teknik çizim, maket, bilgisayar modeli vb.) göre daha faydalı olduğunu düşünüyorum.”



Şekil 4. 15 İkinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

İkinci önermede ise öğrencilerden AG teknolojisi ve geleneksel mimarlık eğitimi yöntemlerinin kıyaslanması istenilmiştir. Yapılan değerlendirmede, bu soruya katılımcıların toplamda %56,6'sının katıldığı, %3,4'ünün katılmadığı ve %40'ının da kararsız kaldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.15).

Önerme 3: “Artırılmış Gerçeklik, mimarlık eğitimi için yenilikçi ve yararlı bir teknoloji olduğunu düşünüyorum.”

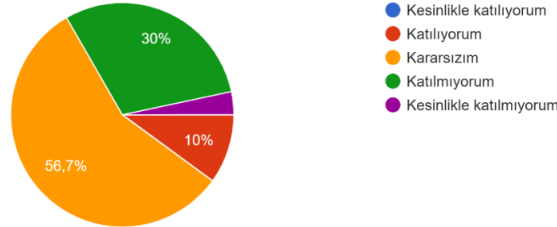


Şekil 4. 16 Üçüncü önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Üçüncü önermede öğrencilere AG teknolojisinin eğitimlerine katkı sağlayacağı ve inovatif bir teknoloji olacağı konusunda görüşleri sorulmuştur. Değerlendirmede,

bu önermeye katılımcıların toplamda %90'ının katıldığı ve %10'unun de kararsız kaldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.16).

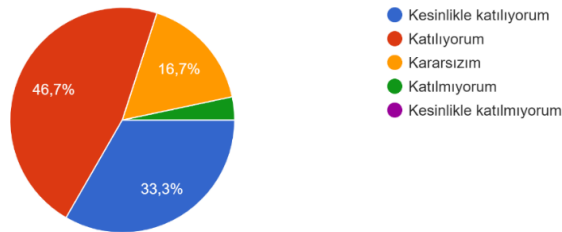
Önerme 4:” Artırılmış Gerçeklik teknolojisi diğer geleneksel (eskiz, teknik çizim, maket, bilgisayar modeli vb.) yöntemlere göre yetersiz kalabilir.”



Şekil 4. 17 Dördüncü önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Dördüncü önermede öğrencilere AG teknolojisinin geleneksel yöntemlere göre yetersiz kalıp kalmayacağı sorgulanmıştır. Yapılan değerlendirmede, bu önermeye katılımcıların toplamda %56,7'sinin kararsız kaldığı, %33,3'ünün katılmadığı ve %10'unun katıldığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.17).

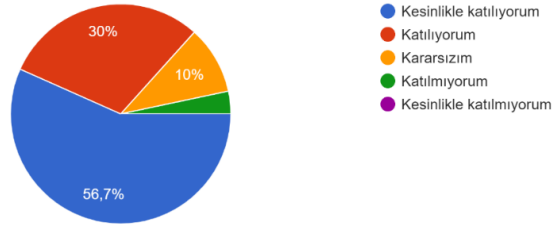
Önerme 5: “Öneri uygulama ön tasarım kararlarını vermekte yeterince başarılı bir araç olacağını düşünüyorum.”



Şekil 4. 18 Beşinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Beşinci önermede öğrencilere StudioART Tool Box uygulamasının mimari tasarım stüdyo derslerinde başarılı bir araç olup olmayacağı konusunda düşünceleri sorulmuştur. Değerlendirmeye göre, bu önermeye öğrencilerin toplamda %80'inin katıldığı, %16,7'sinin kararsız kaldığı ve %3,3'ünün katılmadığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.18).

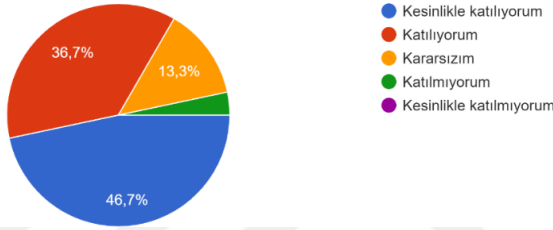
Önerme 6: “Öneri uygulama kullanıcı arayüzü anlaşılır ve kullanımı kolaydı.”



Şekil 4. 19 Altıncı önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Altıncı önermede öneri uygulamanın kullanıcı arayüzü hakkında görüşleri sorulmuştur. Değerlendirmeye göre, bu önermeye öğrencilerin toplamda %86,7'sini katıldığı, %10'unun kararsız kaldığı ve %3,3'ünün katılmadığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.19).

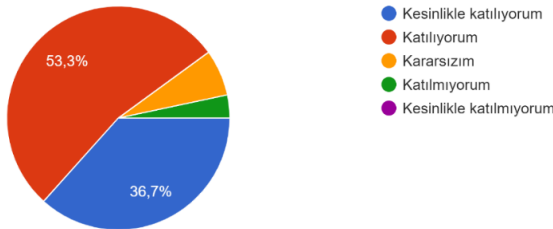
Önerme 7: “Öneri uygulama fiziksel çevre özellikleri tespit etmekte başarılıydı.”



Şekil 4. 20 Yedinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Yedinci önermede öğrencilere StudioART Tool Box uygulamasının çevresel verileri tespit edip etmediği konusunda düşünceleri sorulmuştur. Değerlendirme sonucuna göre, önermeye öğrencilerin toplamda %83,4'ünün katıldığı, 13,3'ünün kararsız kaldığı ve %3,3'ünün katılmadığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.20).

Önerme 8: “Öneri uygulama yapılan analizleri kaydetme ve raporlamada başarılıydı.”

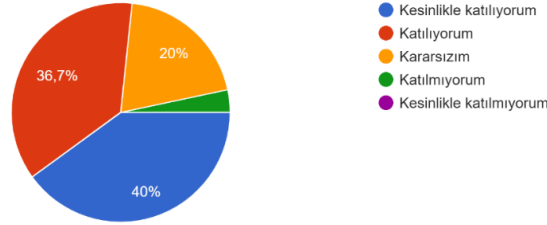


Şekil 4. 21 Sekizinci önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Sekizinci önermede öğrencilere StudioART Tool Box uygulamasının fiziksel çevreye ait verilerin depolanıp toplu bir şekilde gösterilip gösterilmediği konusunda fikirleri sorulmuştur. Değerlendirme sonucuna göre, bu önermeye

öğrencilerin toplamda 90'ının katıldığı, %6,7'sin kararsız kaldığı ve %3,3'ünün katılmadığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.21).

Önerme 9: “Öneri uygulama ile saha çalışmaları stüdyo dersi içerisine etkili bir şekilde entegrasyonu sağlayabilir.”



Şekil 4. 22 Dokuzuncu önermeye verilen cevapların yüzdelik dilimi

Dokuzuncu önermede öğrencilere öneri uygulamanın genel olarak değerlendirilerek tasarım stüdyosu içerisinde kullanılıp kullanılmayacağı konusunda fikirleri sorulmuştur. Değerlendirme sonucuna göre, bu önermeye öğrencilerin toplamda 76,7'sinin katıldığı, 20'sinin kararsız kaldığı ve 3,3'ünün katılmadığı ortaya çıkmıştır (Şekil 4.22).

Soru 10: “Denediğiniz uygulamanın var olan özelliklerine (gürültü düzeyi, aydınlık düzeyi, renk paleti gibi) ek olarak hangi özelliklerin gelmesini isterdiniz?”

Bu soru açık uçlu olarak sorulmuş ve öğrencilerin fikirleri alınmak istenmiştir. Soruya göre öğrencilerin çoğunluğunun benzer özellikler üzerinde durduğu görülmüştür. İlgili lokasyondaki hâkim rüzgâr hızının mevsimsel olarak ortalaması ve raporlanması, ölçü alabilme fonksiyonunun gelmesi, ilgili bölge fotoğraflarının rapor bölümüne aktarılabilmesi, yapı türleri ve yükseklikleri (konut, iş yeri, ticari yapılar vb.), yeşil alanlarda bulunan ağaç türleri, ilgili konumun denizden yüksekliği, anlık eskiz veya not alma bölümünün olması, ilgili lokasyona yakın simge yapıların gösterimi ve bu yapılar hakkında kısa bilgilerin verilmesi, şematik arazi görüntülerinin oluşturulması, ilgili bölgenin yaklaşık alanın ve çevresinin hesaplanması ve uygulama ile yükseltelen izohips eğrilerinin belirli uzantılarla dışarı çıkarılabilmesi gibi tasarım önerilerinde kullanabilecekleri görsel, grafiksel ve şematik içerik taleplerinde bulunmaktadır. Öğrenciler ekolojik, doğal ve yapıli çevre verilerinin sağlanmasına ek olarak demografik ve yoğunluk verileri de ulaşmak istediklerini belirtmişlerdir.

- **Anket Sonuçlarının Değerlendirilmesi**

Anket çalışmasına öncelikle belirli kavramların kısaca örneklerle açıklanmasıyla başlatılmıştır. İlk dört soru AG ve geleneksel yöntemler ile ilgili olarak öğrencilerin düşünceleri sorgulanmıştır. 1. Ve 3. Soru AG kavramı ve teknolojisi ile ilgili olup AG teknolojisinin mimarlık eğitimine katkı sağlayacağı ve yenilikçi bir teknoloji olacağı sonucu çıkarılmıştır. 2. ve 4. soruda AG'nin geleneksel yöntemler ile değerlendirildiğinde, eskiz, teknik çizim, maket, dijital modeller gibi yöntemlerden geri kalmayacağını, fayda sağlayacağı sonucuna varılmaktadır.

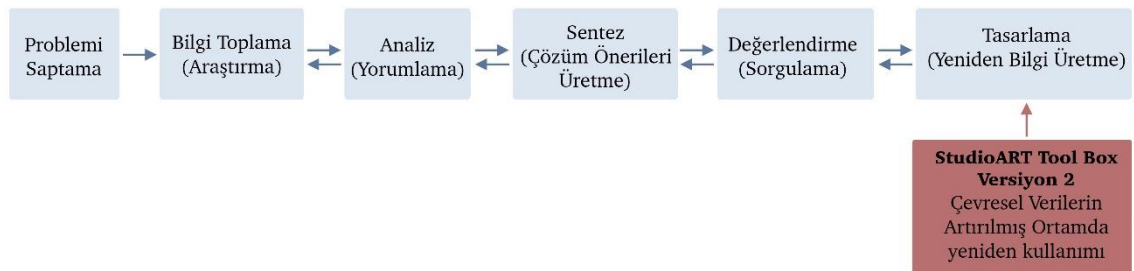
Anketin geri kalan beş sorusu öneri uygulama ile ilgili olduğu için gruplanabilmektedir. 5. önermeye göre toplanan tutarlı ve net çevresel verilerin aktarımı ile tasarımlarını besleyeceği sonucu çıkarılmıştır. 6. Önerme ile StudioARTool Box'ın arayüzünün anlaşılabilirliği ve kullanım kolaylığı ile öğrencilerin aracı kullanmakta zorluk yaşamadıkları ortaya çıkmıştır. 7. Önermede ise ilgili bölgeye ait doğal çevre, yapılı çevre ve ekoloji verileri ölçülerek tespit edilmesi özelliğinin başarılı olduğu çıkarımında bulunulabilmektedir. 8. önerme ile mevcut uygulamanın çevre verilerinin bir araya getirmesi ve toplu olarak kaydedilip paylaşılması özelliği sayesinde diğer kullanıcılarla paylaşılabilir ve uzaktan da o lokasyon hakkında analiz yapılabilir olma sonucuna varılmıştır. 9. soruda StudioART Tool Box mobil uygulaması bütün olarak ele alınmış sunmuş olduğu fonksiyonlar ile nitelikli sonuçların mimari tasarım dersi kapsamında kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır.

Çoğu öğrenci, stüdyo dersi içerisinde öneri uygulamanın kullanımı hakkında olumlu geribildirim vermiştir. Çevresel verileri toplamak, anlaşılması kolay arayüz ile uygulamaya gömülü birçok aracı kullanmak, bir araya getirilmiş kullanılabilir nitelikli verileri tasarım sürecine entegrasyonunu sağlanabilmektedir. Ayrıca bu öneri araç seti sayesinde zamandan tasarruf edilebileceği ortaya koyulmuştur. Kullanılan teknoloji ile ilgili olarak, verilen cevaplar mobil cihazların performansı ve öneri uygulamanın eğitim alanında AG teknolojisini kullanmak için mobil cihazları yararlı araçlar haline getirdiğini onaylamaktadır. Konseptte mevcut öneri uygulama, güneş pozisyonu ve gölge yönlerinin gerçek dünya görüntülerine işlenmesi, gürültü haritalarının oluşturulması, ulaşım odak noktalarının

gösterilmesi gibi fonksiyonları sağlarken pratikte bu içeriklere ulaşamaması bu özelliklerin değerlendirilmesine engel olmuştur. Mevcut StudioART Tool Box Versiyon 1 mobil uygulaması ve AG teknolojisi stüdyo öğrencilerinde merak uyandırmıştır. Öneri uygulamanın getirdiği fonksiyonlar öğrencilerin ilgisini çekmiştir. Uygulamayı deneme aşmasında oldukça heyecanlı oldukları gözlemlenmiştir. Ayrıca, StudioART Tool Box uygulamasına en yakın ne zaman ve hangi platform üzerinde ulaşabilecekleri hakkında bilgi edinmek istemişlerdir. Öneri sistemin gelecekte ne gibi yeni fonksiyonlara sahip olacağını ve bütün özelliklerini kullanmak için ücretli olup olmayacağı konusunda genel sorular sormuşlardır. Bu gözlemler sonucunda, anlaşılması kolay arayüz ile uygulamaya gömülü birçok aracı kullanma, doğal çevre, yapılı çevre ve ekoloji verileri ölçülerek tespit etme, toplu olarak kaydedilip paylaşma, tutarlı ve net çevresel verilerin ön tasarım sürecine aktarma fonksiyonları, StudioART Tool Box uygulamanın mimarlık eğitiminde genel olarak öğrencinin motivasyonunu arttırdığı, Tasarım Stüdyosu Dersi kapsamında Bilgi Toplama Aşaması'nın kolaylaştığı ve zaman tasarrufu sağladığı sonucuna varılmaktadır. Böylece öneri uygulama ile öğrencilerin akademik gelişimine fayda sağlayacağı çıkarımında bulunulabilir.

4.5 StudioART Tool Box Versiyon 2 Senaryosu ve Bileşenleri

StudioART Tool Box Versiyon 2 mobil uygulaması (Şekil 4.23), StudioART Tool Box Versiyon 1 uygulaması ile elde edilen çevre verilerinin işlenmesi sonucunda AG tabanlı olarak geliştirilmiş vaziyette mimarlık öğrencilerinin tasarım stüdyosu dersinde kullanabileceği düşünülmüştür.



Şekil 4. 23 Mimari tasarım sürecine entegre edilen StudioART Tool Box Versiyon 2 uygulamasının potansiyel yeri

Versiyon 2 uygulamasının başlıca özelliklerini inceleyecek olursak;

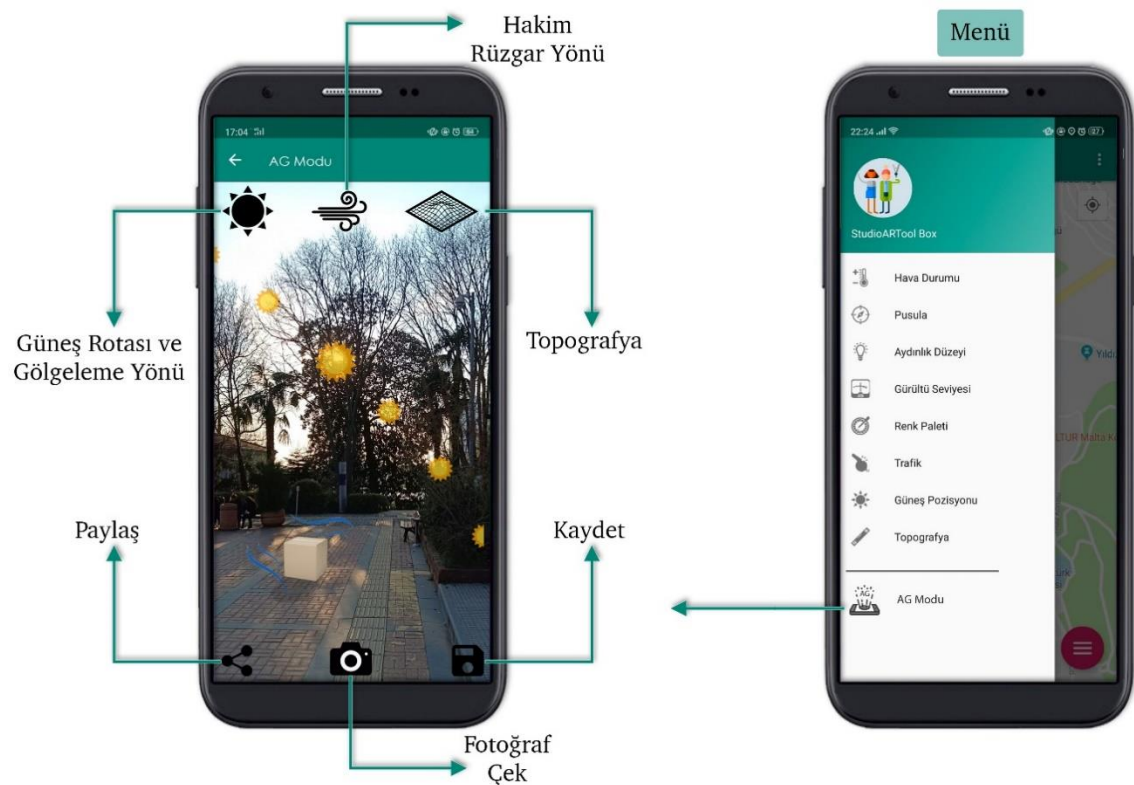
Güneş pozisyonu ve gölgeleme özelliği gün boyunca güneş pozisyonu ve rotasını göstererek kullanıcının veri topladığı zaman aralığında bulutlu bir günde görülmeyen güneş pozisyonunu ve rotasını göstererek bilgi sahibi olmasını sağlayacaktır. Ayrıca ilgili bölgedeki gölgelerin doğru yönleri gösterecektir.

Hâkim rüzgâr yönü özelliği ile ilgili bölgedeki rüzgâr hızı ve yönü mevsimsel özelliklerine göre görselleştirilecektir.

Topoğrafya özelliği kullanıcının ilgili bölgelerin röper noktalarının alınacağı servis altyapısının gelişmesi sonucunda, alınan verilerin uygulama içerisine aktarılmasıyla bölge eğimi, topoğrafya ve araziye ait verilerini görselleme sağlanacaktır.

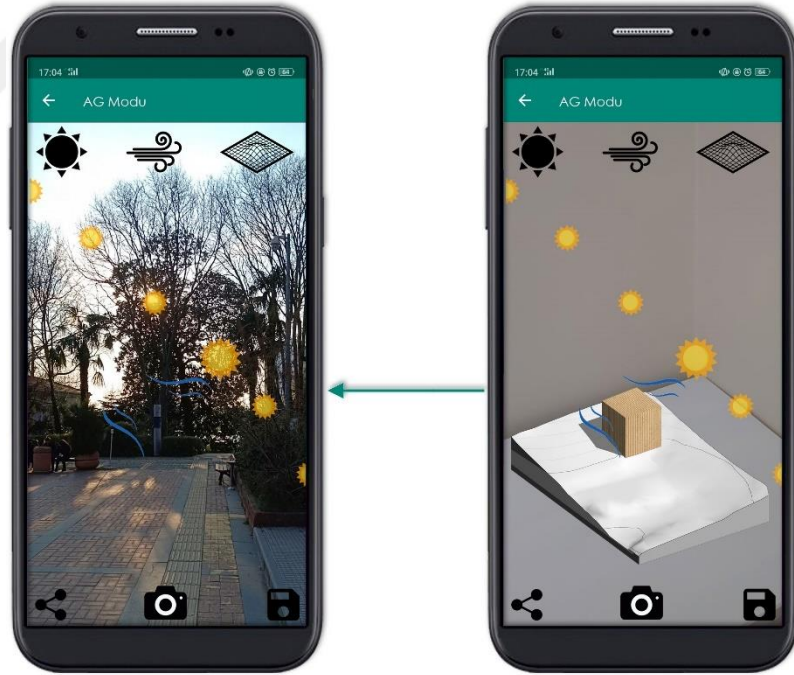
Kullanıcı ilgili bölgedeki çevresel verileri kullanıcı ekranı ile fotoğrafını çekebilecek, kaydetme birimi ile bulutta depolayabilecek ve istediği yer ve zamanda bu verilere ulaşabilecektir. Paylaş özelliği ile bu verileri kullandığı diğer platformlar (mail vb.) aracılığıyla paylaşımda bulunabilecektir.

Öğrenciler, StudioART Tool Box Versiyon 2 mobil uygulamasına ait kullanıcı arayüzüne Şekil 4.23' te görüldüğü gibi AG Modu biriminden ulaşılabilir.



Şekil 4. 24 StudioART Tool Box Versiyon 2 Menü içerikleri ve kullanıcı arayüzü

StudioART Tool Box Versiyon 2 mobil uygulaması temelde kullanıcının ilgili bölgede yapmış olduğu fiziksel veri ölçümlerinin AG tabanlı olarak kullanıcının ilk tasarım kararlarını verirken kullanabileceği duruma dönüştürmeyi sağlayacaktır. Bu süreci Bölüm 3.2.2’de bahsedildiği üzere özetleyecek olursak, tasarım stüdyosu dersi kapsamında bir problemin tespiti ile başlayan süreçte, problemin çözümü için gerekli verileri toplama StudioART Tool Box Versiyon 1 ile sağlanacaktır. Sonrasında bu toplanan çevresel veriler (analiz) yorumlama sürecinden geçerek probleme çözüm önerileri üretilmesi (sentez) gerçekleştirilecektir. Üretilen çözüm önerileri eleştirel bakış açısıyla yeniden sorgulanacaktır (değerlendirme). Bunun sonucunda StudioART Tool Box Versiyon 2 mobil uygulaması artırılmış çevre verileri dijital ortamda temsil ederek kullanıcın fiziksel model önerilerini, ilk tasarım kararlarının aldığı bu önemli aşamada, tasarlama aşamasına geçebileceği düşünülmektedir. Aşağıdaki Şekil 4.25’te görüldüğü gibi toplanan çevresel verilerin AG ortamında yeniden kullanılması ile, bu veriler stüdyo ortamında kullanıcılar tarafından deneyimlenebilir hale getilebilecektir.



Şekil 4. 25 Artırılmış çevre ve artırılmış çevre verilerinin stüdyo ortamında StudioART Tool Box aracılığıyla deneyimlenmesi

4.6 Teknolojik Sınırlamalar

Teknolojik bir gelişimin ötesinde, AG’nin eğitim alanında yaygınlaşması bir başka önemli faktöre bağlıdır; içerik kullanılabilirliği. Şu anda, AG uygulamaları oldukça

değişime kapalıdır ve artırılmış içeriği kullanıcıların ihtiyaçlarına göre değiştirmek ve uyarlamak çok zordur. Bu esneklik eksikliği, yalnızca yazılım geliştiriciler artırılmış içerikler üretebildiğinden, AG yaygınlaşması için bir kısıtlamadır; geliştirme araçları hala çok sınırlıdır ve birkaç uygulama alanı için uyarlanmıştır. Örneğin öğretmenler, öğrencilerine daha etkili ve ilginç bir ders materyali sağlayarak AG teknolojilerinden yararlanabilirler ancak ne içerik geliştirmek ne de AG araçlarını geleneksel eğitim ortamına entegre etmek kolay değildir. Gerekli servis alt yapısı, belirli verilerin sağlanacağı arka plan içerik sağlayıcıları gibi destek sağlayan uygulama bileşenlerinin yetersizliği StudioART Tool Box mobil uygulamasının esnek bir şekilde geliştirilmesini engellemektedir.

4.7 Gelecek Öngörülleri

Bu çalışma sonucunda mevcut Versiyon 1 StudioART Tool Box mobil uygulaması güncel data sağlayıcı kütüphanelerin yetersizliğine rağmen mimarlık öğrencilerinin tasarım stüdyosunda analiz sürecine katkı sağlayacak parça parça çevresel verileri tek bir platformda toplayabilme ve raporlayabilme seviyesine kadar getirilebilmiştir. Ancak sonraki çalışmaların temelini oluşturması adına StudioART Tool Box mobil uygulamasının gelecek versiyonu için birkaç özellik önerilebilir;

- Dönemsel verileri oluşturmak için kullanıcının bulunduğu ya da gitmek istediği ilgili lokasyona Pervititch Haritaları'ndan günümüze kadar olan haritalarla eşleştirme yapma ve bunları geçmiş ve güncel hava fotoğraflarıyla besleme.
- Geçmiş ve güncel hava fotoğrafları ile ilgili bölgenin ekolojik yapısı, bitki örtüsü veya kayaç çeşitine göre jeolojik ve arkeolojik yapısı hakkında tahminde bulunma
- İncelenmek istenilen bölgeye ait bitki örtüsünü tanıyan, örneğin ağaçların cinsini, taşınır veya taşınmaz olduğunu ağaçların yaprak ve gövdesine ait verilerden (yaprak büyüklüğü ve biçimi, damar yapısı vb.) tanıma
- İlgili lokasyonun denizden yüksekliğini belirleme ve bu eğimi şematik olarak gösterme

- İlgili bölgede mevsimlere göre güneşin geliş açısı şematik olarak gösterme
- İlgili lokasyondaki yapıyı çevrenin mimari cephe özelliklerini (kıvrım, motif, malzeme, yapım teknikleri vb.) uygulamanın veri tabanıyla kıyaslanarak yapının dönemini tespit etme
- Kullanıcıların ilgili araziye ait imar durumu bilgilerini sorgulama, ilgili arazinin çevre ve alan büyüklüklerini gösterme
- İlgili bölgedeki simgesel yapılara ait kısaca bilgilerin verme ve bu simgesel yapıları 3B model olarak haritalarda gösterme



Mobil teknolojiler çalışma kapsamında donanımsal ve yazılımsal altyapısı teknolojik açıdan araştırılmış genel kullanım alanları incelenerek özellikle AG teknolojisi ile kesişimi üzerinde durulmuştur. Günümüzde mobil cihazlar yalnızca taşınabilir olmasının dışında boyut, ağırlık fiyat ve batarya ömrü olarak kullanıcıları kendine çekmektedir. Özellikle günümüzdeki akıllı telefonlara yeteneklerine bakılarak mobil bilgisayar özelliği gösteren çok kullanışlı yeni çağın sayısal cihazları diyebiliriz. Bu cihazlar tipik cep telefonunun özelliklerine ve çok güçlü veri hesaplama kabiliyetine sahiptir. Teknolojideki son gelişmeler sayesinde akıllı telefonlar, başlangıçta masaüstü bilgisayarlarda mümkün olan çok karmaşık uygulamaları bile yürütme yeteneğine sahiptir. Mobil cihazların donanımsal özelliklerinin yanında yazılımsal olarak mobil uygulama geliştirme hızla artan yeni bir olgudur.

AG kavramı, sistem bileşenleri, çalışma prensipleri gibi teknolojik altyapısı mobil teknolojiler ile ilişkilendirilerek incelenmiştir. AG teknolojisinin günümüzde mobil olarak kullanımı sayesinde hantal sırt çantası ve başa takılan ekran kurulumları, ultra mobil kişisel bilgisayarları gibi cihazların kullanımına gerek kalmamıştır.

Böylece mobil teknolojilerin donımsal kullanım kolaylığı ve AG ile dijital içeriğin gerçek dünya bağlamıyla ilişkilendirilmiş dolaysız verlerin gerçek zamanlı olarak doğrudan erişimi sayesinde mobil AG sistemleri hızla geliştirilebilmiştir.

AG kullanımı, bir mesajı çoklu duyular yoluyla iletebilir ve alıcı ile iletişim aracı arasında etkileşim sağlayabilir. AG ve mobil teknolojisi çok çeşitli alanlarındaki sürekli evrimi, algılama ve öğrenme süreçlerine yardımcı olmak için yeni paradigmlar yaratılmaktadır. Eğitim teknolojilerinin ve aynı zamanda mobil teknolojiler tarafından benimsenen büyük yayılımın yanı sıra sanal kaynaklar etkileşim yoluyla öğrencilere sunulan eğitim yazılımlarının gelişimine katkıda bulunabilmektedir. Bu eğitim yazılımlarının etkili kullanılabilirliği, tutarlı ve net verilere ulaşma sürecini kısaltarak ve kolaylaştırarak fayda sağlayabilir.

Bu bağlamda mevcut mobil uygulamalar, AG kavramı ve teknolojisi, mimari tasarım stüdyo dersi kapsamında tasarım süreci incelenerek mimarlık eğitiminde kullanılmak üzere StudioART Tool Box Versiyon 1 mobil uygulaması geliştirilmiştir. Bu öneri araç seti uygulaması ile öğrencinin ihtiyaçlarına cevap verme, geleneksel eğitim ortamını destekleyici bir sistem olma, öğrencinin akademik performansını geliştirme ve motivasyonunu arttırma hedeflenmiştir.

Öneri sistem versiyon 1 ile standart uygulama araçları bir pakette toplanmış gerekli uygulama bileşenleri, data sağlayıcı kütüphanelerle besleyerek mimarlık öğrencilerinin kullanabileceği toplu araç seti haline getirilmiştir. Ekoloji, doğal ve yapılı çevre verileri gibi fiziksel çevreye ait olan verilerin toplu bir şekilde depolanması ile tasarım stüdyo öğrencilerinin kullanabileceği hale getirme amacı doğrultusunda ilk adımlar atılmıştır.

StudioART Tool Box Versiyon 1 mobil uygulaması mimarlık fakültesi mimari tasarım stüdyo dersindeki öğrenciler üzerinde denenmiştir ve anket çalışması yapılan öğrenciler tarafından öneri uygulamayı tasarım stüdyosu dersinde kullanılmasının etkili olacağı sonucuna varılmıştır. Yapılan bu anket uygulaması gelecekte tasarım stüdyosu dersinin öğretim elemanları ile de yapılarak öğrenci-öğretim elemanı gözünden sonuçlar tekrar değerlendirilip uygulamanın güncellenmesi ve gelecek uygulama versiyonu için ön çalışma yapılabilir olduğu düşünülmektedir.

Tez çalışması sürecinde mimari tasarımın aşamaları incelenmiş olup StudioART Tool Box Versiyon 1 mobil uygulamasının tasarım sürecinde analiz aşamasına doğrudan katkı sağlayacak şekilde bilgi toplama adımı entegre edilmesi ile sürecin daha da zenginleşeceği ve geri kalan aşamalara (analiz, sentez ve değerlendirme) katkı sağlanabileceği sonucuna varılmıştır. StudioART Tool Box Versiyon 1 mobil uygulaması ile geleneksel mimari tasarım sürecindeki çevre verileri toplama aşamasında kolaylık sağlayabileceğini, zamandan tasarruf edilebileceğini, analiz evresini besleyerek elde edilen toplu verilerin değerlendirilmesine tutarlı ve net olarak veri aktarımını sağlayabileceğini ortaya koymuştur.

Ayrıca StudioART Tool Box Versiyon 2 mobil uygulaması senaryosu ve bileşenleri önerilmiştir. Versiyon 2 uygulaması, kullanıcının ilgili bölgede yapmış olduğu fiziksel veri ölçümlerinin AG tabanlı olarak kullanıcının ilk tasarım kararlarını verirken kullanabileceği duruma dönüştürerek toplama, depolayabilme ve paylaşarak istenilen yerde ve zamanda kullanabilme (deneyimleyebilme) durumunu önermektedir. Uygulamanın data kaynağı, gerçek çevre üzerinde sayısallaştırılmış verileri birleştirerek öğrenciye zenginleştirilmiş bilgilerin aktarımını sağlaması düşünülmektedir. Bu sistemin mimarlık eğitimine yenilikçi bir yaklaşım sunacağı öngörülebilmektedir.

AG ve mobil teknolojilerin gelişmesi ortak bir noktada kesişmesi sonucunda geliştirilmiş olan StudioART Tool Box versiyonları sonuç ürününü kullanıcının mobil cihaz ekranı ile vermesi ve kullanıcıların sahip olduğu diğer platformlara paylaşımı sayesinde ek donanımlara gerek kalmasını engelleyebilmiştir.

StudioART Tool Box Versiyon 1 ekoloji, doğal ve yapılı çevre verilerini sayısal olarak toplamada ilk adım olmasından önemli bir gelişme kaydetmiştir. Ancak, mevcut data sağlama altyapılarının (açık kaynak kodlu kütüphaneler) yetersiz olmasından dolayı kısmen yetersiz kalmasına neden olmuştur.

StudioART Tool Box Versiyon 2 mobil uygulamasında toplu olarak gerçek çevre ile eş zamanlı artırılmış verilerin (güneş pozisyonu ve gölge yönlerinin gerçek dünya görüntülerine işlenmesi, kullanıcının ilgili bölgelerin röper noktalarının uygulama içerisine aktarılması, bölge eğimi, topografya ve araziye ait verilerini görselleme vb.) gerçek dünyada kullanımı konsept olarak verilmiştir ancak pratikte sağlanamamaktadır. StudioART Tool Box mobil uygulamasının her iki versiyonu da yukarıda belirtilen yazılımsal altyapıların gelişmesi ile kullanıcıyı gelecek dönemlerde o deneyim içerisine sokabildiği takdirde, çevresel ilişkilerin ve nitelikli verilerin kullanılmasını sağlayacaktır. Bu yazılımsal altyapıların gelişmesi sonucunda StudioART Tool Box Versiyon 1 ve Versiyon 2 ileriye dönük önemli ve değerli gelişmeler kaydedebileceği düşünülmektedir.

Öneri uygulama tasarım stüdyosu dersi kapsamında mimari tasarım sürecine çevresel verilerin sağlayabilen ilk araç seti olması tez çalışması süresince belirli bir seviyeye kadar getirilmiştir. Ancak gerekli yazılımsal ve data sağlayıcı

kütüphanelerinin geliştirilmesiyle, StudioART Tool Box Versiyonları üzerine yazılımsal ve içerik bakımından yeni özelliklerin ve fonksiyonların getirilmesine açıktır. Bu durumda gelişen teknoloji altyapıları ve farklı disiplinler ile koordineli bir şekilde çalışılmasıyla AG tabanlı fonksiyonlar geliştirilebilir. Diğer önemli bir sonucu ise AG'nin mimarlık eğitimi içine girmesi zenginleştirici, destekleyici ve kolaylaştırıcı özelliklerinden dolayı mimarlık eğitimi için incelemelere ve çalışmalara uygun ortam yaratmasıdır.



Anket 1. Aşama (Bilgilendirme)

1.AŞAMA

Mimarlık eğitimi üzerine bir çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmada stüdyo derslerinde ön tasarım geliştirilmesi adımı bir aplikasyon (uygulama) önerisi söz konusudur. Bu uygulama önerisi birçok işlevi bünyesinde bulundurarak öğrenciler için bir araç seti (tool box) olup mimarlık stüdyo dersi içerisinde ön tasarım kararlarını vermeye yardımcı olması amaçlanmıştır. Öneri uygulama çevrimiçi çalışmakta olup kullanıcının lokasyonuna bağlı olarak veriler elde edilmektedir. Kullanıcı bu araç seti ile aydınlık düzeyi, gürültü düzeyi gibi ölçümler yapabilecektir. Geliştirilmekte olan uygulama versiyon 1 olmakla birlikte kullanıcı taleplerine göre yeni özellikler eklenilmesi düşünülmektedir.

Ön tasarım evresi, tasarım kavramının ana kararlarını oluşturacak soyutlama, kavramsallaştırma sürecinin en önemli halkasıdır. Yani tasarım sürecinin ilk adımını oluşturan ve tasarım kavramının ana kararlarının verildiği dönemdir. Mimarlık eğitiminde **geleneksel yöntemler** eskiz, teknik çizim, maket, bilgisayar modeli vb. olarak sıralanabilir.

Artırılmış Gerçeklik (AG), dijital içeriğin gerçek dünyada bulunan bilgilerle gerçek zamanlı entegrasyonunu sağlayan bir teknolojidir. Fiziksel dünyaya doğrudan üst üste binme sayesinde AG basit veri zenginleştirme yöntemleri sunar. Bu teknoloji sağlık, pazarlama, üretim, askeri, oyun ve eğitim gibi birçok alanda kullanılabilir.



Şekil 1 Milgram ve Kishino'nun Gerçeklik- Sanallık Sürekliliği ¹



Şekil 2 Halihazırdaki Haliyle Hera Tapınağının Kalıntıları ve Canlı Videonun Üzerine İşlenmiş Model ile Artırılmış Tapınak ²



Şekil 3 Pokémon GO Artırılmış Gerçeklik Oyunu ve Ikea'nın İç Mekan Artırılmış Gerçeklik Uygulaması ³⁴

¹ P. Milgram ve F. Kishino, A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display, *IEICE Transactions on Information Systems*, Cilt E77-D, no. 12, S.1321-1329, 1994.

² V. Vlahakis, N. Ioannidis, J. Karigiannis, M. Tsotros, M. Gounaris, D. Stricker, T. Gleue, P. Daehne ve L. Almeida, Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeolog Sites, *IEEE Computer Graphics and Applications*, cilt 22, no. 5, s. 52-60, 2002.

³ 06.03.2019 <https://www.pokemongo.com/en-us/>

⁴ 06.03.2019 <https://www.ikea.com/gb/en/customer-service/ikea-apps/>

B

Anket 2. Aşama (Ön Test)

2.AŞAMA

Bu açıklamalar doğrultusunda aşağıdaki önermeleri uygun bir şekilde yanıtlayınız.

	SORULAR	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
1	Artırılmış Gerçeklik kavramını bu açıklayıcı metin sayesinde anladım.	☐	☐	☐	☐	☐
2	Artırılmış Gerçeklik teknolojisi mimarlık eğitiminde geleneksel yöntemlere (eskiz, teknik çizim, maket, bilgisayar modeli vb.) göre daha faydalı olduğunu düşünüyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
3	Artırılmış Gerçeklik, mimarlık eğitimi için yenilikçi ve yararlı bir teknoloji olduğunu düşünüyorum	☐	☐	☐	☐	☐
4	Artırılmış Gerçeklik teknolojisi diğer geleneksel (eskiz, teknik çizim, maket, bilgisayar modeli vb.) yöntemlere göre yetersiz kalabilir.	☐	☐	☐	☐	☐

Anket 3. Aşama (Uygulama Deneyimi)

3. AŞAMA

Öneri uygulama deneyimlerinize göre aşağıdaki önermeleri uygun bir şekilde yanıtlayınız.

	SORULAR	Kesinlikle Katılıyorum	Katılıyorum	Kararsızım	Katılmıyorum	Kesinlikle Katılmıyorum
5	Öneri uygulama ön tasarım kararlarını vermekte yeterince başarılı bir araç olacağını düşünüyorum.	☐	☐	☐	☐	☐
6	Öneri uygulama kullanıcı ara yüzü anlaşılır ve kullanımı kolaydı.	☐	☐	☐	☐	☐
7	Öneri uygulama fiziksel çevre özellikleri tespit etmekte başarılıydı.	☐	☐	☐	☐	☐
8	Öneri uygulama yapılan analizleri kaydetme ve raporlamada başarılıydı.	☐	☐	☐	☐	☐
9	Öneri uygulama ile saha çalışmaları stüdyo dersi içerisine etkili bir şekilde entegrasyonu sağlayabilir.	☐	☐	☐	☐	☐

10. Denediğiniz uygulamanın var olan özelliklerine (gürültü düzeyi, aydınlık düzeyi, renk paleti gibi) ek olarak hangi özelliklerin gelmesini isterdiniz?

-
-
-
-

- [1] Q. Bi, G. Zysman and H. Menkes, "Wireless Mobile Communications at the Start of the 21st Century," *IEEE Cominucations Magazine*, cilt 39, no. 1, s. 110-116, 2001.
- [2] A. N. Mohmedhussen and W. I. Altae, "Comparison of Android and iPhone Operating System," *International Journal of Computer Applications (0975 – 8887)*, cilt 167, no. 2, s. 6-11, 2017.
- [3] G. Akyol, "Mobil Uygulama Arayüzlerinin İncelenmesi Üzerine Bir Çalışma," in *2nd International Symposium On Innovative Technologies in Engineering and Science*, Karabük, 2014.
- [4] R. Azuma, Y. Baillot, R. Behringer, S. Feiner, S. Julier and B. MacIntyre, "Recent Advances in Augmented Reality," *IEEE Computer Graphics and Applications*, cilt 21, no. 6, s. 34 - 47, 2001.
- [5] R. T. Azuma, "A Survey of Augmented Reality," *Teleoperators and Virtual Environments*, cilt 6, no. 4, s. 355-385, 1997.
- [6] P. Milgram and F. Kishino, "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Display," *IEICE Transactions on Information Systems*, Vols. E77-D, no. 12, s. 1321-1329, 1994.
- [7] S. Mann, J. C. Havens, J. Iorio, Y. Yuan and T. Furness, "All Reality: Virtual, Augmented, Mixed (X), Mediated (X, Y), and Multimeditated Reality," in *AWE*, California, 2018.
- [8] T. Starner, S. Mann, B. Rhodes and J. Levine, "Augmented Reality Through Wearable Computing," *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, cilt 6, no. 4, s. 386-398, 1997.
- [9] "Morton Heilig," [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.mortonheilig.com/InventorVR.html>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [10] S. Feiner, B. Macintyre and D. Seligmann, "Knowledge-based augmented reality," *Communications of the ACM*, cilt 36, no. 7, s. 53-62, 1993.
- [11] S. Feiner, B. MacIntyre, T. Höllerer and A. Webster, "A touring machine: Prototyping 3D Mobile Augmented Reality Systems for Exploring the Urban Environment," *Personal Technologies*, cilt 1, no. 4, s. 208- 217, 1997.
- [12] M. Möhring, C. Lessig and O. Bimber, "Optical Tracking and Video See-Through AR on Consumer Cell-Phones," in *Third IEEE and ACM*

International Symposium on Mixed and Augmented Reality, Washington, 2004.

- [13] “Developer,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developer.apple.com/arkit/>. [Erişildi 17 Mart 2019].
- [14] Wikipedia, [Çevrimiçi]. Erişim: <https://en.wikipedia.org/wiki/ARCore>.
- [15] MEB, “Mesleki ve Teknik Mesleki Programlar ve Öğretim Metaryalleri,” 2011. [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.megep.meb.gov.tr/?page=moduller>. [Erişildi 24 Temmuz 2019].
- [16] S. H. Kim, K. Holmes and C. Mims, “Mobile Wireless Technology Use and Implementation: Opening a Dialogue on the New Technologies in Education,” *Tech Trends*, cilt 49, no. 3, s. 54-63, 2004.
- [17] R. Malladi and D. Agrawal, “Current and Future Applications of Mobile and Wireless Networks,” *Communications of the ACM*, cilt 45, no. 10, s. 144-146, 2002.
- [18] H. Lacohee, N. Wakeford and I. D. Pearson, “A Social History of the Mobile Telephone with A View of Its Future,” *BT Technology Journal*, cilt 21, no. 3, s. 203-211, 2003.
- [19] M. Ferranti, “Father of cell phone eyes revolution,” 14 Ekim 1999. [Çevrimiçi]. <http://edition.cnn.com/TECH/computing/9910/14/cellphone.father.idg/index.html>. [Erişildi 24 Mart 2019].
- [20] T. Farley, “Mobile Telephone History,” *Teletronikk*, cilt 3, no. 4, s. 22-34, 2005.
- [21] T. Suzuki, T. Hanazawa and S. Kozono, “00-MHz Band Land Mobile Telephone System–Overall View,” *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, cilt 4, no. VT-27, s. 205-211, 1978.
- [22] “Tiki-Toki Timeline Maker,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.tiki-toki.com/>. [Erişildi 22 Mart 2019].
- [23] “Wikipedia,” [Çevrimiçi]. Erişim: [https://en.wikipedia.org/wiki/Nokia_101_\(1992\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Nokia_101_(1992)). [Erişildi 21 Mart 2019].
- [24] B. Buxton, “Microsoft,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.microsoft.com/buxtoncollection/detail.aspx?id=40>. [Erişildi 22 Mart 2019].

- [25] J. Haartsen and S. Mattisson, "Bluetooth, A New Low-Power Radio Interface Providing Short Range Connectivity," *IEEE Proceedings of the IEEE*, cilt 10, no. 88, s. 1651-1661, 2000.
- [26] A. S. Taylor and J. Vincent, *Mobile world: Past, present and future*, London: Springer, 2005, s. 75-91.
- [27] "Wikipedia," [Çevrimiçi]. Erişim: https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola_StarTAC. [Erişildi 24 Mart 2019].
- [28] "Sharp," [Çevrimiçi]. Erişim: http://www.sharp-world.com/corporate/info/his/h_company/2000/. [Erişildi 23 Mart 2019].
- [29] "Fandom," [Çevrimiçi]. Erişim: https://researchinmotion.fandom.com/wiki/BlackBerry_5810. [Erişildi 22 Mart 2019].
- [30] "Wikipedia," [Çevrimiçi]. Erişim: https://en.wikipedia.org/wiki/Motorola_Razr. [Erişildi 23 Mart 2019].
- [31] "Wikipedia," [Çevrimiçi]. Erişim: [https://en.wikipedia.org/wiki/IPhone_\(1st_generation\)](https://en.wikipedia.org/wiki/IPhone_(1st_generation)). [Erişildi 21 Mart 2019].
- [32] "Wikipedia," [Çevrimiçi]. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/HTC_Dream. [Erişildi 23 Mart 2019].
- [33] "Anroid," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.android.com/everyone/>. [Erişildi 15 Şubat 2019].
- [34] "Developers," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developer.android.com/>. [Erişildi 15 Şubat 2019].
- [35] "Developers," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developer.android.com/about/dashboards/?hl=bg>. [Erişildi 15 Mayıs 2019].
- [36] "Blackberry," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.blackberry.com/en>. [Erişildi 28 Şubat 2019].
- [37] O. C. Novac, M. Novac, C. Gordan, T. Berczes and G. Bujdosó, "Comparative Study of Google Android, Apple iOS and Microsoft Windows Phone Mobile Operating Systems," in *14th International Conferance on Engineeringg of Modern Electic System (EMES)*, Oradea, Romania, 2017.

- [38] "Tizen," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.tizen.org/> . [Erişildi 24 Mart 2019].
- [39] "Wikipedia," [Çevrimiçi]. Erişim: https://en.wikipedia.org/wiki/Series_40. [Erişildi 28 Şubat 2019].
- [40] A. Khan, S. Khusro, A. Rauf and S. Mahfooz, "Rebirth of Augmented Reality, Enhancing Reality via Smartphones," *Bahria University Journal of Information and Communication Technologies*, cilt 8, no. 1, s. 110-121, 2015.
- [41] "Microsoft," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.microsoft.com> . [Erişildi 23 Mart 2019].
- [42] "Statcounter," [Çevrimiçi]. Erişim: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide>. [Erişildi 5 Haziran 2019].
- [43] "Statcounter," [Çevrimiçi]. Erişim: <http://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/turkey>. [Erişildi 5 Haziran 2019].
- [44] M. Erfani, J. A. Mesbah and P. Kruchten, "Real Challenges in Mobile App Development," in *ACM / IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement*, Baltimore, 2013.
- [45] J. Dehlinger and J. Dixon, "Mobile Application Software Engineering: Challenges and Research Directions," Springer, Towson, 2011.
- [46] E. Masi, G. Cantone, M. Mastrofini, G. Calavaro and P. Subiaco, "Mobile Apps Development: A Framework for Technology Decision Making," in *International Conference on Mobile Computing, Applications, and Services*, Seattle, 2012.
- [47] Appcelerator Inc. ve IDC, "Voice of the Next-Generation Mobile Developer, Appcelerator," Appcelerator / IDC Q3, 2012.
- [48] K. Divya and S. V. KrishnaKumar, "Comparative Analysis Of Smart Phone Operating Systems Android, Apple IOS And Windows," *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science (IJSEAS)*, cilt 2, no. 2, s. 432-438, 2016.
- [49] R. Kumar, "Overview of Cross Platform Application Development," *International Journal of Trend in Research and Development*, cilt 3, no. 5, s. 419-422, 2016.
- [50] F. Manuri and A. Sanna, "A Survey on Applications of Augmented Reality," *Advances in Computer Science An International Journal*, cilt 5, no. 1, s. 18-27, 2016.

- [51] S. Siltanen, Theory and applications of marker-based augmented, Finland: julkaisija utgivare, 2012.
- [52] S. Mann, "Mediated Reality with implementations for everyday life," in *University of Toronto Department of Electrical and Computer Engineering*, Toronto, 2002.
- [53] "Gartner.com," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.gartner.com/smarterwithgartner/5-trends-emerge-in-gartner-hype-cycle-for-emerging-technologies-2018/> . [Erişildi 17 Şubat 2019].
- [54] D. Amin and S. Govilkar, "Comparative Study of Augmented Reality Sdk's," *International Journal on Computational Sciences & Applications (IJCSA)*, cilt 5, no. 1, s. 11-26, 2015.
- [55] I. E. Sutherland, "A Head Mounted Three Dimensional Display," in *Fall Joint Computer Conference*, Salt Lake City, 1968.
- [56] J. Rampolla and G. Kipper, *Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR*, Massachusetts: Syngress, 2012.
- [57] "Wikipedia," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://en.wikipedia.org/wiki/Videoplance>. [Erişildi 16 Mart 2019].
- [58] H. Anandakumar, R. Arulmurugan and C. C. Onn, *Computational Intelligence and Sustainable Systems: Intelligence and Sustainable Computing*, Cham: Springer, 2019.
- [59] Office of Technology Assessment, "Virtual Reality and Technologies for Combat Simulation," in *U.S. Congress*, Washington, 1994.
- [60] T. Caudell and D. Mizell, "Augmented Reality: An Application of Heads-up Display Technology to Manual Manufacturing Processes," in *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences*, Kauai, 1992.
- [61] "Boeing Inc., USA," [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.idemployee.id.tue.nl/g.w.m.rauterberg/presentations/hci-history/tsld096.htm>. [Erişildi 17 Mart 2019].
- [62] B. L. Rosenberg, "The Use of Virtual Fixtures to Enhance Operator Performance in Telepresence Environments," *Telemanipulator Technology and Space Telerobotics*, Alexandria, VA, 1993.
- [63] R. Bajcsy, K. Nahrstedt, L. W. ymore and K. Mezur, "Tele-Immersive Environments for Geographically Distributed Interaction and

Communication,” *Socializing Cyberinfrastructure: Networking the Humanities, Arts, and Social Sciences*, cilt 3, no. 2, s. 31-36, 2007.

- [64] J. Rekimoto and Y. Ayatsuka, “CyberCode: Designing Augmented Reality Environments,” in *Interaction Laboratory Sony Computer Science Laboratories, Inc.*, Tokyo, 1996.
- [65] R. Raskar, G. Welch and H. Fuchs, “Spatially Augmented Reality,” in *First International Workshop on Augmented Reality*, San Francisco, 1998.
- [66] R. Raskar, G. Welch and W.C. Chen, “Table Top Spatially Augmented Reality: Bringing Physical Models to Life with Projected Imagery,” in *(IWAR '99) Proceedings. 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality*, Washington, 1999.
- [67] “Wikipedia,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://en.wikipedia.org/wiki/ARToolKit>. [Erişildi 16 Şubat 2019].
- [68] “The Human Interface Technology Lab (HITLab),” [Çevrimiçi]. <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>. [Erişildi 16 Şubat 2019].
- [69] S. Mann and J. Fung, “EyeTap Devices for Augmented, Deliberately Diminished, or Otherwise Altered Visual Perception of Rigid Planar Patches of Real-World Scenes,” *Presence: Teleoperators and Virtual Environments - Mixed reality*, cilt 11, no. 2, s. 158 - 175, 2002.
- [70] W. Piekarski and B. Thomas, “Arquake: the Outdoor Augmented Reality Gaming System,” *Communications of the ACM*, cilt 1, no. 36-38, p. 41, 2002.
- [71] V. Vlahakis, N. Ioannidis, J. Karigiannis, M. Tsotros, M. Gounaris, D. Stricker, T. Gleue, P. Daehne and L. Almeida, “Archeoguide: An Augmented Reality Guide for Archaeolog Sites,” *IEEE Computer Graphics and Applications*, cilt 22, no. 5, s. 52-60, 2002.
- [72] D. Wagner and D. Schmalstieg, “First Steps Towards Handheld Augmented Reality,” *Seventh IEEE International Symposium on Wearable Computers*, cilt IEEE Computer Society Press, no. ISBN: 0-7695-2034-0, s. 127 - 135, 2003.
- [73] D. Wagner and D. Schmalstieg, “History and Future of Tracking for Mobile Phone Augmented Reality,” in *International Symposium on Ubiquitous Virtual Reality*, Gwangju, 2009.
- [74] M. Kähäri and D. J. Murphy, “MARA Sensor Based Augmented Reality System for Mobile Imaging,” in *5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*, Santa Barbard, 2006.

- [75] “Wikipedia,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://en.wikipedia.org/wiki/Wikitude>. [Erişildi 17 Mart 2019].
- [76] “Spark Project,” [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.libspark.org/wiki/saqoosha/FLARToolKit/en>. [Erişildi 17 Mart 2019].
- [77] “Wikitude,” 20 Kasım 2010. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.wikitude.com/drive/>. [Erişildi 18 Mart 2019].
- [78] Ç. Erbaş and V. Demirer, “Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Google Glass Örneği,” *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, cilt 3, no. 2, s. 8-16, 2014.
- [79] “Volkswagen AG,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.volkswagenag.com/en/group/research/virtual-technologies.html>. [Erişildi 13 Mart 2019].
- [80] “Optinvent,” [Çevrimiçi]. http://www.optinvent.com/our_products/orax/. [Erişildi 16 Mart 2019].
- [81] G. Evans, J. Miller, M. I. Pena, A. MacAllister and E. H. Winer, “Evaluating the Microsoft HoloLens Through an Augmented Reality Assembly Application,” in *Mechanical Engineering Conference Presentations, Papers, and Proceedings*, Anaheim, 2017.
- [82] R. Metz, “Augmented Reality Is Finally Getting Real,” 2 Ağustos 2012. [Çevrimiçi]. <https://www.technologyreview.com/s/428654/augmented-reality-is-finally-getting-real/>. [Erişildi 25 Mart 2019].
- [83] O. Bimber and R. Raskar, *Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds*, Massachusetts: A K Peters Wellesley, 2005.
- [84] B. Furht, *Handbook of Augmented Reality*, New York: Springer, 2011.
- [85] I. Englander, *The Architecture of Computer Hardware, System Software and Networking*, United States of America: John Wiley & Sons, Inc., 2009.
- [86] E. Köymen, “Mimari Ön Tasarım Sürecinde Eskizleri Gerçek Zamanlı 3B Modelleyen, Artırılmış Gerçeklik Destekli Bir Yazılım Denemesi: “SKETCHAR”,” in *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi*, İstanbul, 2014.
- [87] X. Wang, “Augmented Reality in Architecture and Design: Potentials and Challenges for Application,” *International Journal of Architectural Computing*, cilt 7, no. 2, s. 309-326, 2009.

- [88] “Adobe,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.adobe.com/tr/products/projectaero.html>. [Erişildi 17 Ocak 2019].
- [89] “Autodesk,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.autodesk.com.tr/>. [Erişildi 17 ocak 2019].
- [90] “Maxon,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.maxon.net/en-us/>. [Erişildi 16 Ocak 2019].
- [91] “Sketchup,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.sketchup.com>. [Erişildi 16 Ocak 2019].
- [92] “AVRspot,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.avrspot.com/about-avrspot/>. [Erişildi 21 Ocak 2019].
- [93] J. L. T. v. G. R. Grubert, “Augmented Reality Browser Survey,” Institute for Computer Graphics and Vision Graz University of Technology, Austria, 2011.
- [94] İ. Ö. U. Akkuş, “Matematik ve Geometri Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları,” *İnönü Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, cilt 4, no. 8, s. 19-33, 2017.
- [95] “ARcore,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developers.google.com/ar/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [96] “Developer,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developer.apple.com/arkit/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [97] “ARmedia,” [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.armedia.it/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [98] F. Herpich, R. L. M. Guarese and L. M. R. Tarouco, “A Comparative Analysis of Augmented Reality Frameworks Aimed at the Development of Educational Applications,” *Creative Education*, cilt 8, no. 9, s. 1433-1451, 2017.
- [99] “Daqri,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://daqri.com/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [100] “Augment,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.augment.com/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [101] “Aurasma,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.aurasma.com>. [Erişildi 10 Mart 2019].

- [102] “BlippAR,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.blippar.com/>. [Erişildi 10 Mart 2019].
- [103] “EasyAR,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.easyar.com/>. [Erişildi 10 Mart 2019].
- [104] “Wikipedia,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://en.wikipedia.org/wiki/Junaio>. [Erişildi 10 Mart 2019].
- [105] “Kudan,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.kudan.io/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [106] “Layar,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.layar.com/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [107] “Maxst,” [Çevrimiçi]. Erişim: <http://maxst.com/#/>. [Erişildi 9 Mart 2019].
- [108] “Vuuforia,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.vuforia.com/>. [Erişildi 9 Mart 2019].
- [109] “Wikitude Augmented Reality,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.wikitude.com/>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [110] “Xzimg,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.xzimg.com/Home>. [Erişildi 9 Mart 2019].
- [111] “Unity,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://unity.com/>. [Erişildi 29 Aralık 2018].
- [112] “Augmented Minds,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.augmented-minds.com/en/>. [Erişildi 3 Ocak 2019].
- [113] H. J. Chang, C. S. G. Lee, Y.-H. Lu and Y. C. Hu, “P-SLAM: Simultaneous Localization and Mapping With Environmental Structure Prediction,” *IEEE Transactions on Robotics*, cilt 3, no. 2, s. 281-293, 2007.
- [114] D. Kaleci, T. D. Demirel and İ. Akkuş, “Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı,” in *XVIII. Akademik Bilişim Konferansı*, Aydın, 2016.
- [115] K.-H. Cheng and C.-C. Tsai, “Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for Future Research,” *Journal of Science Education and Technology*, cilt 22, no. 4, s. 449-462, 2013.
- [116] A. Katiyar, K. Kalra and C. Garg, “Marker Based Augmented Reality,” *Advances in Computer Science and Information Technology (ACSIT)*, cilt 2, no. 5, s. 441-445, 2015.

- [117] M. F. Akbaş and C. Güngör, “Artırılmış Gerçeklikte İşaretçi Tabanlı Takip Sistemleri Üzerine Bir Literatür Çalışması ve Tasarlanan Çok Katmanlı İşaretçi Modeli,” *Fen ve Mühendislik Dergisi*, cilt 9, no. 56, s. 599-619, 2017.
- [118] L. Carozza, D. Tingdahl, F. Bosche and L. v. Gool, “Markerless Vision-Based Augmented Reality for Urban Planning,” *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, cilt 29, no. 1, s. 1-16, 2014.
- [119] M. Mine, D. Rose, B. Yang, J. v. Baar and A. Grundhöfer, “Projection-Based Augmented Reality in Disney Theme Parks,” *Computer*, cilt 45, no. 7, s. 42-50, 2012.
- [120] A. Stork, O. Bimber and R. d. Amicis, “Projection-based Augmented Reality in Engineering Applications,” in *Corporate Engineering Research*, Bonn, 2002.
- [121] “Floor Planner,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://floorplanner.com/magicplan>. [Erişildi 25 Mart 2019].
- [122] “Darf Design,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.darfdesign.com/arki.html>. [Erişildi 18 Mart 2019].
- [123] “Google Play Store,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ARNocular.BerlinARTourFree&hl=en>. [Erişildi 10 Mart 2019].
- [124] “British Geological Survey,” [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.bgs.ac.uk/igeology/3d.html>. [Erişildi 6 Mart 2019].
- [125] “iStaging,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.istaging.com/en/>. [Erişildi 9 Mart 2019].
- [126] “Google Play Store,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://play.google.com/store/apps/details?id=de.berlin.reality.augmented.landscapar&hl=en>. [Erişildi 10 Mart 2019].
- [127] “Marshall,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.marshallboya.com/tr>. [Erişildi 11 Mart 2019].
- [128] “Sun Locator,” [Çevrimiçi]. Erişim: <http://www.sunlocator.com/>. [Erişildi 25 Mart 2019].
- [129] M. Baykara, U. Gürtürk, B. Atasoy and İ. Perçin, “Okul Öncesi Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Mobil Öğrenme Sistemi Tasarımı,” in *2nd International Conference on Computer Science and Engineering*, Guilin, 2017.

- [130] Z. Gecü-Parmaksız, “Okul Öncesi Çocuklar İçin Artırılmış Gerçeklik Etkinlikleri: Geometrik Şekilleri Anlamanın Ve Uzamsal Becerileri Geliştirmenin Karşılaştırmalı Analiz,” in *ODTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 2017.
- [131] K. Gül and S. Şahin, “Bilgisayar Donanım Öğretimi için Artırılmış Gerçeklik Materyalinin Geliştirilmesi ve Etkililiğinin İncelenmesi,” *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, cilt 10, no. 4, s. 3533-362, 2017.
- [132] Ü. Tunalı, “Bilgisayar Mühendisliği Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Uygulaması,” in *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans*, Konya, 2015.
- [133] Ç. Erbaş, “Mobil Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrencilerin Akademik Başarı Ve Motivasyonuna Etkisi,” in *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Isparta, 2016.
- [134] E. B. Kırıkkaya and M. Şentürk, “Güneş Sistemi ve Ötesi Ünitesinde Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Kullanılmasının Öğrenci Akademik Başarısına Etkisi,” *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, cilt 26, no. 1, s. 181-189, 2018.
- [135] P. Yıldırım, “Mobil Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi İle Yapılan Fen Öğretiminin Ortaokul Öğrencilerinin Fen Ve Teknolojiye Yönelik Tutumlarına Ve Akademik Başarılarına Etkisi,” in *Fırat Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Elazığ, 2018.
- [136] A. Ateş, “7. Sınıf Fen Ve Teknoloji Dersi “Maddenin Tanecikli Yapısı Ve Saf Maddeler” Konusunda Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri Kullanılarak Oluşturulan Öğrenme Materyalinin Akademik Başarıya Etkisi,” in *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Niğde, 2018.
- [137] M. S. Abdüsselam and H. Karal, “Fizik Öğretiminde Artırılmış Gerçeklik Ortamlarının Öğrenci Akademik Başarısı Üzerine Etkisi: 11. Sınıf Manyetizma Konusu Örneği,” *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, cilt 1, no. 4, s. 170-181, 2012.
- [138] Z. Taçgın, N. Uluçay and E. Özüağ, “Designing and Developing an Augmented Reality Application: A Sample of Chemistry Education,” *JOTCSC Türkiye Kimya Derneği Dergisi, Kısım C: Kimya Eğitimi*, cilt 1, no. 1, s. 147-164, 2016.
- [139] A. Burmabıyık, “Geometrik Cisimlerin Öğretimi İçin Geliştirilen 3 Boyutlu Mobil Uygulamalar Hakkında Öğrenci Ve Öğretmen Görüşleri,” in *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Balıkesir, 2014.

- [140] E. İbili and S. Şahin, "Artırılmış Gerçeklik ile İnteraktif 3D Geometri Kitabı Yazılımın Tasarımı ve Geliştirilmesi: ARGE3D," *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, cilt 13, s. 1-8, 2013.
- [141] A. Taşkıran, E. Koral and A. Bozkurt, "Artırılmış Gerçeklik Uygulamasının Yabancı Dil Öğretiminde Kullanılması," in *Akademik Bilişim*, Eskişehir, 2015.
- [142] D. Çınar and Ö. E. Akgün, "Ders Kitabı Tasarımında Artırılmış Gerçeklik Kullanımı: Bir İngilizce Ders Kitabı Bölümü Örneği," in *SAÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 2017.
- [143] S. Küçük, R. M. Yılmaz and Y. Gökteş, "Augmented Reality for Learning English: Achievement, Attitude and Cognitive Load Levels of Students," *Education and Science*, cilt 39, no. 176, s. 393-404, 2014.
- [144] S. Küçük, S. Kapakin and Y. Gökteş, "Tıp Eğitimi Çoklu Ortam Uygulamalarında Yeni Bir Bakış Açısı: Artırılmış Gerçeklik," *STED Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi*, cilt 24, no. 6, s. 209-215, 2015.
- [145] J. F. Torregrosa, J. Torralba-Estelles, M. Á. J. Rodríguez and S. García, "ARBOOK: Development and Assessment of a Tool Based on Augmented Reality for Anatomy," *Journal of Science Education and Technology*, cilt 24, no. 1, s. 119-124, 2015.
- [146] M. Hanna, I. Ahmed, J. Nine and S. Prajapati, "Augmented Reality Technology Using Microsoft HoloLens in Anatomic Pathology," *Arch. Pathol Lab. Med.*, cilt 142, no. 5, s. 638-644, 2018.
- [147] V. Balak and M. Kisa, "Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Teknik Resim Eğitimi Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması," *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, cilt 2, s. 17-26, 2016.
- [148] S. Çetin, "Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Teknik Resim Dersinde Ortaöğretim Öğrencilerinin Akademik Başarıları, Tutumları ve Uzamsal Görselleştirme Becerilerine Etkisi," in *Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*, Bursa, 2019.
- [149] S. Ö. Yıldırım, "Mimari Tasarım Sürecinin Problematikleri," *Ege Mimarlık*, cilt 3, no. 47, s. 35-47, 2003.
- [150] S. Lökçe, "Mimarlık Eğitim Programları: Mimari Tasarım ve Teknoloji ile Bütünleşme," *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, cilt 17, no. 3, s. 1-16, 2002.

- [151] O. Yüncü, "Research by Design in Architectural Design Education," in *The Graduate School Of Natural and Applied Sciences Of Middle East Technical University, Doktora Tezi*, Ankara, 2008.
- [152] İ. G. Dino, "An Experimental Pedagogy of Concept Development in the Introductory Architectural Design Studio," *Çevrimiçi Journal of Art and Design*, cilt 5, no. 1, s. 1-23, 2017.
- [153] Ç. B. Dikmen, "Mimarlık Eğitiminde Stüdyo Çalışmalarının Önemi: Temel Eğitim Stüdyoları," *e-Journal of New World Sciences Academy Engineering Science*, cilt 6, no. 4, s. 1509-1520, 2011.
- [154] G. Pahl, J. Feldhusen and K. Grote, *Engineering Design*, London: Springer-Verlag London Limited, 2007.
- [155] Ç. C. Türkyılmaz and Ç. Polatoğlu, "Erken Tasarım Evresinde Bilginin Dönüşümü Üzerine Bir Model Önerisi; Yıldız Teknik Üniversitesi Mimari Tasarım 3 Stüdyosunda Bir Deneme," *Megaron*, cilt 2, no. 7, s. 103-115, 2012.
- [156] A. K. Ali, "Re-Defining the Architectural Design Process through Building a DecisionSupport Framework for Design with Reuse," *The International Journal of Sustainability Policy and Practice*, cilt 8, no. 1, s. 1-18, 2013.
- [157] Ç. C. Türkyılmaz, *Mimari Tasarım Eğitiminde Erken Tasarım Evresinde Bilginin Dönüşümünün İrdelenmesi ve Bir Model Önerisi*, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Basılmamış Doktora Tezi, 2010.
- [158] Ö. Kararmaz and A. Ciravoğlu, "Erken Dönem Mimari Tasarım Stüdyolarına Deneyim Tabanlı Yaklaşımların Bütünleştirilmesi Üzerine Bir Araştırma," *Megaron*, cilt 12, no. 3, s. 409-419, 2017.
- [159] A. Işık, "Mobil Aygıt Arayüzlerinin Evrimi," *İdil Sanat ve Dil Dergisi*, cilt 5, no. 25, s. 1577-1591, 2016.
- [160] R. Chen and X. Wang, "An Empirical Study on Tangible Augmented Reality Learning Space for Design Skill Transfer," *Tsinghua Science and Technology*, cilt 13, no. 1, s. 13-18, 2008.
- [161] A. S. Riera, E. R. Dominguez and D. F. Escudero, "Developing an Augmented Reality Application in the Framework of Architecture Degree," in *ACM Workshop on User Experience in E-learning and Augmented Technologies in Education*, Nara, 2012.

- [162] T. Chandrasekera, "Using Augmented Reality Prototypes in Design Education," *Design and Technology Education: An International Journal*, cilt 19, no. 3, s. 33-42, 2014.
- [163] J. Markusiewicz and J. Słyk, "From Shaping to Information Modeling in Architectural Education: Implementation of Augmented Reality Technology in Computer Aided Modeling," in *Proceedings of the 33rd eCAADe Conference*, Vienna, 2015.
- [164] A. S. Riera, E. Redondo and D. Fonseca, "Geolocated Teaching Using Handheld Augmented Reality: Good Practices to Improve The Motivation and Qualificationsof Architecture Students," *Universal Access in the Information Society*, cilt 14, no. 3, s. 363-374, 2015.
- [165] J. Milovanovic, D. Siret, G. Moreau and F. Miguët, "Enhancing Design Representational Environment to Support Design Learning in the Studios," in *13th Biennial International Conference of the European Architectural Envisioning Association*, Glasgow, 2015.
- [166] F. Akdağ, "Artırılmış Gerçekliğin Mimarlık Eğitiminde Bir İfade Aracı Olarak Kullanımının Değerlendirilmesi," in *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, Kayseri, 2017.
- [167] Y. Erbil, "Mimarlık Eğitiminde Yaşayarak/ Yapararak Öğrenme," *e-Journal of New World Sciences Academy*, cilt 3, no. 3, s. 579-587, 2008.
- [168] "Developers," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developer.android.com/studio/intro>. [Erişildi 2 Şubat 2019].
- [169] "Wikipedia," [Çevrimiçi]. Erişim: https://tr.wikipedia.org/wiki/Android_Studio. [Erişildi 17 Şubat 2019].
- [170] "Developers," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developer.android.com/guide/topics/ui/look-and-feel>. [Erişildi 31 Mart 2019].
- [171] "Dark Sky API," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://darksky.net/dev/docs>. [Erişildi 3 Şubat 2019].
- [172] "GitHub Inc.," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://github.com/arbilkilani>. [Erişildi 10 Şubat 2019].
- [173] "GitHub, Inc.," [Çevrimiçi]. Erişim: <https://github.com/PhilJay/MPAndroidChart> . [Erişildi 1 Nisan 2019].

- [174] “Developers,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developer.android.com/reference/android/media/MediaRecorder>. [Erişildi 1 Şubat 2019].
- [175] “GitHub, Inc.,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://github.com/tvbarthel/CameraColorPicker>. [Erişildi 10 Şubat 2019].
- [176] “Developers,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://developers.google.com/maps/documentation/android-sdk/intro>. [Erişildi 21 Ocak 2019].
- [177] “Sunrise Sunset,” [Çevrimiçi]. Erişim: <https://sunrise-sunset.org/api>. [Erişildi 4 Nisan 2019].



Tezden Üretilmiş Yayınlar

İletişim Bilgisi: kubra.gulbaharozmen@gmail.com

Konferans Bildirileri

1. K. Gülbahar ve T. Tong, “Mimarlık Eğitiminde Erken Tasarım Evresinde Fiziksel Modelin Artırılmış Çevre İçinde Yorumlanması”, *4th International European Conference on Science, Art and Culture (ECSAC)*, Antalya, 2019.

