

**T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MİMARİ ÖN TASARIM SÜRECİNDE ESKİZLERİ GERÇEK ZAMANLI
3B MODELLEYEN, ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK DESTEKLİ
BİR YAZILIM DENEMESİ: “SKETCHAR”**

ERDEM KÖYMEN

**DOKTORA TEZİ
MİMARLIK ANABİLİM DALI
BİLGİSAYAR ORTAMINDA MİMARLIK PROGRAMI**

**DANIŞMAN
YRD. DOÇ. DR. TOGAN TONG**

İSTANBUL, 2014

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**MİMARİ ÖN TASARIM SÜRECİNDE ESKİZLERİ GERÇEK ZAMANLI
3B MODELLEYEN, ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK DESTEKLİ
BİR YAZILIM DENEMESİ: “SKETCHAR”**

Erdem KÖYMEN tarafından hazırlanan tez çalışması 24.10.2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mimarlık Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Yrd. Doç. Dr. Togan TONG
Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Togan TONG
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Sinan Mert ŞENER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Meryem Birgül ÇOLAKOĞLU
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Meral ERDOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Yüksel DEMİR
İstanbul Teknik Üniversitesi

ÖNSÖZ

Geleceğin önemli bir yazılım teknolojisi olacağı öngörülen Arttırılmış Gerçekliğin mimarlık alanına yapabileceği katkıyı inceleyen, mimari tasarımın standart süreçlerini zenginleyen ve mimari ön tasarıma yönelmiş orijinal bir yazılımla (**SketchAR**) sonuçlanan bu çalışmanın, temas edilen alanlarda önemli gelişmelere ve yeni fikir ve yöntemlere kapı açabileceğini düşünmekteyim.

Bu önsöz aracılığıyla öncelikle, tüm yüksek lisans ve doktora sürecimde her an yanımda olup güven, destek ve bilgisini benden esirgemeyen danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Togan Tong'a, özellikle akademik ve kişisel gelişimim üzerindeki emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Sonrasında, tez jürilerimde bulunan Sayın Prof. Dr. Sinan Mert Şener, Sayın Doç. Dr. Meryem Birgül Çolakoğlu, Sayın Doç. Dr. Meral Erdoğan ve Sayın Doç. Dr. Yüksel Demir'e değerli fikirleriyle tezimi yönlendirdiklerinden dolayı teşekkür ederim.

Bu satırlar arasında bir teşekkürü bile beklemeden dört yıla yakın süren yazılım desteği ve heyecanıma olan tahammülünden dolayı, kıymetli dostum Bilgisayar Mühendisi Fatih Tolga Ata'ya ve sabrından dolayı onun kıymetli eşine; yine yazılım desteğinden dolayı kıymetli dostum Bilgisayar Mühendisi Arif Aktaş'a; tüm kıymetli büyüklerime ve çalışma arkadaşlarıma; hiç esirgemediklerini bildiğim dua ve desteklerinden dolayı her iki aileme; Her ne yaparsam yapayım yalnız olmadığımı bana her an hissettirdiğinden dolayı kıymetli kardeşim Erkam Köymen'e; hayatımızın birleştiği andan beri gösterdiği sonsuz sabrı, hoşgörüsü, sevgisi ve desteğinden ötürü çok kıymetli eşim sevgili Betül'e; onlara harcamam gereken vakti arada çaldığım için özürlerimle birlikte sevgili oğullarım Emin ve Salih'e; ve burada adını sayamadığım tüm kıymetli dostlarıma teşekkür ederim.

Altı yılı bulan bu doktora tezimi; hayatının elli yılını inşaatlarda usta olarak geçirmiş, eğitimimde ve gelişimimde emeği çok büyük olan ve mezuniyetime birkaç gün kala aramızdan ayrılarak çok istediği halde mimar olduğumu göremeyen sevgili dedem İsmail Köymen'e; yine çocukluğumdan beri üzerimde emeği çok büyük olan sevgili babaannem Nezihe Köymen'e; ileride beni hep hayır ve sevgiyle yâd etmelerini umduğum sevgili oğullarım Emin ve Salih'e; ve tabi ki bu çalışmaya en az benim kadar emeği geçen sevgili eşim Betül'e ithaf ediyorum.

Eylül, 2014

Erdem KÖYMEN

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ.....	vi
ŞEKİL LİSTESİ.....	vii
ÇİZELGE LİSTESİ	xii
ÖZET	xiii
ABSTRACT.....	xvi
BÖLÜM 1	
GİRİŞ.....	1
1.1 Literatür Özeti	1
1.2 Tezin Amacı	3
1.3 Hipotez	4
1.4 Orijinal Katkı.....	4
BÖLÜM 2	
ARTTIRILMIŞ GERÇEKLIK	6
2.1 Temel Kavramlar	6
2.2 Arttırılmış Gerçekliğin Tarihi Gelişimi	13
2.3 AG'nin Uygulama Alanları	20
2.4 Arttırılmış Gerçekliğin Teknolojik Bileşenleri.....	40
2.4.1 İşaretçi (Marker)	40
2.4.2 Arttırılmış Gerçekliğin Yazılımsal Bileşenleri	43
2.4.3 Arttırılmış Gerçekliğin Donanımsal Bileşenleri	46
BÖLÜM 3	
MİMARLIKTA ARTTIRILMIŞ GERÇEKLIK	51
3.1 Mimari Tasarım Süreçleri.....	51
3.2 Mimarlık ve Arttırılmış Gerçeklik	61
3.3 Mimari AG Uygulama Örnekleri.....	65
3.3.1 Mimari Görselleştirme ve Sunum Uygulamaları	65
3.3.2 Mimari Konum Tabanlı Bilgi Sistemi Uygulamaları	68
3.3.3 Mimari Tasarım Uygulamaları	70
3.3.4 Mimari Eğitim Uygulamaları	72

BÖLÜM 4

MİMARİ ÖN TASARIMA YÖNELİK BİR AG YAZILIMI: “SketchAR”	76
4.1 Motivasyon	76
4.1.1 Mimari Ön Tasarım Süreci	76
4.1.2 3B Mimari Modelleme Süreçleri.....	79
4.1.3 Mimari AG örnekleri üzerine yapılan gözlemler.....	82
4.1.4 Yazılımın Çıkış Noktaları.....	83
4.2 Yazılımın Geliştirilmesi	84
4.2.1 Adobe Flash AS3.0 ile Geliştirilen Birinci Yazılım.....	84
4.2.2 “DirectX” ve “.Net” ortamlarında geliştirilen İkinci Yazılım	97
4.3 Yazılımın Arayüzü	104
4.4 Yazılımın İşleyişi (Kullanım Seneryosu)	112
4.5 Yazılımın Kullanıcı Analizi	121

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER	140
KAYNAKLAR.....	143
EK-1	
SAMUEL ASHER RIVELLO’YA AİT “AUGMENTED REALITY 1.0” İSİMLİ AG UYGULAMASININ KODLARI.....	156
EK-2	
GELİŞTİRİLEN YAZILIMIN (SketchAR), PROGRAM DÖNGÜSÜ VE DUVAR ÇİZİMİNİ GERÇEKLEYEN KODLARINDAN BİR KISMI	160
EK-3	
2007-2013 YILLARI ARASI HYPE-CYCLE GRAFİKLERİ.....	166
EK-4	
SketchAR’IN ÇALIŞMASINDAN ÇEŞİTLİ ÖRNEKLER.....	170
EK-5	
YAZILIM DEĞERLENDİRME ANKET FORMU.....	184
ÖZGEÇMİŞ	187

KISALTMA LİSTESİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
AG	Arttırılmış Gerçeklik
BDT	Bilgisayar Destekli Tasarım
CAD	Computer Aided Design (Bilgisayar Destekli Tasarım)
FPS	Frame Per Second (Saniyede gösterilen kare sayısı)
SG	Sanal Gerçeklik

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2. 1 Sanal Gerçeklik ortam ve ekipmanlarından çeşitli görseller	8
Şekil 2. 2 Çeşitli Arttırılmış Gerçek uygulamalarından görseller	9
Şekil 2. 3 Arttırılmış Gerçeklik sisteminin işeyişi	9
Şekil 2. 4 “Who Framed Roger Rabbit” (1988)'den bir kare	10
Şekil 2. 5 Milgram Şeması	10
Şekil 2. 6 Arttırılmış Gerçeklik ortamına GPS vb. verilerin aktarımı	11
Şekil 2. 7 2007 yılına ait Hype-Cycle Grafiği.....	12
Şekil 2. 8 2013 yılına ait Hype-Cycle Grafiği.....	13
Şekil 2. 9 Sensorama’dan görünüm ve tekniğin çizimleri.....	14
Şekil 2. 10 Prof. Dr. Ivan Sutherland ve HMD cihazı	14
Şekil 2. 11 Virtual Fixtures AG Sistemi	15
Şekil 2. 12 Raskar ve arkadaşlarının yaptığı SAR denemesi (Dijital Projeksiyon).....	17
Şekil 2. 13 ARQuake	18
Şekil 2. 14 “Augmented Reality Glasses” (Google) ve “Space Glasses” (Meta).....	19
Şekil 2. 15 Panagiotis RITSOS ve arkadaşları tarafından geliştirilen projeden görüntüler	20
Şekil 2. 16 Junaio ile arkeoloji alanına özel olarak geliştirilmiş ufak çaplı bir mobil AG örneği (IPAD).....	21
Şekil 2. 17 EyeWritter	22
Şekil 2. 18 Sergileme amacıyla “Augment” tarafından geliştirilmiş AG uygulamasından görüntüler	22
Şekil 2. 19 “Dentsu London” ve “BERG”ün “Suwappu” isimli plastik oyuncak koleksiyonunun AG versiyonu	23
Şekil 2. 20 J. LAVIOLE ve M. HACHET tarafından fiziksel çizim/boyama için tasarlanmış AG uygulaması	23
Şekil 2. 21 “Lego” firmasının AG uygulaması	24
Şekil 2. 22 “Tissot” ve “Ray-Ban” firmalarının AG uygulamaları.....	25
Şekil 2. 23 “Construct 3D”den görüntüler	26
Şekil 2. 24 “Canlı Kitap”tan görüntüler	27
Şekil 2. 25 “Nestor” isimli AG uygulamasından görüntüler	27
Şekil 2. 26 “LearnAR”dan görüntüler	28
Şekil 2. 27 Arthur J. Olson ve hücreler arası etkileşime ilişkin yaptığı AG destekli çalışmalarından görüntüler.....	28
Şekil 2. 28 3B uzaysal yetilerin geliştirmesini amaçlayan AG uygulaması	29

Şekil 2. 29 ARMAR'dan görüntüler	29
Şekil 2. 30 Pranav Mistry ve "SixthSense"	30
Şekil 2. 31 Motions Solution (Arcane Technologies)	32
Şekil 2. 32 Optik takip aygıtları	32
Şekil 2. 33 AG'in medikal alanda kullanımı	33
Şekil 2. 34 AG'in askeri alanda kullanımını gösteren bir ilustrasyon	35
Şekil 2. 35 "Route 66"nın "Follow me" isimli uygulaması	36
Şekil 2. 36 "ARnav POI Browser"dan görüntüler	36
Şekil 2. 37 "EYEPLY" in AG uygulaması	37
Şekil 2. 38 "Robocop", "Minority Report" ve "Iron Man"den görüntüleri	38
Şekil 2. 39 Basılı marker örnekleri.....	41
Şekil 2. 40 İşaretçisiz (Markerless) örnekleri	42
Şekil 2. 41 Head/Helmet Mounted Display (HMD) ve uygulaması	47
Şekil 2. 42 Biyonik Kontak Lens ve Sanal Retina ekran	48
Şekil 2. 43 Webcam.....	49
Şekil 3. 1 Tasarımın modelinin kâğıt üzerinde yapıldığı durumun diyagramı.....	52
Şekil 3. 2 Linner Tip tasarım süreci şeması.	53
Şekil 3. 3 Doğrusal (linner) geri belemeli tip tasarım süreci şeması.	54
Şekil 3. 4 Parçalı (bölümlmeli) tip tasarım süreci şeması.....	54
Şekil 3. 5 Paralel tip tasarım süreci şeması.	55
Şekil 3. 6 Merkezi tip tasarım süreci şeması.	55
Şekil 3. 7 Alternatif (Dinamik) tip tasarım süreci şeması.	56
Şekil 3. 8 Döngü tipi tasarım süreci şeması.....	56
Şekil 3. 9 Sorgulayıcı tip tasarım süreci şeması.....	57
Şekil 3. 10 Grup tipi tasarım süreci şeması.	57
Şekil 3. 11 Kişisel ve organizasyonel tasarım süreçleri şeması.	58
Şekil 3. 12 Üretim-tasarım döngüsü. [204]	59
Şekil 3. 13 Dzmitry Aliakseyeu'ya ait, Arttırılmış Gerçeklikle desteklenmiş bir mimari tasarım süreç önerisinin şeması. [207]	60
Şekil 3. 14 "CAVE" ve "BOOM"dan örnek görseller	61
Şekil 3. 15 Günümüzün mobil cihazları ve bir giyilebilir bilgisayar örneği.....	62
Şekil 3. 16 Parametrik tasarımla ilgili öğrenci çalıştaylarından fotoğraflar	63
Şekil 3. 17 Bir SketchUp modeli ve bu modelin ArMedia Plug'i ile AG ortamına aktarılmış görüntüsü	65
Şekil 3. 18 "Augment"ın Ipad mobil uygulamasından görüntüler	66
Şekil 3. 19 "Indoor Modeling and Tracking for Augmented Reality" isimli çalışmadan görüntüler	67
Şekil 3. 20 "Haslerhaus GmbH. & Co KG" için geliştirilen uygulama	67
Şekil 3. 21 "Junaio" ve "Layar"dan görüntüler	68
Şekil 3. 22 "Bitsketch"ın "Junaio" alt yapısını kullanarak geliştirdiği AG uygulamasından görüntüler	69
Şekil 3. 23 ARWorks arayüzünden ve uygulamalarından görünümeler	70
Şekil 3. 24 "Sketchhandplus"dan görüntüler	70
Şekil 3. 25 Hirokazu Kato tarafından geliştirilen AG uygulaması.	71
Şekil 3. 26 "Arttırılmış Gerçeklik Destekli bir Mimarlık Eğitim Modeli" isimli uygulamadan çeşitli görüntüler	72

Şekil 3. 27 “Arttırılmış Gerçeklik Ortamının Mimari Ön Tasarımda Kullanımına Dair Bir Uygulama: AG Ortamında Çoklu Model” isimli çalışmadan görüntüler: Parametrik bir kabuk nesnenin AG ortamına aktarılması (1. Versiyon)	73
Şekil 3. 28 Yine aynı araştırmanın ikinci versiyonundan görüntüler: Çeşitli 3B modellerinin ve parametrik nesnelerin AG ortamına çoklu olarak aktarılması	74
Şekil 4. 1 “Eskiz tasarım aşaması”nın diyagramı.	77
Şekil 4. 2 “Erken tasarım aşaması”nın diyagramı.	77
Şekil 4. 3 “Mimarlıkta ön tasarım”ı, genel tasarım süreci içinde işaretleyen şema.	78
Şekil 4. 4 “Ölçme” ile eskizden 3B modellemenin akış şeması.	79
Şekil 4. 5 “Tarama” ile eskizden 3B modellemenin akış şeması.	81
Şekil 4. 6 Samuel Asher Rivello’nun AG uygulamasından görüntüler	84
Şekil 4. 7 Augmented Reality 1.0 (Samuel Asher Rivello)’ın akış şeması.....	85
Şekil 4. 8 Getpixel ile kurulması denenen koordinat tespitinin algoritması	86
Şekil 4. 9 “Blob Detector”ün Rivello’nun uygulamasına eklenmesinin şeması	88
Şekil 4. 10 “Sobel Edge Detector” (ortada) ve “Canny Edge Detector”ün (sağda) çıkıtısı	89
Şekil 4. 11 İncelenenler arasından Canny Edge Detector’le sonuçlanan çizgi belirleme algoritmalarının diyagramı.....	89
Şekil 4. 12 “3D projection” metodunun gösteren şema	90
Şekil 4. 13 “Unprojection” metodunun işleme prensibini gösteren şema	90
Şekil 4. 14 “Unprojection” metodunun temel işleyişini gösteren algoritma	91
Şekil 4. 15 “Canny Edge Detection”a geçişte “Unprojection metodu”, “çoklu marker sistemi” ve “extrude” fonksiyonlarının birlikte kurgulandığı ilk algoritma diyagramı ...	92
Şekil 4. 16 “Marching Squares” algoritmasının çalışma şekli	93
Şekil 4. 17 “PoTrace” ile şekillerin belirlenmesi.....	93
Şekil 4. 18 “Marching Squares” (solda) ve “PoTrace” (sağda) algoritmalarını kullanılarak belirlenen noktaların çizgilere dönüştürülmesi işlemin gösteren akış şemaları.....	94
Şekil 4. 19 Canny Edge Detector’dan alınan bitmap’in bitonal’e dönüştürülmesi	95
Şekil 4. 20 “Unprojection” ile elde edilen 3B noktalara dikdörtgen blokların eklenmesiyle duvar oluşturulması	95
Şekil 4. 21 Belirli bir genişlik ile iki nokta arasında bir dikdörtgen çizilmesi	96
Şekil 4. 22 “FlarToolkit” AR Kütüphanesindeki “unprojection” hatasının sonucu.....	97
Şekil 4. 23 Uygulamanın çerçevesini gösteren akış diyagramı	98
Şekil 4. 24 Uygulama döngüsünün akış diyagramı.....	100
Şekil 4. 25 Duvarın çizilmesinin akış diyagramı.....	102
Şekil 4. 26 Diğer 3B modellerin sahneye eklenmesini, gösteren akış diyagramı.....	103
Şekil 4. 27 Kamera seçim arayüzü.....	104
Şekil 4. 28 “Ayarlar” arayüzü.....	105
Şekil 4. 29 “Wall” bileşeni	105
Şekil 4. 30 “PoTrace” bileşeni	106
Şekil 4. 31 “Color Filter” bileşeni.....	107
Şekil 4. 32 “Apply Median” bileşeni.....	108
Şekil 4. 33 “Marker System” bileşeni	108
Şekil 4. 34 “Markers” ve “Marker Setting” bileşenleri	109
Şekil 4. 35 “Import Settings” ve “Export Settings” bileşenleri.....	110

Şekil 4. 37 Uygulamanın işleyişini gösteren ideal ön akış diyagramı	112
Şekil 4. 38 “Marker”ların hazırlanması	113
Şekil 4. 39 Kameranin seçimi	113
Şekil 4. 40 Zemin “marker”ının atanması	114
Şekil 4. 41 Zemin düzlemine karalamanın yapılması ve belirginleştirilmesi.....	114
Şekil 4. 42 Kamera zemin “marker”ını gördükten sonra sistemin karalamaları gerçek zamanlı olarak 3B’ye çevirmesi.....	115
Şekil 4. 43 Kamera hareketi ile birlikte plan içinde gezinme	116
Şekil 4. 44 Sisteme eklenen yeni bir “marker” ile bir kapı nesnesinin duvara iliştirilmesi.....	117
Şekil 4. 45 Tefriş elemanlarının sahneye eklenmesi	118
Şekil 4. 46 “Marker”ların farklı yerleşimiyle elde edilen alternatif tefriş dizilimleri	118
Şekil 4. 47 SketchAR’ın çalışmasından çeşitli örnekler	120
Şekil 4. 48 Kullanıcı analiz sürecini göstere akış diyagramı	121
Şekil 4. 49 Anket uygulamasından görüntüler (Boş A4 beyaz kağıda eskizin çizilmesi) 122	
Şekil 4. 50 Anket uygulamasından görüntüler (Çizilen eskizin yazılımla kullanımı)	122
Şekil 4. 51 Anket uygulamasından görüntüler (Yazılımın kullanımından sonra öğrencilere anketin uygulanması)	123
Şekil 4. 52 Yapılan anket çalışmasının okullara göre dağılımı.....	124
Şekil 4. 53 Yapılan anket çalışmasının sınıflara göre dağılımı	125
Şekil 4. 54 Birinci sorudaki önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.	126
Şekil 4. 55 Birinci soruya verilen cevapların sınıflara göre çaprazlanması.	126
Şekil 4. 56 “Planın, yazılımı kullanmadan önceki zihnimde oluşan tahmini 3B görüntüsü ile yazılımın ürettiği gerçek 3B görüntüsü birbirinden farklıdır.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.....	127
Şekil 4. 57 İkinci soruya verilen cevapların sınıflara göre çaprazlanması.	128
Şekil 4. 58 “Yazılımın ürettiği 3B görüntüyü incelediğim de, tasarladığım planda tadilat yapma fikri uyandı.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.	128
Şekil 4. 59 Üçüncü soruya verilen cevapların sınıflara göre çaprazlanması.	129
Şekil 4. 60 “Eskizi 3B modele dönüştürme işlemi, standart modelleme programlarıyla çok daha uzun sürerdi.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimleri.....	130
Şekil 4. 61 “Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta yeterince hızlı çalışmaktadır.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.	131
Şekil 4. 62 “Yazılım, tefriş elemanlarını ortama eklemede başarılıdır.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimleri.	131
Şekil 4. 63 “Arttırılmış Gerçeklik, bu çeşit bir mimari uygulama için uygun bir ortamdır.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.	132
Şekil 4. 64 “Yazılım, mimarlık eğitimine katlı sağlayabilir.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.....	133
Şekil 4. 65 “Yazılım, aktif mimarlıkta kullanılabilir.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.	133
Şekil 4. 66 “10. Denediğiniz yazılımı, mimarlık dünyasına yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.....	134
Şekil 4. 67 “4.1.1 Mimari Ön Tasarım Süreci” başlığı altında detaylandırılan; “Eskizden tarama” ve “Eskizden ölçme” yöntemleriyle 2B eskizlerin 3B’ye dönüşümün gösteren “Mimari standart ön tasarım süreci”	137

Şekil 4. 68 Tez kapsamında geliştirilen “SketchAR” yazılımıyla 2B eskizlerin 3B’ye gerçekzamanlı dönüşümünü gösteren “AG destekli mimari ön tasarım süreci”.	137
Şekil 4. 69 SketchAR’ın “Geleneksel tasarım” ve BDT’la arasındaki pozisyonunu öneren deneysel şema.	138

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2. 1 Açık kaynak kodlu yazılımlar	44
Çizelge 2. 2 Tescilli AG İçerik Yönetim Sistemleri	44
Çizelge 2. 3 AG Geliştirici Araçları [180], [181]	45

**MİMARİ ÖN TASARIM SÜRECİNDE ESKİZLERİ GERÇEK ZAMANLI
3B MODELLEYEN, ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK DESTEKLİ
BİR YAZILIM DENEMESİ: “SketchAR”**

Erdem KÖYMEN

Mimarlık Anabilim Dalı

Doktora Tezi

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Togan TONG

Bilindiği üzere üç boyutlu düşünme, zamanla kazanılan veya geliştirilen bir yetidir. Özellikle mimarlık gibi üçüncü boyutun oldukça önemli olduğu bir bilim dalında, bu yetinin olabildiğince erken kazanılması arzu edilmektedir.

Mimarlık tarihine bakıldığında, perspektif çizimlerden maketlere çeşitli 3B tekniklerinin geliştirilmesi ve halen de geliştiriliyor olması, mimarlıkta üçüncü boyutun önemini ortaya koyar. Öyle ki günümüz araştırmacıları, yazılımsal ve donanımsal teknolojiyi sonuna kadar kullanıp Sanal Gerçeklik, CAVE, BOOM gibi teknik ve dijital yöntemler geliştirmekte ve mimarlıktaki üç boyutlu düşünmeyi güçlendirmeye çalışmaktadırlar.

Arttırılmış Gerçeklik ise bu gelişmelerin bir uzantısı olarak karşımıza çıkmakta önem, pazar payı, etki alanını ve potansiyelini günden güne arttırmaktadır. Google, Canon gibi büyük firmaların yazılımsal ve donanımsal açıdan yaptığı yatırımlara bakarak gelecekte AG'in daha da yaygınlaşacağı şimdiden tahmin edilebilir.

Mimarlıkta üç boyutlu görebilme veya düşünebilme, özellikle mimarlık ilk sınıflarda aşılmaya çalışılan önemli bir eğitim problemidir. Bu tez kapsamında AG'in yazılım teknolojisi incelenmiş, bu problemlere AG'in dijital ve modern bir çözüm sunabileceği

hipotezi ortaya atılmıştır. Sonrasında, Bilgisayar Mühendisi Fatih Tolga Ata'dan alınan yazılım desteği ile interdisipliner nitelikli bir AG yazılımı geliştirilmiştir.

SketchAR ismini verdiğimiz bu yazılım özetle, kullanıcının herhangi bir kâğıt düzlemine yaptığı karalamayı yani eskizindeki çizgileri, kamera ile algılamakta ve bu çizgileri, AG ortamında, gerçek zamanlı olarak, 3B duvar nesnelere dönüştürmektedir. Bunun yanında yazılım, 3B duvar nesnelerinin arasına kapı, pencere, masa, sandalye gibi istenilen tefriş elemanlarını da yine gerçek zamanlı olarak, sınırsız sayıda ekleyebilmektedir.

Geliştirilen bu yazılımla, mimarlıkta üç boyutlu düşünme yetisine katkının yanında mimari ön tasarım aşamasının da zenginleştirilmesi hedeflenmiştir. Yani mimari ön tasarımda ilk kıvılcımın parlaması, ilk fikirlerin geliştirilmesi için yazılımın katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Yukarıdakilere ek olarak bu çalışmada, mimari tasarım süreçlerini AG'le birlikte zenginleştirmek de hedeflenmiştir. **SketchAR** ile birlikte çalışma, AG destekli yeni ve modern bir mimari tasarım süreç önerisi ile sonlanmıştır.

Çalışmanın 1. bölümünde; Arttırılmış Gerçekliğin, dijital yazılım teknolojileri içindeki yerini belirlemek adına; “Simülasyon” ve “Sanal gerçeklik” kavramları incelenmiş ve sonrasında AG hakkında -Sanal Gerçeklikle karşılaştırmalı olarak- çeşitli tanımlamalar yapılmıştır. Arkasından AG'in 1900'lü yıllara dayanan tarihi serüveni üç döneme ayrılarak incelenmiş ve arkeolojiden eğlence sektörüne uzanan birçok alandaki AG örnekleri çalışmaya veri ve alt yapı oluşturma açısından incelenmiştir.

Çalışmanın 2. bölümünde; AG'in yazılım ve donanıma temas eden bileşenleri üç alt başlığa ayrılarak incelenmiştir. Bu inceleme ile tez kapsamında geliştirilen yazılımın teknik alt yapısının kurulmasına ve yazılımda kullanılacak yöntemin belirlenmesine katkı sağlanmıştır.

Çalışmanın 3. Bölümünde; Mimarlık ve AG, önceki bölümlerden de desteklenerek, birbiri ile ilişkilendirilmiştir. Bu konuda öncelikle “mimari tasarım süreçleri”, şemalar eşliğinde sınıflandırılarak ortaya koyulmuştur. Sonrasında mimarlık dünyasına temas eden AG örnekleri dört başlıkta toparlanmış ve bulunan örnekler bu başlıklar altında incelenmiştir.

Çalışmanın 4. bölümünde; önceki bölümlerde yapılan AG örnek incelemelerinden elde edilen teknik ve kuramsal alt yapı üzerine, tezin amaçlarına ve hipotezini doğrulamaya yönelik **SketchAR** ve bu yazılımın geliştirme süreci açıklanmıştır.

Bu bölümde öncelikle tez kapsamında geliştirilen yazılımının motivasyonu olarak “mimari ön tasarım”, “çizim” ve “eskiz” gibi konularla yazılımın hedefleri, potansiyel etki alanı ve çıkış noktaları ortaya koyulmuştur.

Sonrasında “Yazılımın Geliştirilmesi” konusuna geçilmiş ve **SketchAR**'ın teknik yönü akış diyagramlarıyla beslenip, aşamalı olarak açıklanmıştır. Hemen arkasından, **SketchAR**'ın arayüzü ve işleyişi, yani kullanım senaryosu, yine akış diyagramları eşliğinde açıklanmıştır.

Bu bölümde en son olarak; iki farklı üniversitede, farklı sınıflardan, toplamda 50 öğrenci üzerinde **SketchAR**'ın denenmesi ve sonrasında tecrübe ettikleri bu yazılımla ilgili

öğrencilere uygulanan anket çalışması hakkında ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Ardından anket sonuçları tablolarla görselleştirilmiş ve analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın 5. bölümünde; tezin genel sonuç ve öngörülleri açıklanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Arttırılmış gerçeklik, Mimari tasarım, Mimarlık eğitimi, Mimari Tasarım süreçleri, SketchAR.

ABSTRACT

AN AUGMENTED REALITY SUPPORTED SOFTWARE TRIAL FOR REAL-TIME 3D MODELING OF SKETCHES IN ARCHITECTURAL PRELIMINARY DESIGN PROCESS: “SketchAR”

Erdem KÖYMEN

Department of Architecture

Ph.D Thesis

Adviser: Assist. Prof. Dr. Togan TONG

As is known, three dimensional thinking is an ability which is acquired or improved over time. Especially in architectural science where three dimension holds substantial importance, it is desired to acquire this ability as fast as possible.

When looking at the history of architectural science, the improving of various 3D techniques from perspective drawings to models and those techniques still being improved to this day show the importance of three dimension in architectural science. Such that, today's researchers are developing techniques like Virtual Reality, Cave, Boom using the software and hardware technologies to the limit and working on strengthening the three dimensional thinking in architectural sciences.

Augmented Reality however comes out as an extent of these advancements and day by day raises its importance, market share, domain and potential. When looking at the investments made in software and hardware by big corporations such as Google and Canon, it can be concluded that the AR (Augmented Reality) is promising to become more and more common in the future.

Being able to think and see three dimensionally in architectural science is an important problem which is being tried hard to overcome, especially in the first years of

architectural education. In the scope of this thesis, AR's software technology is explored and the hypothesis of AR's digital and modern solution to these problems are suggested. Later on, an AR software featuring interdisciplinary aspects was developed with the programming aid of Computer Engineer Fatih Tolga.

The software we named SketchAR, in brief, detects the user's drawing on any paper level, meaning the lines on the sketch, using a camera and transforms these lines on AR software platform into 3D wall objects in real time. In addition to this, the software can also add an unlimited amount of furnishing elements such as doors, windows, desks, chairs between 3D wall objects in real time.

By developing this software, along with the contribution to three dimensional thinking in architectural sciences, it is also aimed to enrich the Architectural Pre-Designing Stage. In other words, it is thought that this software will be an addition to the first sparkles and the improvements of those first thoughts in Architectural Pre-Designing stage.

In addition to the above mentioned, with this study, the enrichment of architectural processes by using AR is also aimed. Working with SketchAR is concluded with a new and modern suggestion of Architectural Designing Process aided by AR.

At the first stage of this study; in order to put Augmented Reality in its place among the digital software technologies; "Simulation" and "Virtual Reality" notions are examined and after that, comparing with Virtual Reality, various definitions are given about AR. Later on AR's historical adventure reaching 1900's are examined by separating it in three periods and in order to provide data and form a foundation, many AR examples used in various sectors ranging from archeology to entertainment industry are examined.

At the second stage of this study; AR's software and hardware components are examined in three separated sub topics. This examination contributes to the installment of the technical infrastructure and determining which method to use in the making of this software developed within the scope of this thesis.

At the third stage of this study; Architectural Science and AR are linked together with the aid of aforementioned stages. In this matter, "Architectural Designing Processes" are primarily put forward while categorizing them with diagrams. Later on remarkable AR examples from the world of architecture are put together and examined under four topics.

At the fourth stage of this study; with the technical and hypothetical infrastructure obtained by the examination of AR examples from other stages, the making process of SketchAR software which aims the goals of this thesis and to prove its hypothesis is explained.

In this stage, primarily the goals, the potential domain and the starting points of the software developed in the scope of this thesis are explained with the motivating factors such as "Architectural Pre-Designing", "Drawing" and "Sketching".

Later on the subject of "The Development of The Software" is put forward and the technical aspect of SketchAR is supported with flow diagrams and explained gradually. Right after this SketchAR's interface and the way it works, in other words the user's manual, are again explained with flow diagrams.

Lastly in this section; a survey study of SketchAR's testing is carried out on two different universities, consisting a total of 50 students from different classes and detailed results on how the survey is applied and how the students experienced the software are given. The survey results are visualized with charts and analyzed after.

At the fifth stage of this study; general results of the thesis and anticipations are explained.

Keywords: Augmented reality, Architectural design, Architectural Education, Architectural Design Process, SketchAR.

1.1 Literatür Özeti

Sanal Gerçeklik kullanıcıyı tamamıyla sentetik bir ortam içinde derinleştirirken Arttırılmış Gerçeklik ise kullanıcının gerçek dünyayı sanal objelerle zenginleştirilmiş olarak görmesine izin verir. Klepper [1] bu özelliğiyle AG’i; **“Gerçekliği tamamen değiştirmek yerine gerçekliğe eklemeler yapar”** şeklinde betimlemiştir.

Azuma AG’in temel karakteristiğini, **“Gerçek ve sanallığı birleştirmek”, “Gerçek zamanlı etkileşim”** ve **“3B’ye kayıtlı olması”** şeklinde, üç madde altında ortaya koyar. [2] Roland Azuma’nın makalelerindeki AG üzerine tespitleri ve çalışmaları, bu alan ya da yakın alanlarda yapılan neredeyse tüm araştırmalara literatür olmuştur.

Bunun yanında **“Paul Milgram”** ve **“Fumio Kishino”** tarafından ortaya atılan ve şemalaştırılan **“Karma Gerçeklik”** (Mixed Reality) kavramı, AG araştırmalarını zenginleştirmiş ve konuya yeni tanımlamalar eklemiştir. [3]

“Oliver Bimber” ve **“Ramesh Raskar”** [4], AG için **“Gerçek dünyaya sentetik veriler yollama”** şeklinde bir tanımlama geliştirmiştir. Bu tanımlamadaki **“sentetik”** kavramı ile, AG’e 3B nesnelerin yanında ses, video, GPS gibi verileri de ekleme niteliğine işaret etmiştir.

Arttırılmış ve Karma Gerçeklikle ilgili yazılım geliştirmeleri ve çeşitli araştırmalar, **“Arttırılmış ve Karma Gerçeklik Sempozyumu”** (Internation Symposium on Mixed and Augmented Reality - ISMAR) isimli sempozyumda her sen düzenli olarak tartışılmakta ve bilimsel kaynaklar olarak yayına dönüştürmektedir. [5]

IT araştırma ve danışmanlık şirketi **Gartner** [6], farklı teknolojiler üzerinden, bir çeşit markalı araştırma metodolojisi ve grafik araç olan **Hype-Cycle** [7] (abartı dalgası) grafiklerini yürütmektedir. Grafikler, sektörler arası teknolojilere bakış ve güncel teknolojilere eğilimi öngörmektedir. Gartner'ın bu araştırmalarına 2007 yılından itibaren Arttırılmış Gerçeklik de yer almaya başlamış ve şirketin araştırma yöntemi doğrultusunda yıldan yıla bu grafiklerdeki seyrini devam ettirmiştir.

“Sanni Siltanen”, **“Theory and applications of marker-based augmented reality”** [8] isimli kitabında, Gartner'ın Hype-Cycle grafiklerine de yer vererek AG'in uygulama geliştirme konularını tartışmakta, uygulama geliştirilebilecek potansiyel alanlarını belirlemekte ve AG'in geleceği hakkında tahminlerde bulunmaktadır.

Henüz yeni bir teknoloji olan AG hakkında fazla sayıda basılı yayın bulunmamak birlikte, **“wikipedia.org”** başta olmak üzere çeşitli bireysel araştırmacıların veya üniversite kapsamındaki akademisyenlerin bloglarından veya sitelerinden AG hakkında güncel bilgilere ve araştırmalara erişmek mümkündür. **“wikipedia.org”** [9] sitesindeki **“Augmented Reality”** başlığı altında AG'in tarihçesine, uygulama alanlarına, donanımsal ve yazılımsal bileşenleri hakkında verilere, AG hakkında kayda değer araştırmaları bulunan araştırmacıların isimlerine derlenmiş şekilde erişmek mümkündür.

AG ve çevrelediği alanlara temas eden örneklerle **“youtube.com”**, **“vimeo.com”** gibi video sitelerindeki bireysel ya da kurumsal kullanıcı yüklemelerinden de erişmek mümkündür. Bireysel araştırmacıların veya yazılımcıların basılı ortama çıkartmadıkları AG uygulamalarından görüntülere yine bu yüklemelerden erişebilmektedir.

Birçok teknolojik geliştirme gibi AG'in kökenlerinin de askeri uygulamalara temellendiği bilinmektedir. [10] Zamanla, çeşitli üniversitelerdeki **“Ramesh Raskar”**, **“Greg Welch”** ve **“Henry Fuchs”** gibi araştırmacılar tarafından **“Uzamsal Arttırılmış Gerçeklik”** gibi yeni paradigmlar kurulduğu izlenmiştir. [11]

Bunun yanında film endüstrisinin etkisiyle AG teknolojisi, 1992 yapımı **“Lawnmower Man** [12]”den günümüzdeki **“Minority Report”**, **“Iron Man”** gibi yüksek teknoloji filmiyle bu bilim dünyasından olmayan insanlar tarafından da tanınmaya başlamıştır. [13] **Roland Azuma**'nın AG kavramı hakkındaki tanımlamaları arasında, 1988 yapımı

“Who Framed Roger Rabbit” [14] isimli filmi de kullanması, film endüstrisinin AG’e ne düzeyde bir literatür kanyığı olduğu/olabileceği hakkında fikir vermektedir.

AG’le ilgili birçok araştırmanın yazılımsal tabanında bulunan **“ARToolKit”** açık kaynak kodlu AG kütüphanesi, **Hirokazu Kato** tarafından 1999 yılında ortaya çıkartılmıştır ve **“Siggraph”** (Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques) konferanslarında sunulmuştur. [15]

Bilgisayar oyunları endüstrisi de AG’e literatür desteği olmuş ve olmaktadır. Örneğin 2000 yılında AG’in farkına varan bir takım araştırmacılar tarafından çeşitli oyunlar üretilmeye başlanmıştır. Güney Avusturalya Üniversitesi Wearable Computer Lab (Giyilebilir Bilgisayar Laboratuvarı)’ndan **“Bruce Thomas”** ve takımı tarafından **“Quake”**’in AG versiyonu olarak **“ARQuake”** geliştirilmiş bu alanda öncü olmuştur. [16] Daha sonraları bu oyun, AG üzerine doktora çalışmaları [17] bulunan **“Wayne Piekarski”** tarafından mobil kullanıma uyarlanmıştır. [18]

AG, sentetik verilerin gerçek dünya üzerine düşürölmesi temel prensibiyle GPS bilgilerinden 2B/3B dokümanlara, videodan sese birçok verinin aktarılabileceği karma bir ortam özelliği taşımaktadır. Bu yapısıyla AG, başlangıç alanı olan askeri uygulamaları aşarak günümüzde sanattan spora, eğitimden mimarlığa uzanan birçok alana hizmet veren bir yapıya kavuşmuştur. **“2.3 AG’in Uygulama Alanları”** ve **“3.3 Mimari AG Uygulama Örnekleri”** başlıkları altında AG üzerine geliştirilen ve tezin -yazılım geliştirme dahil- birçok alanına literatür olmuş uygulama incelemelerini bulmak mümkündür.

1.2 Tezin Amacı

Sanal ve gerçeği, gerçek üzerinde birleştiren Arttırılmış Gerçeklik, sanattan spora, eğitimden tıbbaya birçok alanda örnekler sunarak, gelecekte aramızda gözükeceği yerini aslında şimdiden haber vermektedir. Oldukça düşük maliyetli ama etkin ve kolay erişilebilir bir teknoloji olması da bu durumu desteklemektedir.

Çalışmada, potansiyeli şimdilerde yeni yeni fark edilen AG, mimari tasarım süreçleri ve özellikle mimari ön tasarım açısından değeriendirilmiş ve mimarlık dünyasına nasıl

hizmet edebileceği sorgulanmıştır. Bu bağlamda, tezin amaçlarını aşağıdaki şekilde özetlemek mümkündür:

- Mimarlık başlangıç sınıflarının 3B düşünme ve görme yetilerine bir AG yazılımı eşliğinde katkı sağlamak;
- AG yazılım teknolojisi ile mimarlıkta ön tasarım aşamasını beslemek;
- Standart mimari tasarım süreçlerini AG ile zenginleştirmek;
- Henüz yeni bir teknoloji olan AG’i, mimarlık odaklı olarak, başka yazılım teknolojileriyle birleştirip AG’in sınırlarını aşmak;
- AG için mimari düzeyde yeni araştırma alanlarının açılmasına kapı aralamak;
- Standart 3B modelleme programlarına alternatif çizimden-modele yeni ve hızlı bir modelleme yöntemi geliştirmek.

1.3 Hipotez

Arttırılmış Gerçeklik ortamında geliştirilen bir uygulama ile başlangıç sınıflarındaki mimarlık öğrencilerinin iki boyutlu planları üç boyutlu okuma problemlerine çözüm üretilebilir.

1.4 Orijinal Katkı

a. AG yazılım örnekleri üzerine yapılan incelemeler ve AG’le ilgili okumalarda, AG’in çoklukla bir sunum yardımcısı olarak kullanıldığı izlenmiştir. Özellikle mimarlık bilimine temas eden örneklerin çoğunda, AG’in mimari bir sunum tekniğinden öteye geçemediği görülmüştür. Tez kapsamında geliştirilen yazılım **“SketchAR”** ile AG, bir sunum yardımcısı olmanın ötesine geçirilerek, mimari ön tasarımı destekleyen, gerçek zamanlı bir mimari tasarım yardımcısı olarak kullanılmıştır.

b. Geliştirilen uygulamada AG kütüphaneleri; **“kenar belirleme”** ve **“vektörizasyon”** gibi algoritmalarla beslenmiştir.

c. 2B ekran görüntülerinden 3B noktaların elde edilmesinde **“Unprojection”** metodu AG ortamında kullanılmıştır.

d. Geliştirilen yazılım **SketchAR**, geleneksel el karalamalarından bilgisayar üretimi 3B nesnelere aracısız bir geçişi sağlayan bir köprü uygulama olmuştur. Dolaylı olarak, bu niteliği ile geleneksel ve modern olanı da birbirine bağlayabilmiştir.

e. Bunlarla birlikte, tez kapsamında geliştirilen yazılım ile 2B eskizlerden 3B modele uzanan yeni ve alternatif bir tasarım süreci geliştirilmiş olmaktadır.

ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK

2.1 Temel Kavramlar

Simülasyon (Benzetim)

Son yıllarda hayatın hemen her alanına hizmet verebilen yapısıyla grafiği oldukça yükselen “**Arttırılmış Gerçeklik**”i, benzetim (simülasyon) teknolojilerinin bir konusu olarak sınıflamak ve bu paralelde incelemek mümkündür.

Çok genel bir tanımla **simülasyon**, bir şeyin benzeri ya da sahtesi anlamında kullanılır. Teknik anlamda ise “Gerçek bir dünya süreci veya sisteminin işletilmesinin zaman üzerinden taklit edilmesi” şeklinde tanımlanabilir, sistem veya süreçlerin bir modeli olarak bilinir. [19] Bir başka deyişle simülasyon, “Gerçek sistemin modelinin tasarlanması ve bu model ile sistemin işletilmesi amacına yönelik olarak, sistemin davranışını anlayabilmek veya değişik stratejileri değerlendirebilmek için deneyler yürütülmesi sürecidir.” [20]

Bununla birlikte simülasyonun “Gerçeğe ait tüm göstergeleri ele geçirmiş ve gerçeğin yerine geçmiş sahte” [21] şeklinde nitelenmiş felsefi tanımlamaları da vardır. Her nasıl tanımlanırsa tanımlansın sonuçta bir araç olarak kullanılan simülasyon, günümüzde taklit edilen gerçek bir olgunun üzerinden genellikle bilgisayar ortamında modellenmektedir.

Gerek eğitim gerekse araştırma alanlarında pek çok işlemi gerçek şartlarda ve gerçek fiziki ortamlarda incelemek oldukça pahalı ve riskli olabilir. Bu nedenle gerekli ortam ve şartların sanal bir mekanda oluşturulmasıyla sonuçların değerlendirilmesi için simülasyon sistemlerinden faydalanılmaktadır. [22] Örneğin uçuş simülatörleri, uçuşun bir takım kurallarının pilot adaylarına bilgisayar tarafından öğretilmesi amacıyla, tehlikesiz ve ekonomik bir yöntem olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır.

Tarihsel olarak, farklı alanlarda kullanılan büyük ölçüde bağımsız olarak geliştirilmiş simülasyonlar, ancak 20. yüzyılda tüm sistem teorisi ve sibernetik çalışma alanları arasında, bilgisayarların yaygınlaşması ile birlikte, birtakım birleşmelere ve daha sistematik bir görünüme ulaşmıştır. [23]

Simülasyonları “**canlı**”, “**sanal**” ve “**yapıcı**” olmak üzere üç stil altında incelemek mümkündür. Bir simülasyonun birden çok stil altına girdiği durumlar da olabilir. **Canlı simülasyon** stilinde insan ve ekipman etkileşimi gerçek dünya üzerinde yer alır. Akülü bir araba ile sürüş eğitimi bu stile bir örnektir. **Sanal simülasyon** stilinde; insan ve/veya ekipman etkileşimi bilgisayar kontrollü bir ortamda gerçekleştirilir. Bir uçuş simülasyonu bu stile örnek gösterilebilir. **Yapıcı simülasyonlarda** ise; genellikle katılımcı olarak insan veya ekipmanları içermez. Analizlere dayalı bilim temelli basınç, rüzgar, hava akımı, kasırga, deprem simülasyonları bu stile örnek gösterilebilir. [24]

Yukarıdaki tanımlama ve sınıflamalara göre Sanal Gerçeklik ve Arttırılmış Gerçeklik incelendiğinde, her ikisinde de fiziksel dünyadaki insan ve ekipman bileşenlerinin bilgisayar kontrollü bir ortamda simüle edildiği izlenmektedir. Buradan hareketle, bu iki simülasyon teknolojisini “**Sanal Simülasyon**” stili altında incelemek mümkündür.

Sanal Gerçeklik

Arttırılmış Gerçeklik konusuna girmeden önce daha eski ve popüler bir kavram olan **Sanal Gerçeklikten** bahsetmekte fayda vardır:

Günümüz teknolojik gelişmelerin bir yansıması olarak kabul edebileceğimiz bir benzetim modeli olan “**Sanal Gerçeklik (SG)**” yani “**Virtual Reality**”, bilgisayarlar tarafından simüle

edilen ortamlara denir. Latincedeki “virtualis” kökeninden gelen sanallık, kavram olarak var olmayan ancak sanrılarla var olduğu kabul edilen şeyler için kullanılmıştır. [25]



Şekil 2. 1 Sanal Gerçeklik ortam ve ekipmanlarından çeşitli görseller

Çoğu sanal gerçeklik ortamı bir bilgisayar ekranı yoluyla edinilen görsel tecrübelerden ibarettir. Bunun yanında bazı ortamlar duyma, hareket gibi başka duylardan da yararlanır. Tasarım ve sunum süreçlerinin oldukça önemli olduğu -hatta çoğu kez onların dahi tasarlanması gerektiği- mimarlık nesnelerinin çok boyutlu yapısı, SG'nin temel teknolojik prensibi olan birçok duyunun aynı anda uyarılması ile örtüşerek mimarlık dünyasının dikkatini çekmeyi başarmış, görsel deneyimlemenin üst seviyeye taşındığı bir ortam olmuştur. Daha açıkça ifade etmek gerekirse, HMD (Head Mounted Display) ve DataGloves gibi oldukça pahalı aletler yardımıyla kullanıcı, sanal bir evrende gezinir ve o sanal evreni deneyimler.

Arttırılmış Gerçeklik

Sanal Gerçeklik üzerine araştırmalar devam ederken, Roland Azuma tarafından ilk kez isimlendirilen “**Arttırılmış Gerçeklik**” (AG) yani “**Augmented Reality**”, sanal gerçekliğe alternatif, daha derin bir deneyimleme olanağı sunan yapıyla teknoloji, iletişim, sağlık, spor, mimarlık, otomotiv gibi birçok alanın/disiplinin dikkatini çekmeyi başarmıştır. “SG'in bir varyasyonu” [1] olarak nitelenen AG, ekonomik ve erişilebilir bir teknoloji olması yönüyle de SG ile kıyaslanabilir bir değer kazanmıştır.

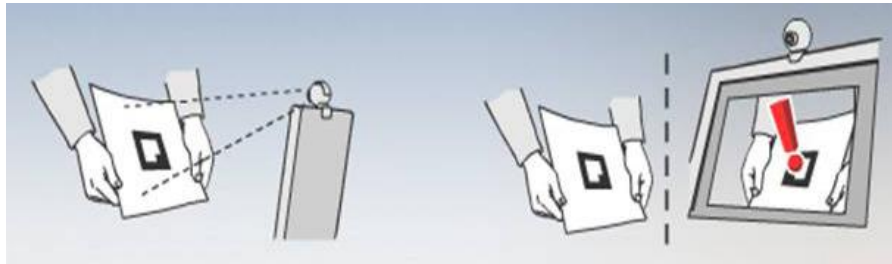
Sanal Gerçeklik, Arttırılmış Gerçekliğin bir öncüsü olarak görülmektedir. İkinin arasındaki temel farklılık, Sanal Gerçekliğin kaynak olarak kamera kullanmamasıdır. SG'de ekrana sunulan veriler, animasyon veya önceden kaydedilmiş film parçalarıdır.

[26] Arttırılmış Gerçekte ise ana kaynak olarak kamera kullanılır ve işlemler kameradan alınan görüntüler üzerinde/üzerinden yapılır.



Şekil 2. 2 Çeşitli Arttırılmış Gerçek uygulamalarından görseller

SG kullanıcıyı tamamıyla sentetik bir ortam içinde derinleştirir. Bunun tersine AG, kullanıcının gerçek dünyayı sanal objelerle zenginleştirilmiş olarak görmesine izin verir. Bu yüzden AG’i; “Gerçekliği tamamen değiştirmek yerine gerçekliğe eklemeler yapar” [1] şeklinde betimlemek yanlış olmaz.



Şekil 2. 3 Arttırılmış Gerçeklik sisteminin işeyişi

Tezin asıl araştırma alanı olan Arttırılmış Gerçeklik, sanal materyallerin gerçek dünya üzerine düşürülmesi temel fikriyle 2000’li yıllarda son kullanıcıya kadar yayılmaya başlamış bir benzetim teknolojisidir. Sanal nesneler gerçek dünya üzerine düşürüldüğü için, SG’nin tersine, sanal ve gerçek olan birlikte izlenir ve kullanıcıya daha derin, daha gerçekçi bir algısal ortam sunulur. Bu ortam SG’de olduğu gibi yine HMD gibi aygıtlarla da deneyimlenebilir ve böylelikle gerçeklik algısı daha da arttırılabilir. [17]



Şekil 2. 4 “Who Framed Roger Rabbit” (1988)’den bir kare

Roland Azuma’nın tanımına göre Arttırılmış Gerçeklik; sanal gerçeklik ve gerçek dünya bileşenlerini içeren bir ortamdır. Fiziksel dünyadaki insan duyu ve algılama seviyesi, bu ortama gönderilen sanal verilerle arttırılır. “Who Framed Roger Rabbit” (1988) [14] isimi filmdeki sanal karakterlerin gerçek dünya üzerine bindirilmesiyle konuyu örnekleyen Azuma, bir AG kullanıcısının yarı saydam özel bir gözlük taktığında bilgisayar üretimi objeleri gerçek dünyaya gerçekten projekte edilmiş gibi görebileceğini daha 90’lı yıllarda iddia eder. Ayrıca Azuma, AG’in temel karakteristiğini, **“Gerçek ve sanallığı birleştirmek”**, **“Gerçek zamanlı etkileşim”** ve **“3B’ye kayıtlı olması”** şeklinde, üç madde altında ortaya koyar [27]. Bizler içinde yaşadığımız fiziksel dünyayı 3B olarak algıladığımızdan dolayı bu gerçek dünyayı zenginleştiren AG ortamının ve AG nesnelerinin de Azuma’nın tanımındaki gibi 3B’ye kayıtlı olması olağandır.



Şekil 2. 5 Milgram Şeması

Bunun yanında **“Paul Milgram”** ve **“Fumio Kishino”** tarafından ortaya atılan ve şemalaştırılan **“Karma Gerçeklik”** (Mixed Reality) kavramı, AG araştırmalarını zenginleştirmiş ve konuya yeni tanımlamalar eklemiştir. [3] Bu şemada AG, sanal ve gerçeğin ortasında buluşulan bir alan olarak tanımlanmıştır. Şekildeki sol taraf fiziksel

gerçekliği, sağ taraf ise bilgisayarlar tarafından üretilen ve gerçek dünyada simüle edilen tamamen sanal ya da hayali çevreyi ifade etmektedir.

Çeşitli kaynaklarda birçok tanımlaması yapılan Arttırılmış Gerçekliğe, “Sanal Gerçekliğin özel bir konusu” olarak yaklaşanlar olduğu gibi, “kendine özel daha genel bir konsept” olduğunu iddia edenler de vardır. Ancak konuya her nasıl yaklaşılsa yaklaşılsın, AG’in “gerçek dünyaya sentetik veriler yollama” [4] anlamı sabit kalmaktadır.



Şekil 2. 6 Arttırılmış Gerçeklik ortamına GPS vb. verilerin aktarımı

Aslında Bimber ve Raskar’nın AG’te temsil edilen nesneleri “sentetik” kelimesi ile tanımlamasında bu ortamın sadece bilgisayar ortamında üretilen 3B nesnelerle sınırlı kalmadığının altı çizilmektedir. Lakin AG ortamı, 2B ve 3B nesnelerin yanında ses, video ya da GPS verilerinin de aktarımının yapılabildiği karma bir ortamdı.” [28] “Fiziksel” olana “sanal”ı yamaması anlamında bir bakıma “dinamik bir fotomontaj” [29] tekniği olarak da tanımlanabilir.

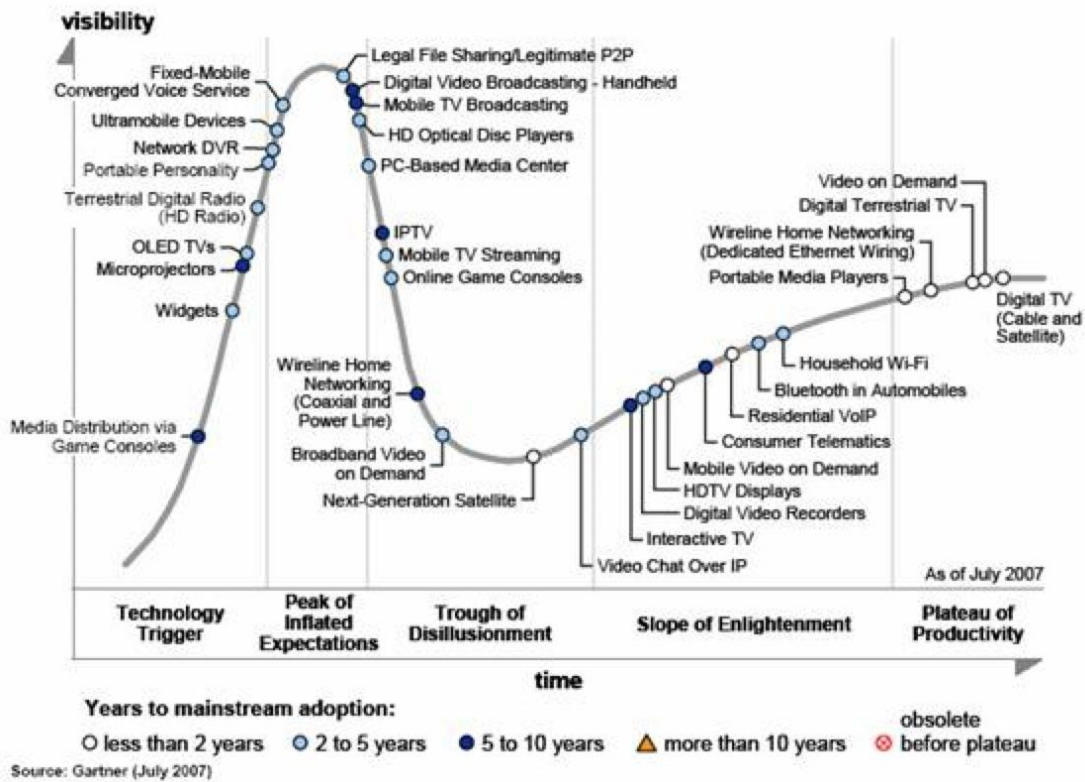
Bu yönü ile AG’in sosyal ve bireysel hayatın hemen her alanına temas eden bir AG uygulama örneğine rastlamak mümkündür. Çünkü gerçek dünyanın zenginleştirilmesi prensibi ile bu gerçek dünyada temsil edilebilen her ortam ve nesne dolayısıyla AG’in de konusu olabilir.

Pazar payı günden güne genişleyen [30] AG, her sene değişik bir ülkede tekrarlanan “**Arttırılmış ve Karma Gerçeklik Sempozyumu**” (Internation Symposium on Mixed and Augmented Reality - ISMAR)’da tartışılmaktadır. [5]

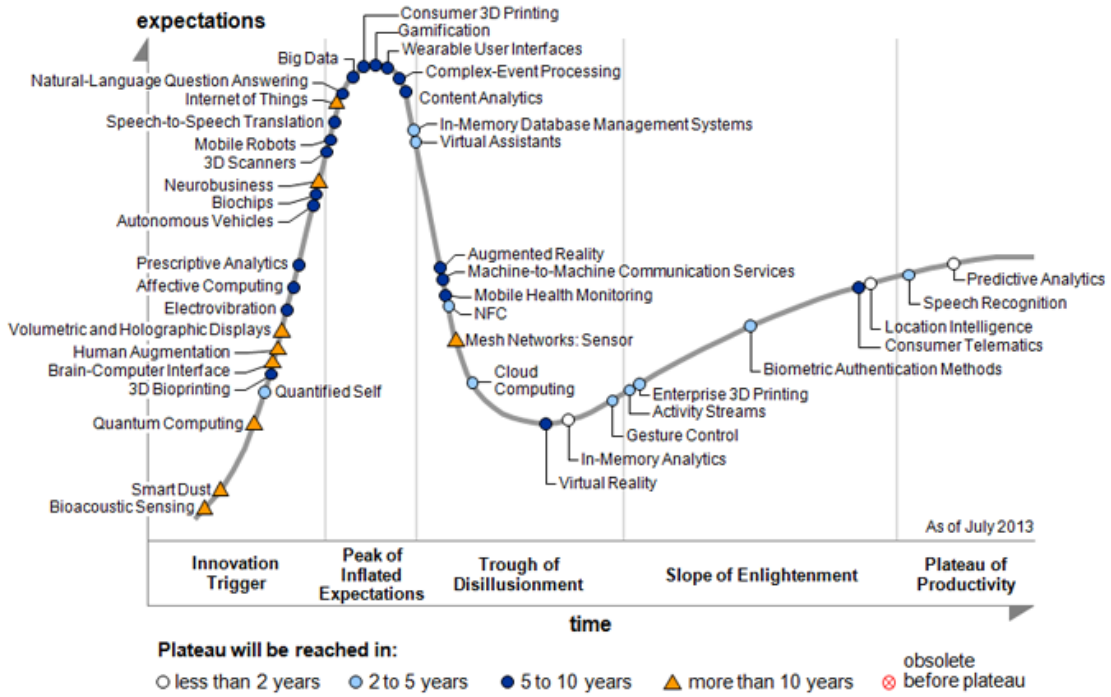
IT araştırma ve danışmanlık şirketi **Gartner** [6], farklı teknolojiler üzerinden, bir çeşit markalı araştırma metodolojisi ve grafik araç olan **Hype-Cycle** [7] (abartı dalgası)

grafiklerini yürütmektedir. Grafikler, sektörler arası teknolojilere bakış ve güncel teknolojilere eğilimi öngörmektedir. Ayrıca teknolojilerin nasıl ve ne zaman beklenti üzerine çıkacağını gösterir; pratik faydalarını önerir ve geniş sahadaki kabul edilebilirliğini öngörür. Gartner’a göre bu grafik, gerçeği abartıdan ayırmayı hedeflemektedir. [8] Grafiklerde her bölme bir teknolojinin yaşam döngüsünün beş önemli aşamasını işaretler: **“1-Technology Trigger”** (Teknolojinin tetiklenmesi), **“2-Peak of Inflated Expectations”** (Abartılmış beklentilerin zirvesi), **“3-Through of Disillusionment”** (Gerçekleri anlamaya doğru), **“4-Slope of Enlightenment”** (Aydınlanma eğimi), **“5-Plateau of Productivity”** (Verimlilik platosu) [31]

Figure 1. Hype Cycle for Consumer Technologies, 2007



Şekil 2. 7 2007 yılına ait Hype-Cycle Grafiği



Şekil 2. 8 2013 yılına ait Hype-Cycle Grafiği

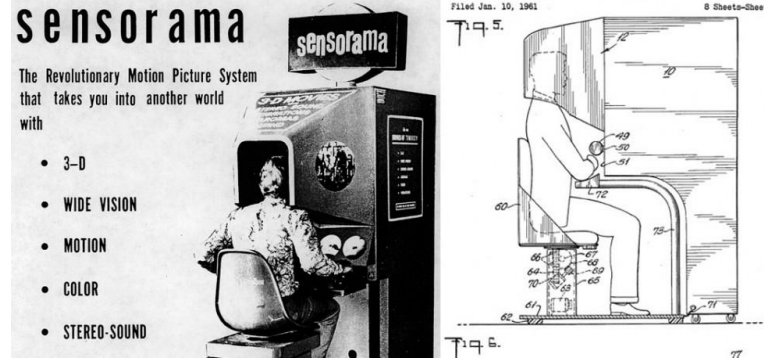
Yukarıdaki şekillerde de izlenebildiği gibi 2007’de AG henüz grafiğe girememişken 2008’de birinci evreden girmektedir. 2009, 2010, 2011 ve 2012 yıllarında ikinci evrede tam zirvede olmasa da zirveye çok yakın seyretmektedir. 2013 yılında ise üçüncü evreye geçmektedir. 2009-2012 yılları arasında –donanımsal ve yazılımsal gelişmelerin de tetiklemesiyle- AG’nin etki alanı keşfedilmiş ve birçok araştırmaya konu olmuştur. 2013 yılından sonra da asıl verimlilik dönemine doğru harekete geçmiştir. [EK-3]

2.2 Arttırılmış Gerçekliğin Tarihi Gelişimi

90’lı yıllardan sonra yayılmaya başlayan AG’in tarihçesinin daha eskilere dayandığı söylenebilir. Roland Azuma’ya kadar “**Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality)**” şeklinde isimlendirilmeseler de çevre ile iletişim kurabilen, cevap veren AG’e benzer yöntemleri içeren aygıtlar, bilgi tabanlı olarak, daha eski dönemlerde de kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamaya başlamıştır.

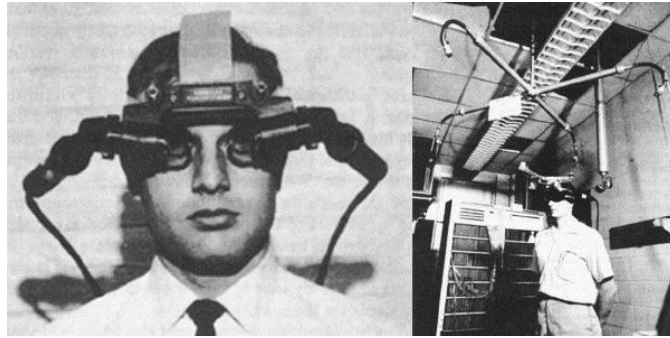
Başlangıç Dönemi

AG'in tarihini 1900'lü yılların başlarına dayandırmak mümkündür. 1901 yılında Amerikalı yazar L. Frank Baum [32], "**Character Maker**" ismini verdiği elektronik gösterge/gözlük fikri ile gerçek ve sanal dünyayı üst üste -hayalen de olsa- bindiren ilk kişi olmuştur. [33]



Şekil 2. 9 Sensorama'dan görünüm ve teknin çizimleri

1957 yılında **Morton Helig**, yaptığı "**Sensorama**" isimli bir makine ile "sanal gerçekliğin bir düşünce lideri ve fikir babası" [34] olarak tarihe geçmiştir. [35] Sensorama, kullanıcıya rüzgâr üfleyen, oturduğu koltuğu titreten, müzik çalan ve başının ön ve yanlarına stereoskopik 3D bir çerçeve yansıtan çoklu-duyumsal nitelikli bir makinedir. [36]



Şekil 2. 10 Prof. Dr. Ivan Sutherland ve HMD cihazı

1966 yılında Harvard Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Bölümü'nden **Prof. Dr. Ivan Sutherland**, benzetim teknolojileri açısından günümüzde dahi önemini koruyan **HMD** [37] (Head Mounted Display) isimli aygıtı icat etmiştir. Çok ağır olması ve 3D görüntüleri düşük grafiklerle tel çerçeve (wireframe) olarak sunması gibi kısıtlarının yanında kullanılabilirlik imkânını taşıyan ilk AG adımı olduğu söylenebilir. [38]

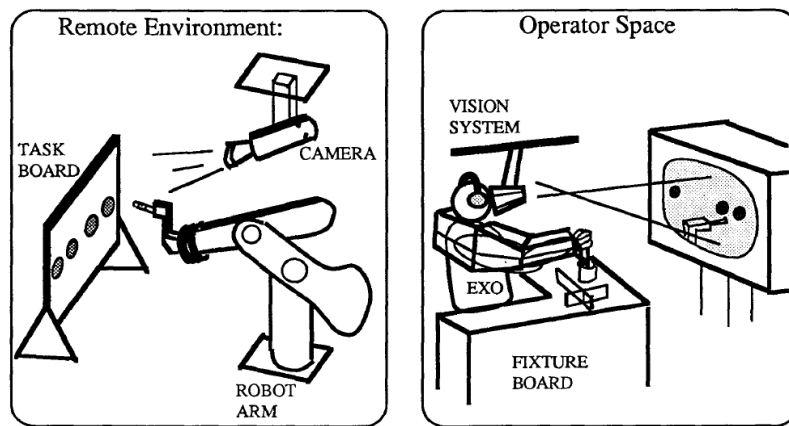
1975 yılında **Myron Krueger** “**Videoplace**” isimli sanal gerçeklik laboratuvarını kurmuş ve kullanıcıya sanal objelerle ilk defa etkileşime girme fırsatını tanımıştır. [39] “Videoplace”de yakalanmak istenen düşünce; kullanıcıyı saran ve kullanıcının fiziksel hareketlerine, gözlük ve eldivene bağlı kalmadan cevap verebilen bir teknoloji geliştirmektir. [40]

1981 yılında **Dan Reitan**, Kovouras Meteoroloji’de çalışırken çoklu hava tahmini radar görsellerini ve bir takım soyut sembolleri, sanal gerçeklik ortamında, dünya haritası üzerine, stüdyo kameraları önünde, jeo-uzamsal olarak haritalamıştır. Böylelikle Reitan, AG teknolojisini TV’ye taşıyan ilk kişi olmuştur. [9]

1989 yılında bir etnik müzisyen ve bilgisayar mühendisi olan **Jaron Lanier**, “**Moondust**” isimli oyun gibi dünyanın ilk sanal gerçeklik programlarını silikon vadisindeki bir grup bilgisayar mühendisi ile birlikte üreterek tarihe geçmiştir. [41]

Gelişme Dönemi

İlk “**Arttırılmış Gerçeklik**” ifadesini, eski bir Boeing araştırmacısı olan Profesör **Tom Caudell**’a atfedenler vardır. [42] Bir havaalanı şirketi için çalışan Caudell, 1990 yılında kompleks kabloların yapı içinde geçtiği yerleri tespit etmek için SG teknolojisini kullanmıştır. Böylelikle mühendisleri, kullanım kılavuzlarındaki soyut diyagramları çözme zahmetinden kurtarmayı hedeflemiştir. [9]



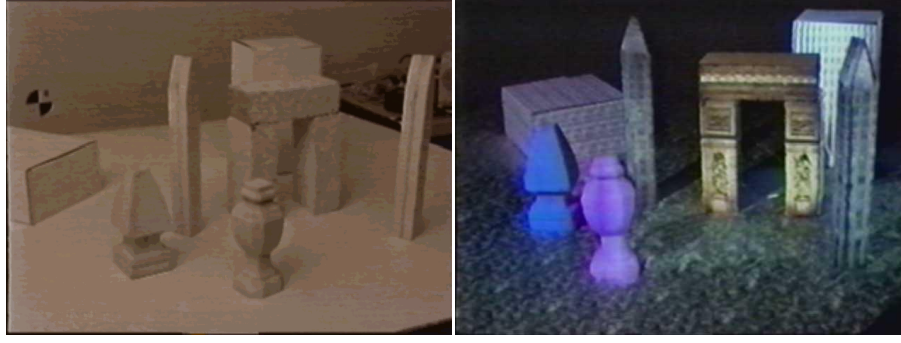
Şekil 2. 11 Virtual Fixtures AG Sistemi

1992 yılında **L.B. Rosenberg**, ABD Hava Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı olarak adlandırılan birimde işleyen ve insan performansına faydası dokunan ilk AG uygulamasını geliştirmeyi başarmıştır. **“Virtual Fixtures”** [13] ismini verdiği AG sistemi ile Rosenberg, makinelerdeki aksesuarların yerleri ve kullanışları hakkında ipuçları vermekle geniş bir bilim çevresi tarafından tanınmıştır. [43]

Yine 1992 yılında **Steven Feiner, Blair MacIntyre ve Doree Seligmann**’dan oluşan ikinci grup ise, **“Karma”** (Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance) ismini verdikleri bir yardımcı bakım sistemini ortaya atmışlardır. Kolombiya Üniversitesi’ne bağlı olan ekip, Logitech’in yaptığı tracker’ları kullanarak bir HMD aygıtı üretmiş ve bu aygıtı bir yazıcı nesnesi ile ilişkilendirmişlerdir. Proje, kılavuzundaki yönlendirmelere uygun olarak, tel çerçeve imajlardan oluşan 3D grafikler kullanıp, insanlara aletin nasıl yüklendiğini veya nasıl tamir edildiğini öğretmektedir. [44] 1993 yılında “Association for Computing Machinery”nin [45] yayınladığı aylık “Communications of the ACM” [46] dergisinde ekibin makaleleri yayınlanmış ve çalışmaları bilim dünyası tarafından ilgi görmüştür. [47]

Yine 1993 yılında **“Loral”** [48] firması, **“Stricom”** (United States Army Simulation and Training Technology Center) sponsorluğunda, AG donanımlı araçlar ve insanlı simülatörleri kombine eden bir gösteri sunmuştur. [10]

1994 yılında **Julie Martin**, Avustralya’da hükümet tarafından desteklenen **“Dancing in Cyberspace”** (Siberuzay’da dans) isimli bir TV şovu yaparak AG konseptini bir halk performansı (sanatı) haline getirmiştir. Martin bu şovda, gerçek dünya üzerine projekte edilen sanal nesneleri kullanmıştır. AG teknolojisinin sanat ve eğlence dünyasını da böylelikle etkilemeye başladığı/başardığı söylenebilir.



Şekil 2. 12 Raskar ve arkadaşlarının yaptığı SAR denemesi (Dijital Projeksiyon)

1998 yılında Kuzey Karolina Üniversitesi'nde **“Spatially Augmented Reality” (SAR)** yani “Uzamsal Arttırılmış Gerçeklik”, yeni bir paradigma olarak, **Ramesh Raskar, Greg Welch** ve **Henry Fuchs** tarafından tanıtılmıştır. SAR'ı, “Gerçek dünyayı sanal materyallerle monitör, HMD gibi dijital aygıtlar kullanmaksızın zenginleştiren ve böylelikle 3B algısını güçlendiren bir yaklaşım” şeklinde tanımlamak mümkündür. SAR'da grafik bilgileri fiziksel nesneler üzerinde görüntülemek için dijital projeksiyon kullanılmaktadır. Klasik AG yöntemine göre ekipman taşıma probleminin olmaması ve işbirlikçi grup çalışmalarında doğal ölçeklemenin yapılabilmesi gibi birtakım dezavantajlar taşımaktadır. [11]

İlerleme dönemi

1999 yılına kadar AG teknolojisi çoğunlukla, bilim adamlarının deneysel bir araştırma alanı olarak izlenmektedir. Aygıtlarının pahalı, ağır, hacimli olması ve ancak karmaşık yazılımlarla geliştirilebilmesi, bu teknolojinin doğrudan tüketiciye ulaşamaması sonucunu doğurmuştur. Ancak sanal gerçeklik ve Arttırılmış gerçeklik öğelerini içeren **“Lawnmower Man”** [12] (Bahçıvan) isimli film ile bu teknolojilerin bilim dünyasından olmayan insanlar tarafından da tanınmaya başladığı söylenebilir. [13]

1999 yılında “Nara Institute of Science and Technology”den **Hirokazu Kato, “ARToolKit”**i açık kaynak kodlu olarak **HitLab** [49] (The Human Interface Technology Laboratory)'de ortaya çıkarmıştır. [15] Daha sonraları HitLab'da görevli diğer bilim insanlarınca geliştirilmiş ve yıllık düzenlenen **“SIGGRAPH”** [50] (Special Interest Group on Graphics and Interactive Techniques) konferansında sunulmuştur. İlk zamanlarda sadece “video

capture tracking”e (Video yakalama/izleme) izin veren kütüphanesiyle, tüm OS platformlarıyla paylaşımı destekleyen 3B grafikler kullanılabilmektedir. ARToolKit, basit bir web kamerası ve internet bağlantısı ile tüm web tarayıcılarda çalışabildiğinden dolayı, internet üzerinden kolaylıkla erişilebilen çeşitli AG uygulamalarının geliştirilmesine zemin hazırlamıştır. [51] Günümüz de ise; çoklu marker sistemi, çoklu format desteği, daha basitleştirilmiş grafik kütüphane gibi nitelikler kazanarak gelişmeye devam etmektedir. [52]



Şekil 2. 13 ARQuake

2000 yılında oyun endüstrisi de AG'in farkına varmış, bu teknoloji ile çeşitli oyunlar üretilmeye başlanmıştır. Öncü olarak **ARQuake**'i göstermek mümkündür. [13] ARQuake, **ID** yazılım şirketi tarafından FPS [53] (First Person Shooter) tarzı bir oyun olarak geliştirilen Quake'in AG versiyonudur. Güney Avusturalya Üniversitesi **Wearable Computer Lab** (Giyilebilir Bilgisayar Laboratuvarı)'ndan **Bruce Thomas** ve takımı tarafından geliştirilmiştir. [16] Daha sonraları bu oyun, AG üzerine doktora çalışmaları [17] bulunan **Dr. Wayne Piekarski** tarafından mobil kullanıma uyarlanmıştır. [18]

2008 yılının sonlarına doğru ilk mobil AG uygulaması, Android işletim sistemli **T-Mobile G1** (HTC Dream) [54] için **Wikitude** [55] tarafından üretilmesiyle öncüler arasındaki yerini almıştır. Daha sonraları "**Wikitude Drive**" isimli AG navigasyon uygulaması da Iphone ve Symbian işletim sistemli telefonlara göre uyarlanmıştır.

2009 yılında ARToolKit, Adobe Flash platformuna **FLARToolKit** [56] ismiyle **Saquoosha** [57] tarafından taşınmıştır. Böylelikle AG teknolojisinin, internet ortamından kolaylıkla ulaşıp [58] kullanılabilen ve geliştirilebilen bir yapıya kavuştuğu söylenilebilir. [9]

Son dönemler

2009 yılından sonra kaynak kodlarına çok daha rahatlıkla erişilebilen kütüphanelerin ve donanımsal aygıtların desteğini alan AG, birçok alandaki örnekleriyle varlığını hissettirmeye devam etmiştir. “**Total Immersion**” [59] gibi çeşitli yazılım şirketleri bu teknolojiyi bankacılık, eğlence, spor, ticaret, mimarlık, sosyal medya gibi birçok alanda paket programlar olarak servis etmektedir.

Bu piyasa gelişmelerinin yanında AG’in dünya çapında çeşitli üniversitelerin eğitim programlarına ders olarak eklenmeye başlandığı ve interdisipliner geliştirmeler yapılan akademik bir araştırma kolu olduğu da izlenmektedir. [60]



Şekil 2. 14 “Augmented Reality Glasses” (Google) ve “Space Glasses” (Meta)

Son dönemde AG teknolojisinin geleceğini keşfeden **Google, Nokia, Canon** gibi büyük firmalar bu alan üzerine araştırmalar yapmaktadır. Özellikle “**Google**” firması yakın zamanda tasarlayıp beta testi için 5000 adet kullanıcıya ulaştırdığı “**Google Augmented Reality Glasses**” [61] ve “**Meta**” şirketinin ürettiği ve Nisan 2014’te satışa sunacağını açıkladığı “**Space Glasses**” [62] ile geleceğin teknolojik eğilimlerinin önemli bir kolunun Arttırılmış Gerçeklik olacağını işaretini de verdiği öngörülmektedir.

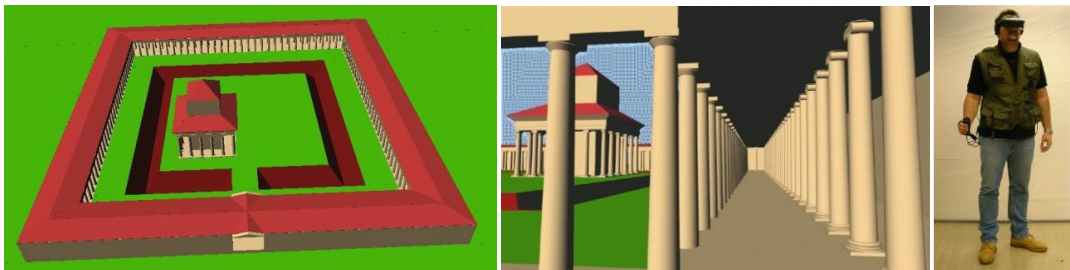
2.3 AG'nin Uygulama Alanları

İkinci bölümün girişinde de değinildiği gibi Arttırılmış Gerçeklik, sentetik verilerin gerçek dünya üzerine düşürülmesi temel prensibiyle GPS bilgilerinden 2B/3B dokümanlara, videodan sese birçok verinin aktarılabilceği karma bir ortam özelliği taşımaktadır. Çoklukla prototip düzeyinde kalıp yaygın market paylaşımına henüz ulaşamamasına rağmen [26] AG, geniş etki alanı ile günümüz ileri yazılım ve donanım teknolojilerini yapısında barındırmaktadır. Bu yönüyle insanların sosyal ve bireysel ihtiyaçlarına cevap verebilen; kültür, eğitim, meslek gibi kazanımlarını destekleyebilen bir yapıya kavuştuğu söylenebilir. Tez kapsamına alınan bu sektör tabanlı alan incelemesi ile bahsi geçen geniş yelpazeyi daha detaylı açarak AG teknolojisinin günümüz sınırlarını çizmeye yardımcı olmak hedeflenmektedir.

Başlangıçta askeri, endüstriyel ve medikal uygulamalarla tanınmaya başlayan AG'in gelişen yazılım ve donanım teknolojileriyle birlikte ticaretten eğlence sektörüne kadar genişlediği gözlenmektedir. [63]

Arkeoloji

Arkeolojideki en büyük zorluklardan birisi eski algıları ve sosyal davranışları yeniden inşa etmektir. Bazı öncü arkeologlar bu konuyu **GIS** (Geographic Informatin System) (Jeolojik Bilgi Sistemi) ile araştırmayı denemişlerdir. Ancak bu araştırmaların bilgisayar laboratuvarlarıyla sınırlı kaldığı bilinmektedir. Laboratuvar araştırmalarında AG gibi yeni teknolojilerle GIS analizlerini birleştiren çeşitli denemeler de yapılmıştır. [64]



Şekil 2. 15 Panagiotis RITSOS ve arkadaşları tarafından geliştirilen projeden görüntüler

Essex Üniversitesi'nden **Panagiotis RITSOS** ve arkadaşları tarafından konsept olarak hazırlanmış, giyilebilir bilgisayarlarla yapılan mobil AG çalışması buna bir örnektir. Araştırmada giyilebilir bir bilgisayar taşıyan kullanıcı HMD desteğiyle, gözüne projekte edilen 3B model ile arkeolojik sit alanını -yerinde koruma prensibine uygun şekilde- gezebilmektedir. [65]

Arkeoloji alanındaki AG uygulamalarına "**Archeoguide**" isimli mobil dış mekan AG sistemi örnek gösterilebilir. **ISMAR 2012**'de sundukları makalelerinde **Patrick DÄHNE** ve **John N. KARIGIANNIS**, tahrip olmuş yapıları ve tarihi çevreyi gezmek isteyen ziyaretçilere tamamen özgün 3B bir gezi yolu sunmayı hedeflediklerini ifade etmişlerdir. [66]



Şekil 2. 16 Junaio ile arkeoloji alanına özel olarak geliştirilmiş ufak çaplı bir mobil AG örneği (IPAD)

Bu geniş çaplı araştırmaların yanında, "**Junaio**" [67] gibi AG teknolojisini masaüstü ve mobil uygulamalara taşıyan firmalar tarafından üretilen programları kullanarak arkeolojik buluntular üzerine uygulamalar üreten daha ufak çaplı organizasyonlar da bulunmaktadır. [68]

Sanat

Çoğunlukla deneysel nitelikli çalışmalara rastlanılsa da AG'in sanat alanında da yapılmış çeşitli uygulamaları bulunmaktadır. "**Modern Art Museum**" (Modern Sanatlar Müzesi)'nin düzenlediği "**Talk to ME**" (Benimle Konuş) isimli sergide çeşitli AG

uygulamalarının da yer alması, AG'in modern sanatlarla ilişkisini ortaya koyan önemli bir veri olduğunu söylemek mümkündür. [69]



Şekil 2. 17 EyeWriter

“Ebeling Group” tarafından geliştirilen “EyeWriter”, nöromüsküler sendromu geçirmiş, yazma/çizme kabiliyetini kaybetmiş bedensel engellilere yardımcı olması amacıyla tasarlanmış örnek bir aygıttır. Tasarlanan aygıt, göz hareketlerini AG mantığı ile algılayıp takip ederek ekrana çizgiler çizdirmektedir. [70]



Şekil 2. 18 Sergileme amacıyla “Augment” tarafından geliştirilmiş AG uygulamasından görüntüler

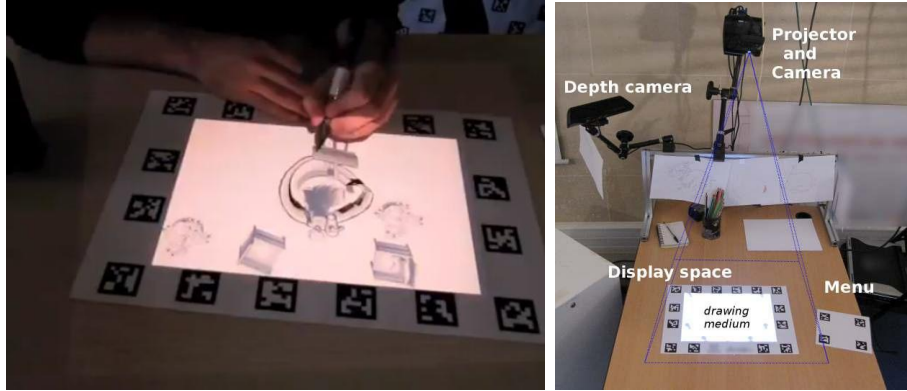
“Augment” isimli şirketin mobil cihazlar için ürettiği yazılım [71] yardımıyla, duvara yapıştırılan bir marker üzerine düşürülen sanatsal tabloların sergilendiği bir sergi salonu elde etmek mümkündür. [72] [73]

“Konstruct” isimli Apple uygulaması ise, ses dalgalarını kullanarak AG ortamında sanal heykeller oluşturabilen, sanat alanı ile ilişkili diğer bir uygulamadır. [74]



Şekil 2. 19 “Dentsu London” ve “BERG”ün “Suwappu” isimli plastik oyuncak koleksiyonunun AG versiyonu

“Dentsu London” ve “BERG”ün [75] “Suwappu” isimli plastik oyuncak koleksiyonunun AG versiyonu diğer bir AG örneği olarak incelenebilir. Uygulamada AG teknolojisi, interaktif sanal oyuncaklarla sanatsal bir anlatı oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. [76]



Şekil 2. 20 J. LAVIOLE ve M. HACHET tarafından fiziksel çizim/boyama için tasarlanmış AG uygulaması

Bu başlık altında **Jeremy LAVIOLE** ve **Martin HACHET** tarafından fiziksel çizim/boyama için tasarlanmış diğer deneysel bir uygulama daha incelenmiştir. [77] Çalışma “Karalamalar üzerinden çizim yapmak çok zordur.” sorunsalından hareketle başlamıştır. Modelin kendisi ya da fotoğrafı bir projektör yardımı ile üzerinde marker bulunan bir kağıda projekte edilmektedir. Böylelikle obje, karalaması yerine orijinal görüntüsü kullanılarak kâğıda çizilebilmektedir. Ayrıca obje üzerine düşen ışığın da AG ortamında simüle edilmesi çalışma kapsamına dahi edilmiştir. [78]

Ticaret

AG, herhangi bir ürünün müşterinin gözünden görülebilecek şekilde ön izlemesini elde etmeye fırsat tanıyan yapısıyla ticaret sektörünün dikkatini de çekmeyi başardığı söylenebilir.

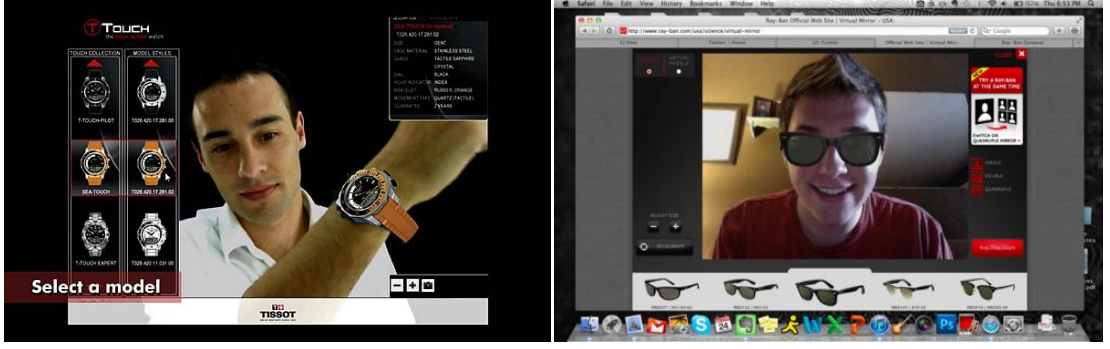


Şekil 2. 21 “Lego” firmasının AG uygulaması

Bir AG uygulaması ile müşteriye, içeriğini merak ettiği ürünü paketini açmadan da inceleme fırsatı sunulmaktadır. Örneğin “**LEGO**” [79] firması, AG teknolojisini bazı ürünlerinin paketlerine iliştiirdiği marker’lerle kullanarak, paket içindeki parçaların birleşmiş şeklini müşteriye tanıtmaktadır. [80], [81]

Bu teknolojiyi özellikle internet ortamına taşıyan önemli organizasyonlara “**Total Immersion**” şirketi örnek gösterilebilir. “**D’Fusion**” [82] gibi eklentileriyle firma, “**E-bay**”den “**KIA**” gibi ünlü otomobil firmalarına, filmenden oyun endüstrisine kadar birçok alanda hizmet vermektedir. [83]

E-bay için yazılmış olan mobil uygulama ile satıcı tarafından tanımlanmış ve E-bay’e yüklenmiş olan gözlük, elbise vb. sanal 3B modeller, üzerine iliştilirilmiş şekilde müşterinin beğenisine sunulmaktadır. [84] E-bay gibi büyük kuruluşların yanında “**Springfield**” [85] gibi daha küçük ticari organizasyonların da AR teknolojisini kullandığı gözlenmiştir. [86]



Şekil 2. 22 “Tissot” ve “Ray-Ban” firmalarının AG uygulamaları

İnternet üzerinden erişilebilen AG yazılımlarıyla müşterilerine ulaşabilen şirketlere **Ray-Ban** [87] ve **Tissot** [88] örnek gösterilebilir. Bu firmalardan Tissot, bilek için tasarladığı kol saati şeklindeki marker ile bu teknolojiyi müşterilerine sunmaktadır [89]. Ayrıca “**Nooka**” [90] isimli saat firmasının da benzer bir uygulama ile satış yaptığı bilinmektedir. [91] Ünlü gözlük firması Ray-Ban ise; “**Virtual Mirror**” ismini verdiği internet erişimli uygulaması ile insan yüzünü algılayıp 3B sanal gözlük modelini insan yüzüne yerleştirmekle ticari bir atılım yapmaktadır. [92]

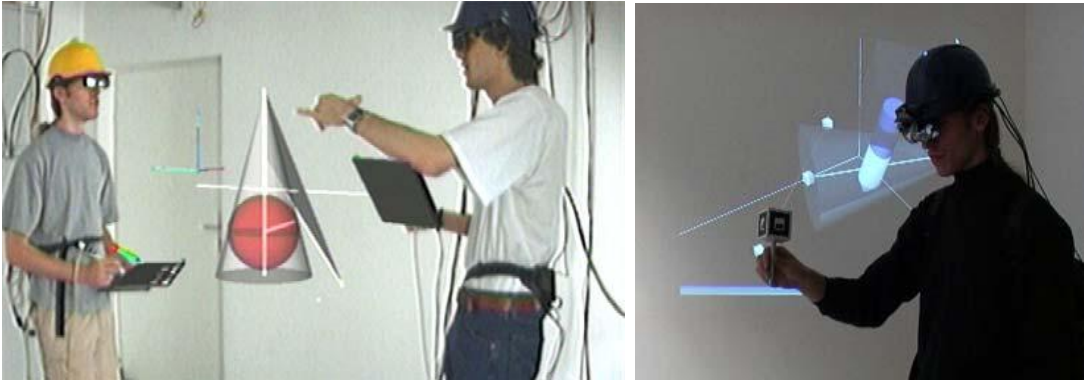
Bu uygulamaların yanı sıra promosyonel AG uygulamalarına rastlamak da mümkündür. Örneğin “**Pringles**” [93] firması için tasarlanana uygulama ile cips tüketimine talebin arttırılması hedeflenmektedir. Cipsin kutusunda bulunan marker, ilgili uygulama ile ilişkilendirildiği zaman ekrana -oyuncuların kutudaki marker ile kontrol edilebildiği- bir futbol oyunu yüklenmektedir. [94]

Eğitim

İleri düzey eğitim teknikleri uzmanı **Prof. Dr. Karen E. Hamilton** [95], AG’nin eğitim üzerine etkisi bağlamında çeşitli çalışmalar yapmaktadır. İncelemelerinde “**The New Media Cosorsium**” [96]un her yıl yayınladığı ve güncel eğitim teknolojilerini servis ettiği **Horizon 2010** ve **2011 Raporları**’ndan [97] kaynak göstererek, AG’nin günümüzde henüz HMD gibi gözlüklerle yaygın olarak kullanılmadığını ancak ilerleyen zamanlarda mobil aygıtlarda -daha taşınabilir teknolojilerin de katkısıyla- eğitim alanında daha etkin kullanılacağını söylemektedir. Raporlara göre AG teknolojisi, önümüzdeki iki ya da üç yıl içerisinde eğitimde dünya çapında yaygınlaşacaktır. [98]

Arttırılmış gerçeklik teknolojisi öğrencilerin, sanal ve gerçek dünya ile etkileşime girerek kendi öğrenmelerini kontrol edebilecekleri yapılandırmacı kavramlara başvurmaktadır. Öğrenciler AG gibi kısmen sanal olan bir eğitim seçeneği ile gerçek olmayan objeleri hareket ettirmekle çeşitli görev ve yetenekleri kazanabilmektedirler. [99]

AG ile öğrenci kendi canlı deneyimin yaşayarak bilgiye gider ve öğrenir. AG'nin bu özelliği ile **“Discovery Based Learning”** [100] (Keşfetme tabanlı öğrenim)'i desteklediği de söylenebilir. Örneğin bir sanat galerisi, müze ya da tarihi bir alanda gezinirken oraya özel hazırlanmış bir AG uygulaması ile ilgili haritalara, görüntülü ve sesli ek bilgilere gerçek zamanlı olarak ulaşabilir. [101] Iphone'lar için yazılmış **“uTourX”** [102] isimli uygulama, önceden tanımlı çeşitli üniversite kampüslerini öğrencilere tanıtmaya yarayan rehber bir AG uygulaması olarak incelemeye değerdir.



Şekil 2. 23 “Construct 3D”den görüntüler

“Eğitim” alt başlığı altında Wien Üniversitesi’nde hazırlanmış **“Geometry Education with Augmented Reality”** isimli doktora tezi incelenmiştir. Tezin kapsamında lise ve yükseköğretim geometri eğitimi için AG ile desteklenmiş **“Construct 3D”** ismi verilmiş bir yazılım önerilmiştir. Construct 3D, keşif tabanlı eğitimsel bir eğilimle, kullanıcı isteklerine göre geometrik birincil sanal nesnelerini değiştirebilmektedir. Geometrik nesneler, birbirleriyle olan ilişkilerine göre şekil alabilmektedir.

Eğitim sektöründe AG destekli çeşitli kitaplar da üretilmiştir. Örneğin **“Digital Tech Frontier”** firması; canlıların yaşamı, inşaat makineleri, uzay cisimleri gibi konularda **“Popar Toy”** [103] etiketi altında çeşitli AG kitapları üretmektedir. Sitesinden

masaüstüne ya da mobil aygıtlara indirilebilen uygulama, kitaplarla etkileşimli olarak kullanılabilir.



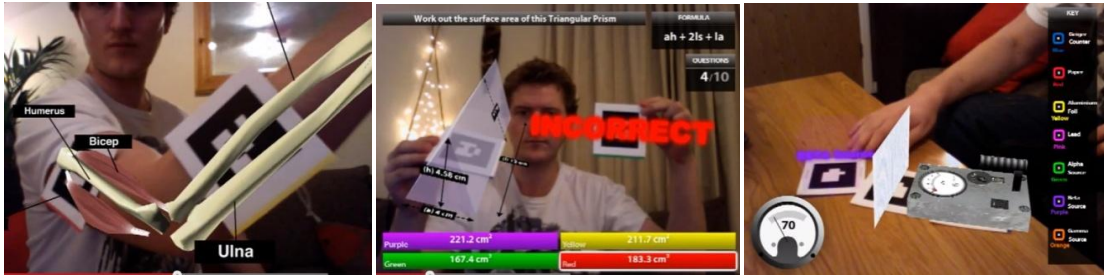
Şekil 2. 24 “Canlı Kitap”tan görüntüler

Bu örneğin yanında ülkemizde de AG destekli bir eğitim kitabı olarak “**KOZA Yayıncılık**” [104], “**Rotasoft Yazılım**” [105] ve “**Nonobiz**” [106]in ortak çalışmasıyla “**Canlı Kitap**” [107] isimli basılı yayınları incelemek mümkündür. AG teknolojisi, Kitaplarla birlikte verilen CD ile yazılım bilgisayarlara yüklenerek kullanılabilir. Kitap açıldığında işaretçiye gören kamera ve yazılım ile 3D modeller kitaplara yerleşerek sesli ve animasyonlu olarak izlenebilir. Dünyada bu alanda ilk olduklarını iddia eden Koza Yayın genel müdürü **Özgür Karaca**; sesli kitap projesinin TÜBİTAK’ın Teknoloji Destekleme Projesi (TEYDEP) kapsamında OTDÜ Teknokent [108]’e bağlı olarak iki yılda geliştirildiğini ifade etmektedir. [109] Proje çeşitli yayın organları tarafından da ilgiyle karşılanmış ve yayınlarına konu olmuştur. [110] [111]



Şekil 2. 25 “Nestor” isimli AG uygulamasından görüntüler

Eğitim uygulamaları içinde “**Nestor**” ismi verilen mobil bir AG uygulaması incelenmiştir. ISMAR 2009, en iyi öğrenci bildirisi ödüllü uygulama [112], 2D çizimleri algılayarak ilgili oldukları 3D modelleri ekrana getirmektedir. Yakaladığı 2D figürü benzettiği şekle yakın olan bir 3D model ile eşitleme prensibi taşımakta, sistemine yüklü olan 3D modeli AG ortamına aktarmaktadır. [113]



Şekil 2. 26 “LearnAR”dan görüntüler

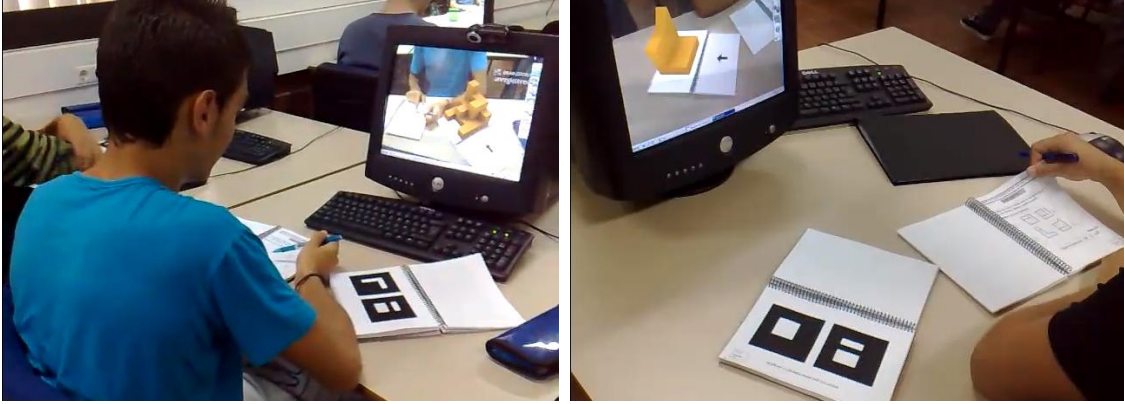
AG teknolojisi “**e-learning**” [114] yani uzaktan eğitim alanında da kullanılmaktadır. “**iNet**” (International Networking for Educational Transformation) ve “**Specialist Schools and Academies Trust**” [115] tarafından hazırlanan “**LearnAR**” [116] sistemi AG’in uzaktan eğitim örnekleri arasında gösterilebilir. Sistem; biyoloji, fizik, kimya, Fransızca, İspanyolca, İngilizce ve matematik alanlarında AG teknolojisini internet üzerinden kullanarak eğitim hizmeti vermektedir.



Şekil 2. 27 Arthur J. Olson ve hücreler arası etkileşime ilişkin yaptığı AG destekli çalışmalarından görüntüler

“**The Scripps Research Institute**” [117]ta Moleküler Biyoloji Profesörü olan **Arthur J. Olson** [118], 3B yazıcı ile elde ettiği biyolojik modelleri AG işaretçileri ile birleştirerek

kurduğu sistemle, hücreler arası etkileşimi AG teknolojisini kullanarak kurulmuş olan bir yazılım ile anlatmaktadır. [119]



Şekil 2. 28 3B uzaysal yetilerin geliştirmesini amaçlayan AG uygulaması

Ayrıca 3B uzaysal yetilerin geliştirmesini amaçlayan AG teknolojisinin kullanıldığı örnek uygulamalara da rastlamak mümkündür. Şekilde de izlendiği gibi cisimlerin 3B evrendeki görüşleri, bu konuda eğitim alan öğrencilere ucuz ve hızlı bir yöntem olan AG ile izletilerek 3B algılarının geliştirilmesi hedeflenmektedir. [120]



Şekil 2. 29 ARMAR'dan görüntüler

Temel bilimler eğitiminin yanında mesleki eğitime özel yazılmış AG uygulamalarından da söz edilebilir. Colombiya Üniversitesi'nden **Steve Henderson** [121] ve **Steven Feiner** [122] tarafından geliştirilen “**ARMAR**” [123] (Augmented Reality for Maintenance and Repair) isimli sistem, endüstri ve otomotiv eğitimi alanında önemli örneklerdendir.

ARMAR, bir HMD ve yazılım ile kullanıcının bakışına ek olarak sanal cisimleri gerçek objeler üzerine düşürerek mesleki eğitimi güçlendirmektedir. [124]

Günlük kullanım

AG teknolojisinin günlük hayatta kullanımına, **Steve Mann**'ın 30 yıl öncelere varan çalışmalarının öncülük ettiği söylenebilir. Mann, 1980'lerden günümüze adım adım geliştirdiği ve **“EyeTap”** [125] ismini verdiği dijital gözlük camı ile -günlük kullanıma yönelik- bakış boşluğuna sanal veriler göndermeyi denemiştir. [126]



Şekil 2. 30 Pranav Mistry ve “SixthSense”

Hindistanlı bilgisayar mühendisi **Dr. Pranav Mistry**'nin MIT'de geliştirdiği ve yaklaşık 350 Dolara mâlettiği **“SixthSense”** isimli projesini, AG teknolojisinin günlük yaşamda kullanımına ilişkin önemli bir örneği olarak incelemek mümkündür. Mistry boynuna astığı bir kamera ve projektör düzeni ile parmaklarına yapıştırdığı renkli bantları, giyilebilir bir bilgisayar kullanarak algılatmıştır. AG uygulamalarının marker'ına eş değerde olan renkli bantları, yazdığı program algılamakta ve projektör ile sanal verileri ilgili yüzey üzerine yansıtmaktadır. Böylelikle bir gazete sayfası üzerine video, kendi eli üzerine telefon tuşları projekte ederek AG teknolojisi ile cisimlerle etkileşime girebilmiştir. [127] Mistry'nin, AG'in çıkıtı olarak görüntüleme arabirimleri ile sınırlı olan yapısına projektör teknolojisini kazandırdığı söylenebilir.

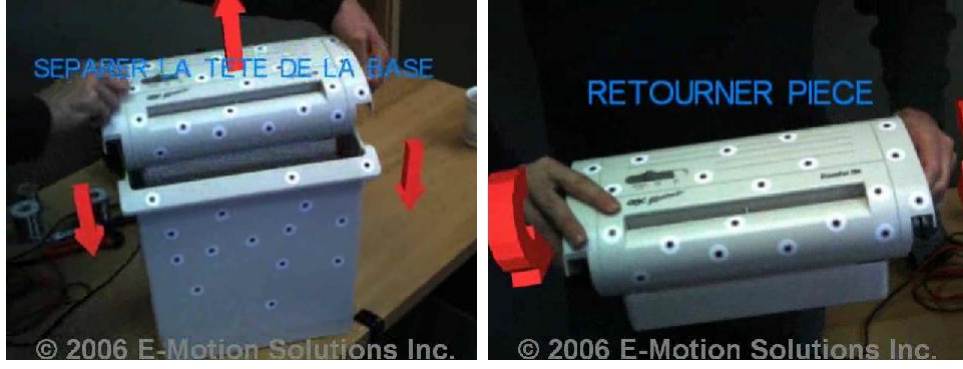
Günlük kullanım altında Hollandalı **“sprxmobile”** [128] firmasının geliştirdiği, programcılar tarafından **“Reality Browser”** [129] (Gerçeklik Tarayıcısı) şeklinde

isimlendirilen, “**Layar**” [130] isimli uygulama da incelenmiştir. Türkçede “katman” anlamına gelen “Layer” kelimesi, programının da temel çalışma mantığını ifade etmektedir. Mobil bir uygulama olan “Layer”, cihaz kamerasından yakaladığı gerçek görüntüler üzerine -şimdilik 87 ile sınırlı olan- bilgi katmanları bindirerek çalışmaktadır. Örneğin mobil cihazla tarihi bir yapıya bakıldığında, “Layer” yapıyı -GPS verilerinden de yararlanarak (Geolocation)- algılar ve üzerine -örneğin **Wikipedia**’dan- bir bilgi katmanı bindirir. Böylelikle kullanıcı kamera hareketi ile yapıyı takip edebilen bir bilgi bulutu ile etkileşime girmiş olur. Wikipedia [131] bilgilerinin yanında “Layer” kullanıcıya, yakın çevredeki otobüs durakları, lokantalar, alışveriş merkezleri gibi lokasyonları da ekran görüntüsü üzerine bindirerek gösterir. [132] İlk mobil AG uygulaması olduğunu iddia eden “Layer”ın Iphone [133] ve Android [134] uygulamaları ilgili mobil market sitelerinden indirilebilmektedir.

Endüstriyel Tasarım

Arttırılmış gerçeklik, bir ürünün tasarım ya da çalışmasını, o ürün daha tamamlanmadan önce deneyimleyebilme fırsatını endüstriyel tasarımcılara sunmaktadır. AG ile güçlendirilebilen sanal prototipler, fiziksel prototip bedellerinin yüksek olduğu durumlarda tercih edilebilmektedir. [135] Örneğin Volkswagen otomobil firması, üretilen araçların hesaplanan ile gerçek çarpışma testi görüntülerini karşılaştırmak için AG’i kullanmaktadır. [136]

“**Arcane Technologies**” [137] AR teknolojisini endüstriyel tasarımda kullanan ödüllü kuruluşlardan biridir. “**Mirage**” [138] ismini verdikleri kompakt AG sistemi ile kullanıcıya daha derin ve daha gerçekçi stereoscopic OLED 3D görüntüler sağlamaktadır. Temelde bir HMD şeklinde çalışan sistem kendi yazılımları olan “**MirageBuilder**” ile çalışmaktadır. Birçok büyük firmaya servis sağlayan şirketin yazılımları, şeklide de görülen kaskların test ve ön-görselleştirme işlemlerinde kullanılmıştır. [139]



Şekil 2. 31 Motions Solution (Arcane Technologies)

Yine “**Arcane Technologies**”in ürettiği “**Motions Solution**” isimli yazılım ile endüstriye yönelik bakım ve eğitim işlemleri AG teknolojisi ile gerçekleştirilmektedir. Yazılım ile kullanıcı eline aldığı cihaz hakkındaki sanal yönergeleri ekranda izler ve uygulayabilir. [140]

BMW firmasının da endüstriyel AG uygulamalarını kullandığı bilinmektedir. Örneğin araç motorunun arızasını tamir eden tekniker, çalışması sırasında AG ile 3B bilgileri de ek olarak elde edebilir. Kullandığı HMD ile hareketli 3B parçaları gerçek dünyanın üzerine binmiş şeklide izlemenin yanında sisteme sesli olarak yüklenmiş teknik talimatları da işitebilir. [141]

Medikal Uygulamalar



Şekil 2. 32 Optik takip aygıtları

“**Medcom**” firması tarafından tasarlanan “**Medarpa**”; Almanya’nın Nuremberg, Frankfurt ve Offenbach şehirlerinde etkin kullanılan AG destekli bir iş istasyonudur. İstasyon “delme ve biopsi”, “kanser ve brakiterapi tedavisi”, “kalp ameliyatları” gibi medikal uygulamalarda görselleştirme amacıyla kullanılmaktadır. İstasyonun yazılımı HMD veya kamera ile kullanılabilir. Ayrıca sistemde kullanılan kablosuz teknolojisi ile operasyonu yapan klinisyene hareket rahatlığı da sağlamaktadır. [142]

Yüksek performanslı medikal imgeleri işleme ve mobil cihazlar için yazılım geliştirme ile ilgilenen **MED** (Medical Embedded Systems) [143], AG kullanarak “**SurgeryPad**” ve “**MITK bones (former MITK pille)**” isimli iki medikal uygulama geliştirmiştir.



Şekil 2. 33 AG'in medikal alanda kullanımı

“**SurgeryPad**”, cerrahi veya diğer medikal işlemler sırasında klinisyenlere yardımcı olmak için hastanın iç vücut parçalarını görselleştiren bir Tablet-PC AG uygulamasıdır. Bilgisayar destekli ameliyat teknolojisine yeni bakış açıları ve yeni yaklaşımlar sunduğu söylenmektedir. AG'in temel mantığını kullanarak, tablet-PC ekranında, hastanın bireysel anatomisi üzerine sanal anatomiyi bindirir. Böylece müdahale sırasında istenilen kısımlara cerrahi rehberlik desteği sağlanmış olur. [144]

Şirketin diğer bir medikal iPad uygulaması da “**MITK bones**”dur. Bir AG uygulaması olan “**MITK bones**”, kemikler üzerine çalışan klinisyenlere insan vücudunun iç kısmını görselleştirmede yardımcı olmaktadır.

“**Mirracle**” isimli diğer bir medikal AG uygulaması Essen “**IdeenPark**”da tanıtılmıştır. Uygulama ile kamera karşısına geçen birinin kemik atlası kişinin üzerine düşürülmektedir. Medikal eğitim amaçlı da kullanılabilen bu atlasın yanında uygulama, kendini kullanıcıya göre kalibre ederek insan vücudunun gerçek zamanlı MR kesitini

gösteren alt bir fonksiyon daha içermektedir. [145] Aynı zamanda bu çalışma, “**IEEE Virtual Reality 2012 Sempozyumu**”nda [146] poster olarak da sunulmuştur.

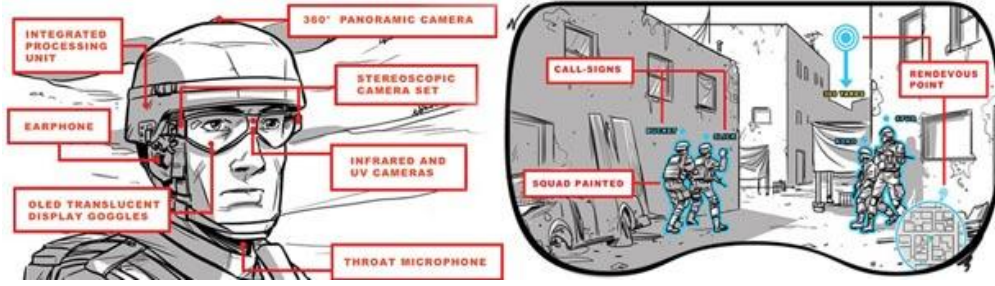
“**Arcane Technologies**” firmasının yazılımını yaptığı AG uygulamalarından biri, örümcek korkusunun tedavisi için kullanılmaktadır. AG ortamı, hareketli 3D örümcek modeli ile medikal bir çözüme dönüştürülmüştür. [147]

Askeri Uygulamalar

Bir AG yaklaşımı ile özellikle savaş uçaklarında ve bazı otomobillerde ön cam üzerine yerleştirilmiş “**Head-up display**” [148] (HUD) isimli bir panel ile zenginleştirilmiş bir bakışım elde edilmektedir. Türkçede “sanal gösterge paneli” [149] olarak kullanılan bu bakışım teknolojisi, kullanıcının sürüş hâkimiyetini kaybetmemesi için özellikle savaş uçaklarında çoklukla tercih edilmektedir. Bununla birlikte kara askerleri için de Head Mounted Display (HMD) ile ilişkilendirilmiş AG uygulamaları kullanılabilmektedir. Böylelikle düşman konumunu gibi kritik bilgiler kullanıcının bakış boşluğu üzerine bindirilerek daha zengin bir bakışım elde edilebilmektedir. [150]

Örnein VSI [151] firması “**Boeing F-15 Silent Eagle Demonstrator Aircraft**”lar için “**The Joint Helmet Mounted Cueing System II/h**” (JHMCS II/h) [152] isimli cihazı üretmektedir. Henüz üretim aşamasında olan bu cihaz, manevra sensörleri ve silah sistemlerini doğrudan pilotun bakış boşluğuna iletmektedir. İşlemci, jiroskop (açısal denge aygıtı), kulaklık, mikrofon, sensörler ve radyo gibi aygıtlar bu sistemin çeşitli parçalarındandır. [153]

Bu teknolojilerin yanı sıra gece görüş gözlükleri üzerine bindirilmiş AG uygulamaları da bulunmaktadır. Bu gözlüklere askerler için konum, yön gibi birtakım bilgiler yansıtılmaktadır. İnsansız araçlarda da yine AG teknolojisini içeren bir takım aygıtların kullanıldığı söylenmektedir. Bunlardan özellikle hava araçları operatöründen binlerce kilometre uzağa gidebilmektedir. Bu araçlar birçok kamera ve sensör taşımakta ve kullanıcıya AG ile zenginleştirilmiş video görselleri iletmektedir. [154]



Şekil 2. 34 AG'in askeri alanda kullanımını gösteren bir illustrasyon

Askeri AG uygulamalarının günümüz modern savaş teknolojilerini yeniden tanımlayacağı yönünde çeşitli öngörüler vardır. Örneğin AG teknolojisi ile kurulan bir network ağı üzerinden tüm savaş alanı askerlerin gözlüklerine savaş sırasında gerçek zamanlı olarak yüklenebilir. Askerin bakış alanı üzerine insanlar, çeşitli objeler ve potansiyel tehlikeler özel işaretçiler ile işaretlenebilir. Sanal haritalar ve 360° görüş açılı kamera görselleri askerlerin gözlüklerine yüklenebileceği gibi askerlerin görüş alanına giren görüntüler de askerleri uzaktan yöneten komutanlarına iletilebilir. [155]

“Sandia Ulusal Laboratuvarları” [156] yakın muharebe savaşları için bir AG alıştırma uygulaması geliştirmiştir. **Umbra** [157] ismini verdikleri sistem, sanal düşmanları gerçek dünya üzerine bindiren giyilebilir bir AG sistemi kullanmaktadır. Sistem ile kullanıcılar sanal karakterlerin gerçek zeminde sürünmek, duvar arkalarından, kapılardan ya da diğer bloke edilmiş objelerin arasından belirmek gibi davranışlarını deneyimlemektedirler. [158]

Navigasyon

Arttırılmış Gerçeklik teknolojisi, navigasyon cihazlarının etkinliğini arttırmada da kullanılmaktadır. Araçların ön cam panellerine entegre edilen **“Head-up display”** (HUD)'ler kullanıcıya daha gerçekçi bir navigasyon sistemi sunmaktadır. **“Geleceğin sürüşü”** sloganıyla araştırmalara konu olan ön cam paneli Mercedes, Ford, Audi, Kia gibi ünlü otomobil firmaları tarafından çeşitli özellikler eklenerek kullanıcıya daha gerçekçi bir navigasyon sağlamak için geliştirilmektedir. [159]



Şekil 2. 35 “Route 66”nın “Follow me” isimli uygulaması

Mobil cihazlarda kullanılmak üzere çeşitli AG uygulamaları geliştirilmiştir. En çok tanınan mobil navigasyon yazılımlarından biri olan “**Route 66**”nın “**Follow me**” isimli uygulaması AG teknolojisi kullanarak sanal haritayı gerçek görüntü üzerine bindirmektedir. [160]



Şekil 2. 36 “ARnav POI Browser”dan görüntüler

“**ARnav POI Browser**”, sanal işaretçileri gerçek kamera görüntüsü üzerine düşürerek kullanıcıya zenginleştirilmiş bir sistem sunan diğer bir navigasyon uygulaması olarak incelenebilir. ARnav mobil yazılımı ile ATM, otel, restoran gibi çevredeki lokasyonlara navigasyon sistemi içerisinde kolaylıkla ulaşmak mümkündür. [161]

Spor

Çeşitli spor karşılaşmalarında AG ile oyun alanı üzerine sanal nesneler bindirilebilmektedir. Böylelikle yayınlarında izleyicilere daha zengin bilgi verici görünümler sunulmuş olur. [162] Özellikle Amerikan futbolu TV yayınlarında oyun çizgilerinin ekrana çizilmesi AG ile olmaktadır. [163] Bunun yanında futbol

karşılaşmalarının TV yayınlarında da yine “ofsayt”, “baraj”, “9.15” gibi çizgilerin yayın üzerine bindirilmesi yine AG ile olmaktadır.



Şekil 2. 37 “EYEPLY” in AG uygulaması

“EYEPLY” [164] isimli yazılım şirketi, canlı spor karşılaşmalarını zenginleştirmek amacıyla bir AG uygulaması geliştirmiştir. Uygulama ile örneğin bir golf turnuvasına katılan kullanıcı diğer bir delikte ne olduğu hakkında bilgi sahibi olmak istediğinde elindeki akıllı telefonu o deliğe doğru yöneltip çeşitli fotoğraf ve bilgileri telefonunda görebilmektedir. Örneğin bir futbol maçında yine telefonun herhangi bir oyuncuya doğru yöneltildiğinde o oyuncu hakkındaki bilgiler ekran üzerinde diğer bir katmanda izlenmektedir.

2009 Wimbledon tenis maçlarında kullanıcı akıllı telefonun kamerası sahaya doğru gösterildiğinde, Yine aynı şirketin “Seer” isimli uygulama saha ve maç hakkındaki çeşitli bilgileri ekran üzerine getirmektedir. [165]

“Total Immersion” tarafından “Topps 3d Live” isimli uyulama, beysbol oyuncularını hatıra kartlarında 3B olarak yerleştirerek seyretme fırsatı sunmuştur. Böylelikle basılı kart koleksiyonerliğinin üzerine bir adım atılmıştır. İnternette uygulama indirildikten arayüzden seçilen oyuncu kamera ilgili kart üzerine 3D olarak bindirilmektedir. Uygulama içinde klavye kısa yolları ile kullanıcının etkileşime girebileceği bir de oyun bulunmaktadır. [166]

Sinema

Çeşitli uygulama alanlarının yanında AG'e sinema alanında da rastlamak mümkündür. AG'in isim babası olarak anılan **Roland Azuma** AG'i tanımlarken, AG'in sanal ve gerçeği birleştiren niteliğine ilişkin bir sinema filmi olan **"Who framed Rogger Rabbit"**'i makalesinde örnek göstermiştir. [167]



Şekil 2. 38 "Robocop", "Minority Report" ve "Iron Man"den görüntüleri

Sinema sektöründe AG mantığı ile üretilmiş özellikle bilimkurgu türünde birçok filme rastlamak mümkündür. Özellikle Hollywood senaristleri filmlerdeki maceraların kurgusunda AG'in yardımını almaktadırlar. [168] **"Iron Man 1-2-3"**, **"Tron"**, **"They Live"**, **"Minority Report"**, **"Avatar"**, **"Robocop"**, **"Wall-e"**, **"Top Gun"**, **"Total Recall"**, **"Predator 1-2"**, **"Terminator 1-2-3"** gibi yapımlarda görülen AG yaklaşımları, bu teknolojinin günümüzden daha eski dönemlerde de kullanılageldiğini göstermektedir.

Daha sonraları masaüstü uygulamaları da geliştirilen **"Ironman 1-2-3"** serisi, geleceğin askerlerinin operasyon sırasında nasıl zenginleştirilmiş bir bakışım ile savaşabileceğini ortaya koyması açısından AG için özellikle incelemeye değer bir örnektir.

Aslında yukarıda sıralanan filmlerde kullanılan 3B bilgisayar teknolojisini, AG'in tanımları bağlamında, doğrudan AG'e bağlamak doğru değildir. Ancak bu filmlerdeki teknolojik yaklaşımlar, AG'in geleceğini ortaya koyan önemli konsept adımları olması ve araştırmacılara fikir/vizyon katmaları gibi açılardan bu filmleri incelemeye değer kılmaktadır.

Yukarıda incelenen filmlerin yanında **"The Augmented Reality Movie"** (AG Filmi) olarak isimlendirilen diğer bir AG yaklaşım daha günümüzde ortaya çıkmıştır. AG filmler

kullanıcıyı filmin içine davet edip gerçek zamanlı olarak film ile etkileşime sokmakta ve böylelikle kullanıcının gerçek hakkındaki algı, duygu ve hislerini değiştirmektedir. Son birkaç yıl içinde kullanıcıların çok kolay ulaşabileceği, başarısını günden güne arttıran, birçok AG sinema uygulama geliştirilmiştir.

Örneğin “**Storylines**”, 2011 Hollanda Film Festivali için üretilmiş bir AG uygulamasıdır. Bu uygulama 3B film setini oluşturmak için “**Layar**” isimli uygulamayı kullanmaktadır. “Layar” ile belirlenen seyahat güzergâhını mobil aygıtı ile takip eden kullanıcı, etrafı konuşma balonları ile zenginleştirilmiş bir ortamda ilerler. Kullanıcı sadece bu konuşma balonları ve güzergâh ile sınırlanmaz, alternatif hikâye adımlarını takip etmesine de fırsat tanınır. [169]

Bu alt başlık altında incelenen diğer bir uygulama ise, AG sineması için hazırlanmış bir konsept çalışmadır. [170] Bu uygulama ile mobil aygıtın kamerası filmin çekildiği sahne üzerine tutulduğunda filmin ilgili dakikadaki çekimleri mobil cihaz üzerinde belirir. Böylelikle kullanıcı o filmin içindeymiş yanılışmasını gerçek zamanlı olarak yaşaması hedeflenmiştir. [171] Bu uygulama henüz konsept düzeyinde olsa da AG’nin geleceğinde önemli bir alan dolduracağına inanıldığından burada incelenmiştir.

Çeviri

Yapılan araştırmalarda AG’in çeviri alanında da örnek çalışmalarına rastlanmıştır. Örneğin “**Word Lens**” isimli Iphone uygulaması, kameradan aldığı görüntülerde bulunan yazıları İspanyolcadan İngilizceye çevirmektedir. Yapılan çeviri metni, asıl görüntüsüne uygun font ve düzende tekrar ekran üzerine bindirilmektedir. Böylelikle kullanıcıya gerçek zamanlı olarak çeviri hizmeti sunulmaktadır. [172]

Mimarlık

Tezin asıl araştırma alanı olmasından dolayı bu konu “**3. Mimarlıkta Arttırılmış Gerçeklik**” isimli başlık altında genişletilerek incelenecektir.

2.4 Arttırılmış Gerçekliğin Teknolojik Bileşenleri

“İnteraktif bir görselleştirme teknolojisi” [173] olarak kabul edilebilen AG, işaretçi (marker) ile birlikte bir takım donanımsal ve yazılımsal bileşenlerden meydana gelmektedir. AG’in yazılım boyutu program geliştiricisinin eğilimine ve tecrübesine göre çeşitlenmektedir. AG’in donanımsal boyutu ise farklı uygulamalardan yapılan incelemelerden de izlendiği üzere, benzerlikler göstermektedir.

Tez kapsamında AG’in teknolojik bileşenleri; **“marker”**, **“donanımsal bileşenler”** ve **“yazılımlar bileşenler”** olmak üzere üç alt başlıkta incelenmiştir.

2.4.1 İşaretçi (Marker)

Bilindiği üzere AG, sanal verileri gerçek dünya üzerinde sunmaktadır. Bunu gerçekleştirmek için sistem, kullanıcının nerede olduğunu ve nereye baktığı bilmek ister. Kullanıcı, kameradan yakalanan (capture) görüntü ile çevreyi -zenginleştirilmiş olarak- ekranda keşfeder. Bunun sağlanması için kameranin lokasyon ve oryantasyonunun bilinmesi gerekir. Çünkü sistem ancak bu bilgileri kullanarak, sanal objeleri doğru konumları üzerinde renderlayabilir. [174]

Bununla birlikte fiziksel çevre ve sentetik veriler arasında doğru ve tutarlı bir birleşimin sağlanabilmesi, AG’in en temel işlevidir denilebilir. Öyle ki izleme (tracking) ve tutarlı birleşim (registration) işlemlerindeki başarı, AG projelerinde en çok üzerinde durulan ve problemleri çözülmeye çalışılan konulardandır. “İzleyici”nin hassas, hızlı ve dirençli olması, AR uygulamalarının tatmin ediciliği açısından oldukça önemlidir. [4]

Konuyu detaylandırmak gerekirse; “İzleme” (tracking) işlemi, kameranin lokasyon ve oryantasyonunun göreceli olarak sistem tarafından hesaplaması anlamına gelir. “Bilgisayar görüntüleme”, “fotogrametri” ve “robotik” gibi alanında çalışanlar, oldukça fazla sayıda izleme metodu geliştirmişlerdir. Sonrasında bu metotlar çeşitli araştırmacılar tarafından **“sensör izleme”**, **“optik izleme”** ve **“hibrit izleme”** şeklinde üst sınıflara ayrılmıştır. [174]

ilerleyen zamanlarda kızılotesi çözümler, yüksek hassasiyet ve yüksek yakalama hızına erişmeyi başarmışken, geleneksel kameraları kullanan **“işaretçi tabanlı sistemler”**, kullanıcılarına düşük maliyetli opsiyonlar sunmuştur. Gelişen bu durum karşısında **“optik izleme”**, diğer türler arasında popüler olmaya başlamış [4] ve AG’in özel ilgi alanına girmiştir. [174] Çünkü Arttırılmış Gerçekliğin temelinde gerçek dünya üzerine bırakılmış işaretçiyi **“optik izleme”** metodu ile yakalama ve takip etme fikri yatmaktadır.

“İşaretçi”lerin yeri, yukarıdaki teknik açıklamalarda bahsedilen “fiziksel” ve “sanal”ın birleşiminin ve “izleme” işleminin kesişimindedir. Yani fiziksel dünyaya sanal verilerin iliştilmesinin birleşim noktasında **“işaretçi”**lerin bulunduğunu söylemek yanlış olmaz.

Yapılan incelemeler sonucunda, işaretçilerin yapısına bakarak Arttırılmış Gerçeği, dolayısıyla işaretçileri, **“İşaretçi Tabanlı (Marker-Based)”** ve **“İşaretçisiz (Markerless)”** şeklinde iki alt sınıfa ayırarak incelenebileceği kanaati oluşmuştur. [175]

İşaretçi Tabanlı (Marker-Based) Arttırılmış Gerçeklik

“İşaretçi Tabanlı AG”de sistem, kullandığı kameranın merkez, pozisyon ve oryantasyon bilgilerini görsel bir işaretçi kullanarak tespit eder ve izler. [176]



Şekil 2. 39 Basılı marker örnekleri

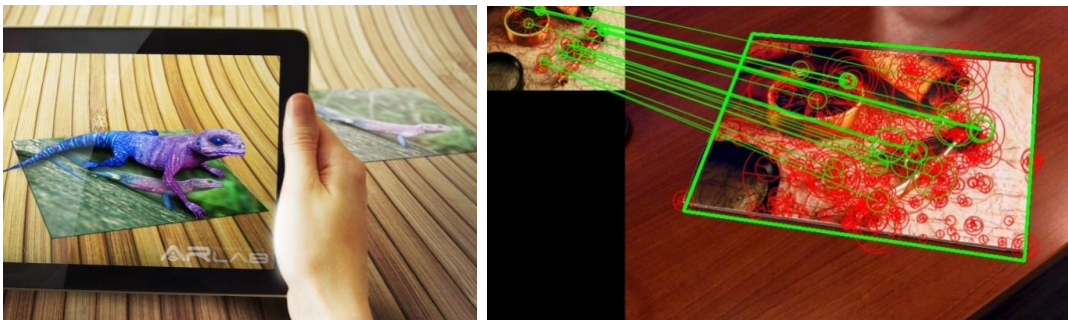
İşaretçilerin tasarımı kullanıldıkları uygulamalara göre değişiklik göstermektedir. Örneğin QR kodlarında konumlandırma bilgisi önemsenmediği için QR marker’larının tasarımı konum ve yön bilgisi taşıyan diğer marker’lardan farklıdır. İşaretçi tabanlı AG uygulamalarında işaretçi, kamera daha uzaktan algılatılacağı ve kamera bakışına göre

perspektif bozulmalara uğrayacağından dolayı daha farklı tasarlanması gerekir. Birçok AG uygulaması, kamera işaretçiyi gördüğü zaman çalışır. Bu yüzden, AG işaretçilerinin kameranın hesaplayabilmesi için en az dört belirgin noktası bulunması gerekir. [177]

Endüstride kargo detaylarını taşıyan işaretçilerden Arttırılmış Gerçeklik ortamlarında ve robotikte konum bilgisini yakalamaya yarayan işaretçilere kadar bu iki boyutlu desenleri (pattern) kullanan birçok alan vardır. Endüstride QR kodları ve Arttırılmış Gerçeklik uygulamalarında ARToolkit, ARTag ve ARStudio'nun marker tercihleri bu kullanımlara örnek gösterilebilir. Düzlemsel olarak nitelendirilen tipik markerler “**bitonal**” yani tek renklidir ve örneğin ARToolkit’de etrafı siyah kenarlıklı bir çerçeve içinde olması gerekir. Gri tonlamaların algılatılmasına ihtiyaç duyulmaz ve böylelikle gereksiz bilgiler hesaplanıp taşınmamış olur. [177]

İşaretçisiz (Markerless) Arttırılmış Gerçeklik

AG’de görüntü veya obje tanımlama ve 3B obje izleme yeni bir konsept değildir ve görsel işaretçilerle gerçekleştirilmektedir. Görsel işaretçiler ilk AG uygulamalarında oldukça geniş çapta kullanılmışlardır. Bu uygulamaların birçoğunda bir AG sisteminin performansı, sistemin kullandığı görsel işaretçiyi izleme metoduna, pozisyon tahminine ve belirli uygulamalara fazlaca bağlıdır. Görsel işaretçilerin tasarımı birinden diğerine farklılık gösterebilir. Fakat bu görsel işaretçilerin kullanımı, interaktiviteyi limitler ve bir obje veya fotoğrafı, işaretçiyi oluşturabilmek için bir bordür ile çevreler. Bu nedenle, bu yaklaşımı kullanabilmek için, bu görsel işaretçiler daha önceden basılmalı ve sonraki kullanımlar için saklanmalıdır. [178]



Şekil 2. 40 İşaretçisiz (Markerless) örnekleri

“İşaretçi tabanlı” AG sistemlerinden farklı olarak, “işaretçisiz” AG sistemlerinde gerçek/fiziksel çevrenin herhangi bir kısmı, sanal objeyi üzerine yerleştirip izleyebilmek için bir hedef olarak kullanılabilir. Mobil teknolojilerdeki yeni gelişmelerle, donanım ve yazılımın her ikisinde de, “doğal özellik” (natural features) gibi yeni işaretçisiz yaklaşımlar, AG dünyasında kırılma yapmıştır ve sadece klasik işaretçiler yerine gerçek objelerin kullanımına izin vermekle kalmamış aynı zamanda onların bazı limitlerini de aşmıştır. [178]

Daha açık ifade etmek gerekirse; “işaretçisiz” AG sistemlerinde kameranın yakalayıp takip edeceği hedef görsel, herhangi bir grafik medya ortamında tasarlanabileceği gibi kullanıcı tarafından elle çizilen bir figür bile olabilir. Bunlarla birlikte daha detayda bir fotoğraf, bir nesne veya kollarını iki yana açmış bir insanın başıyla birlikte oluşturduğu “T” şekli dahi sistemin fark edebileceği bir görsel tanımlayabilir. Ayrıca geliştirilen uygulama türüne göre, uydudan alınan GPS verileri [179], pusula bilgileri veya bir mimik [175] dahi bir işaretçi olarak nitelenebilir.

2.4.2 Arttırılmış Gerçekliğin Yazılımsal Bileşenleri

Yapılan incelemelerde bir Arttırılmış Gerçeklik projesinin, günümüz yazılım teknolojilerinin izin verdiği birçok farklı geliştirme platformunda, birçok farklı yazılım dilinde, birçok farklı yöntem kullanılarak oluşturulabildiği görülmüştür. C, C++ gibi doğal (native) dillerin yanında “sanal makine dilleri” olarak tanımlanan JAVA, C# ve Flash gibi dillerde de bir AG projesi geliştirilebilir.

AG’in temel mantığı olan işaretçiyi yakalama ve takip etme özelliğine, önceden yazılmış AG kütüphaneleri ile daha kolay bir yöntem olarak erişmek mümkündür. Uzman ekipler tarafından geliştirilen **C** ile **ARTools**, **OpenCV**, **OpenGL**; **Java** ile **NyARTools** ve **Flash** ortamında **FlarToolkit** gibi kütüphanelerin kullanılmasıyla projeler oldukça hızlı ve daha az hatalı olarak ortaya çıkar. Ayrıca bu kütüphanelerin kullanılmasıyla projelerdeki toplam işlem sayısı da oldukça azalır.

Aşağıda, AG’in yazılımsal kısmına ilişkin güncel yazılımlar ve yazılım geliştirme araçları listelenmiştir: [180]

Çizelge 2. 1 Açık kaynak kodlu yazılımlar

UYGULAMA İSMİ	AÇIKLAMA	YAZILIM PLATFORMU	UYGULAMA PLATFORMU
Argon	AG tarayıcısı	HTML/JavaScript/CSS	Web
ARToolkit	AG kütüphanesi	C tabanlı ancak JAVA, Flash, Android gibi bir çok ortama aktarılmıştır.	Linux, Windows, Web, Android ve iPhone
ArUco	AG kütüphanesi	OpenCv	Linux, Windows
ATOMIC Authoring Tool	Çoklu ortam oluşturucu	Processing	Windows, Linux ve Mac OS X
Goblin XNA	AG ve SG'i çoklukla oyun sektörüne mobil ortamda 3B kullanıcı ara yüzüyle sunan bir platform	C#	Windows
GRATF	Optik glifleri tanılayan, tespit eden ve 3B poz tahmini yapan bir kütüphane	C#	Windows
mixare	AG moturu	HTML, CSS, PHP ve Javascript	Android ve iPhone
DroidAR	Konum ve işaretçi tabanlı AG'ye özelleşmiş framework (yapı çerçevesi)	JAVA	Android

Çizelge 2. 2 Tescilli AG İçerik Yönetim Sistemleri

SİSTEM	TANIMLAMA	PLATFORM
Metaio Creator	AG senaryolarını üretmek ve yayınlamak için bir masaüstü aracıdır.	<u>Android, iOS ve Microsoft Windows</u>
BuildAR	Doğal içerik takip tabanlı AG konum belirleme uygulamaları için web tabanlı bir içerik platformudur.	Mobil cihazlar
Hoppala Augmentation	Geolokasyon tabanlı mobil AG yazılımları için web tabanlı içerik platformu	Mobil cihazlar
Webcam Social Shopper	e-ticaret sitelerinin görselliğini güçlendiren web tabanlı yazılım	Mobil cihazlar
Fityour.com	E-ticaret giyim siteleri için bir web sitesi	Web
Plakar	Basılı materyaller ve reklam panolarının zenginleştirilmesi için web tabanlı platform	Web

Çizelge 2. 3 AG Geliştirici Araçları [180], [181]

ARAÇ İSMİ	TİP	TANIMLAMA	PLATFORM
3DAR	Mobil	Konum	IOS
AndAR	Mobil	İşaretçi	Android
AR Toolkit	Web	İşaretçi	Flash, Diğer
AR23D	Mobil	Doğal içerik izleme (Natural Feature Tracking veya markerless)	IOS, Android, BlackBerry, Symbian
ARLab	Mobil	İşaretçi, Konum, Oyun, Görsel araştırma	IOS, Android
ARToolkit	Mobil	İşaretçi	IOS
Catchoom SDK	Mobil	SDK'sı kullanıcılara 2B imajları ve 3B objeleri native üçüncü parti uygulamalar içine tanımlamayıp entegre etmeye izin verir.	Android ve iOS
d'Fusion	Mobil	Doğal içerik izleme, Yüz tanıma ve izleme	IOS
d'Fusion	Web	Doğal içerik izleme, Yüz tanıma ve izleme	Flash
DroidAR	Mobil	İşaretçi, Konum	Android
Junaio	Mobil	Doğal içerik izleme, Konum	IOS, Android
Layar	Mobil	Doğal içerik izleme, Konum	IOS, Android
Metaio SDK	Masaüstü, web ve mobil	SDK'sı doğal içerik izleme ve 3D takip imkanı sunar.	Android, IOS ve Microsoft Windows
Minerva Project	Web	İşaretçi	Flash, Diğer
Mobil SDK	Mobil	Doğal içerik izleme	IOS, Android
Obvious Engine	Mobil	Doğal içerik izleme	IOS
Qualcomm	Mobil	Doğal içerik izleme	IOS, Android
Seca02	Web	Animasyon aracı	Flash, Diğer
String	Mobil	Doğal içerik izleme	IOS
ViewDLE	Mobil	Yüz tanıma	IOS
Vuforia AR SDK	Masaüstü, web ve mobil	Daha önce QCAR olarak bilinen SDK, mobil aygıtlar için AG uygulamaları üretmeye yarayan bir yazılım geliştirme kitidir.	IOS, Android ve Unity 3D
VYZAR SDK	Mobil	IOS ve Android'li cihazlar için bir cross-platform (yazılımın birden fazla işletim sistemini desteklediği platform) SDK'sıdır.	IOS, Android
Wikitude	Mobil	Konum	IOS, Android, BlackBerry, Symbian

2.4.3 Arttırılmış Gerçekliğin Donanımsal Bileşenleri

AG arkasındaki teknoloji, “sinyal işleme ve izleme sistemleri”, “grafik”, “kullanıcı arayüzleri”, “insan faktörü”, “giyilebilir ve mobil işleme”, “bilgi görselleştirme ağları” gibi birçok alana temas edebilir. Hedeflenen uygulamanın şekline ve kapasitesine göre donanımlar değişse de bir takım temel donanımlar benzerlik göstermektedir. [182]

Roland Azuma’ya göre bir AG sisteminin doğru işleyebilmesi için üç koşulu sağlaması gerekmektedir: Bunlardan ilki; “izleyici”, konumlamada hassas olmalıdır. İkincisi; “izleyici” ve “grafik motoru” arasındaki bileşik gecikme çok düşük seviyede olmalıdır. Üçüncüsü ise; “izleyici” geniş bir kapsama alanında bulunmalıdır. [182]

Fiziksel ortam izlenip sanal nesnelerin yerlerine hassas ve gerçek zamanlı olarak yerleştirilebilmesinde güçlü hesaplamalar gerekeceğinden tercih edilecek donanımların da bu işlemleri kaldırabilecek güçte olması gerekmektedir. Kullanıcının hareketlerine pürüzsüz cevap verebilen bir arayüzün izlenmesi tercih edilen donanımların ideallliği veya yeterliliği hakkında fikir verebilir. [183]

Günümüz mobil teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte mobil cihazlar yaygınlaşmakta ve her yaştan ve kesimden kullanıcı bulmaktadır. Öyle ki AG uygulamaları üzerine yapılan incelemelerle AG uygulamalarını “masaüstü” ve “mobil” olarak iki temel başlık altında incelenebileceği kanaati oluşmuştur.

AG’in donanımsal bileşenlerini “Ekran”, “İşlemci”, “Girdi aygıtları” ve “Sensörler” olmak üzere dört başlık altında incelemek mümkündür: [184]

Akıllı telefonlar ve tabletler gibi modern mobil işleme aygıtlarında “ivmeölçer”, “GPS”, “dijital pusula” gibi mikroeletromekanik sistemlerle birlikte, “entegre kameralar”ın bulunması bu cihazları AG için oldukça uygun bir platforma çevirdiğine de bu başlık altında değinmek doğru olacaktır. [184]

Ekran (Display)

Ekranlar, sunum ve bilgilenme için kullanılan çıktı aygıtlarıdır. [185] AG’de “optik projeksiyon sistemleri”, “monitörler”, “Portatif aygıtlar” ve “görüntüleme sistemleri”, gibi birçok teknoloji kullanmaktadır. AG’de kullanılan ön önemli görüntüleme sistemlerini “**Bilgisayar monitörleri**”, “**HMD’ler**” ve “**Gözlükler**” şeklide özetlemek mümkündür:

Bilgisayar Monitörü: Monitör, görüntü sergilemek için kullanılan elektronik ya da elektro-mekanik aygıtların genel adıdır. Başta televizyon ve bilgisayar olmak üzere birçok elektronik cihazın en önemli çıktı aygıtı olan monitör, elektronik devreler, güç transformatörü ve resmi oluşturan birimleri içerir. [186]



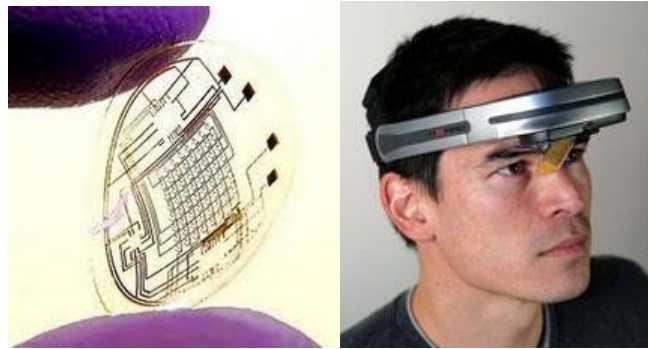
Şekil 2. 41 Head/Helmet Mounted Display (HMD) ve uygulaması

HMD (Head-Mounted Display/Helmet-Mounted Display): Türkçeye “**Kasklı ekran**” şeklinde çevrilebilen HMD’ler ön tarafında tek ya da iki göz bakışimli ekranı bulunan giyilebilir bir cihazdır. [37] Kullanıcı hareketlerinin takip edilebilmesi için kaskın tepe bölgesine yön alıcıları yerleştirilmiştir. Kullanıcının başı ile yaptığı tüm hareketler ise bir bilgisayar yardımı ile izlenir. Kullanıcı başını farklı bir yöne çevirdiğinde bu yeni görüş açısına göre ekrandaki görüntü yenilenir. Böylelikle kullanıcı bir nesneye farklı açılardan bakma şansına sahip olur. [187]

HMD’ler AG sistemlerinde de görüntüleme aygıtı olarak kullanılmaktadır. Kullanıcının görüş düzlemindeki ekranlara, hem sanal nesne hem de fiziksel dünyadan alınan gerçek görüntüler birlikte yansıtılır. Böylelikle kullanıcı gerçek zamanlı bir AG deneyimi yaşamış

olur. Modern HMD aygıtlarında kullanılan çeşitli sensörler yardımıyla kullanıcının baş hareketleri tespit edilir. Bu bilgilere göre sanal veriler fiziksel evren üzerindeki uygun görünümüne konumlandırılır. [9]

Dijital Gözlükler: Arttırılmış Gerçeklik sistemleri, dijital gözlükleri kullanarak görüntüleri renderlenebilir. Gözlüklerin kamera içeren versiyonları, gerçek dünyadan görüntüleri alıp tekrar izleme yönünde zenginleştirilmiş olarak yansıtır. “Dijital Gözlükler” denildiği zaman akla, güncel bir teknoloji olan “Google Glass” gelmektedir. [9] “Google Glass” doğrudan AG sistemleri için tasarlanmamıştır. Ancak üçüncü-parti yazılım geliştiricileri cihazı AG’e doğru yönlendirmişlerdir. [188]



Şekil 2. 42 Biyonik Kontak Lens ve Sanal Retina ekran

Bu görüntüleme sistemlerinin yanında “**Biyonik Kontak Lens**” ve “**Sanal Retina ekran**” gibi henüz yaygınlaşmamış daha ileri düzey görüntüleme sistemleri de geliştirilmektedir.

İşlemci

İşlemci, taranan görüntü ve diğer verileri sentezleme (birleştirme) ve pozisyon zenginleştirilmesi için analiz eder. [9] Masaüstü yani bilgisayar işlemcilerin yanında mobil cihazların işlemcileri de bu başlık altında incelenebilir.

Girdi aygıtları

Temel bir AG sistemi gerçek görüntüler üzerinden işlem yaptığı için “AG’de girdi aygıtları” denildiğinde ilk olarak akla “kameralar” gelmektedir. İncelenen örneklerde AG sistemlerinde çoğunlukla webcam’ların kullanıldığı izlense de dijital ya da video

kameralar da kullanılabilir. Ayarlanmış bir kamera ile sistem, sanal nesneleri olması gereken yerlere renderlar. [8] Böylelikle hangi tip kamera kullanılırsa kullanılsın AG'in temel prensibi olan görüntüyü zenginleştirme işlevi sabit kalacaktır.

Webcam (Web Camera): 1991 yılında Cambridge Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü'nde geliştirilen "Webcam" (Web Camera)'lar genellikle sohbet programlarının ek özellik olarak sunduğu görüntülü haberleşme ihtiyacına yönelik üretilir ve kullanılırlar. Çalışma ilkesi olarak sayısal fotoğraf makineleri ve video kaydedicilere benzerlik gösterirler. Işık basit bir optik düzenekten geçtikten sonra CCD ya da CMOS ışık algılayıcı üzerine düşürülür. Cihaz içerisinde ya da bilgisayarda gerekli formatlarda işlenen görüntü program arayüzü ile kullanıcıya ulaşır. [189]



Şekil 2. 43 Webcam

Webcam'lar gün geçtikçe online AG deneyimleri için kullanılmaktadırlar. Bir takım online alışveriş sitelerinde "sihirli ayna" rolü oynayarak kullanıcıların ürünleri üzerinde gibi izlemesine imkan tanırırlar. [190] Bunun yanında birçok masaüstü AG uygulamasında da kullanılarak oldukça ucuz bir düzeneğin bileşeni olmaktadır.

Dijital Kameralar/Video Kameralar: Dijital kameralar/ video kameralar ise bitmap imajları ve videoları yakalamak için kullanılır. Bu aygıtlarda bulunan, elektronik tarama mekanizması ışığı toplar ve lensten aldığı bilgiyi dijitalize ederek bilgisayara aktarır. [191]

Ayrıca Kameralı telefonların [192] yaygınlaşmasıyla gelişen günümüz Android veya IOS gibi işlemcili mobil cihazların değişik çözünürlüklerde görüntü yakalayabilen entegre kameralarını da bu başlık altında incelemek mümkündür.

Sensörler

AG sistemlerinin temel bileşenlerinden biri olan **“izleme”** (tracking) terimi; kameranın lokasyon ve oryantasyondan oluşan göreceli pozisyonunun gerçek zamanlı olarak hesaplanması anlamına gelir. [8] Modern mobil AG sistemleri; **“dijital kamera”**, **“optik sensör”**, **“ivmeölçer”**, **“GPS”**, **“Jiroskop”** (yön ölçümü için), **“pusula”**, **“RFID”** (radyo frekansı ile tanıma aygıtı) ve **“kablosuz sensörler”** gibi izleme teknolojilerinden bir ya da birden çoğunu kullanabilmektedir. [9]

BÖLÜM 3

MİMARLIKTA ARTTIRILMIŞ GERÇEKLİK

Arttırılmış Gerçekliğin mimarlıktaki yerini ortaya koyabilmek için öncelikle mimari tasarım süreçleri içindeki yerini belirlemenin faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu bağlamda, erken dönemlerden günümüze mimari tasarım süreçleri incelenmiştir. Arkasından mimarlık dünyasına hizmet eden AG örnek uygulamaları etki ve uygulama alanlarına göre sınıflandırılarak değerlendirilmiştir.

3.1 Mimari Tasarım Süreçleri

Utarit İzgi mimari tasarımı, “Gereksinimleri karşılamak üzere saptanan işlevleri yerine getirecek olan yapı bütünü, onun kurgusunda yer alan tüm öğelerin ve çevresinin kavramsal, işlevsel, biçimsel, strüktürel ve eylemsel özelliklerinin ve niteliklerinin yorumlanması, belirlenmesi ve belgelenmesi” [193] şeklinde tanımlamaktadır.

Erken dönem tasarım anlayışından, tasarım sürecinin dahi tasarlandığı günümüz modern mimarlık anlayışına doğru mimarlıkta birçok evreler yaşanmış ve aşağıda özetlendiği şekilde [194], mimari tasarım yaklaşımları birçok süreçler paralelinde çeşitlenmiştir:

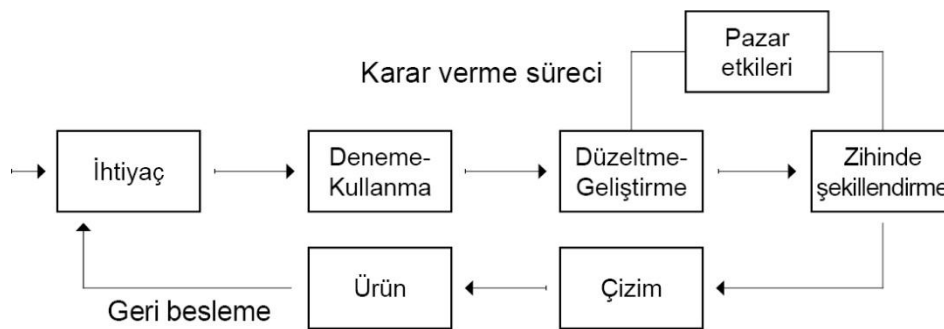
İnsanların ağaç kavuklarını ya da mağaraları mesken edindiği “**Tasarlama olgusunun olmadığı**” erken dönemlerdeki mimarlık anlayışından sonra, “**KARAR VERME**”nin erken bir süreç parçası olarak görüldüğü “**Gereksinime göre bulunan ürünün geliştirilmesi**” anlayışı izlenmektedir.

Arkasından “**BENZETME/MODELLEME**”nin yeni bir süreç parçası olarak eklendiği “**Taklit yoluyla tasarlama**” evresine geçilmiştir. Bu evrede; yeni tasarımların doğada ve çevrede farklı işlevlere sahip nesnelere benzetilerek modellendiği görülmektedir.

Bunun arkasından; “**Deneme-yanılma yoluyla tasarlama**” şeklinde isimlendirilen, tasarlanan ürünlerin uzun süre denenip aksaklıklarının giderildiği, bireysel becerisi olan şahısların da “usta”laştıkları ve “**GERİ BESMELE**”nin bir süreç parçası olarak kurguya girdiği bir döneme geçilmiştir.

Sonrasında bu dönemi “**Zanaatkar dönem**” olarak isimlendirilen, usta-çırak ilişkisine dayalı yeni bir dönem takip etmektedir. Zihinde şekillendirilen biçim ve fikirler ilk kez bu dönemde çizimler haline getirilmiştir. Ayrıca “şehir tipi” ve “konut tipi” gibi tipler, “Gotik”, “Yunan”, “Rönesanas” gibi mimari stiller ve “Altın Oran”, “Pespektif”, “Simetri” gibi teknikler de yine bu dönemde ortaya çıkmakla tasarım sürecini zenginleştirmişlerdir.

Modern mimarlığa geçişte “**rasyonellik**”, “**işlevsellik**” ve “**estetik**” gibi ilkeler ön plana çıkmaya başlamıştır ve tarih boyunca mimarlık dilinin oluşmasına ve gelişmesine katkı sağlamıştır. [195] Bu gibi kavramların her birinin sonraki dönemlerde mimari tasarım süreçlerini şekillendirdiği ortadadır. Örneğin **İsmail Tunalı**, “estetik” kavramını “sezgiyle yapılmış deneysel bir olgu” olarak nitelemekte, dolayısıyla mimari tasarım süreci bağlamında yeni alt süreç parçalarına ve döngülerine işaret etmektedir. [196]



Şekil 3. 1 Tasarımın modelinin kâğıt üzerinde yapıldığı durumun diyagramı.

Yapı faaliyetlerinde “duvar ustası”, “marangoz”, “inşaat ustası” gibi branşlaşmanın sonrasında “**Tasarım modelinin kâğıt üzerinde yapıldığı durum**” ile mimarlığın bir meslek olarak kabul edilmeye başlandığı bir döneme geçilmiş ve atölyeler mimarlık okulu

şekline girmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi bu dönemde “**ÇİZİM**”, mimari tasarıma bir süreç parçası olarak eklenmiştir.

18. ve 19. yüzyıllarda endüstrileşmenin giderek hızlanması sonucunda ürünlerin seri, çok sayıda ve ucuz üretim araştırmaları gündeme gelmiştir. Çok sayıda ürünün ucuza mal edilmesi ilkesiyle birlikte, deneme olanakları ve modeli önceden görme zorunluluğu da beraberinde gelmiştir. “Ürünü önceden yapmak”, “denemek” ve “üretime geçmek” anlamında; “**PROTOTİP**”, “**MODEL**” ve “**İMALAT**” kavramlarını, bu “**Seri Üretim**” döneminde, yeni bir tasarım sürecinin parçaları olarak izlemek mümkündür.

İkinci Dünya Savaşı sonrasında günümüz modern mimarlığına geçişte bilimsel gelişmelerle birlikte düşünme sistemi de değişmiş, yeni çalışma ve tasarlama metodları gelişmiş, farklı alanlardaki bilimsel gelişmelerin mimarlığa yansması ve farklı disiplinlerin mimarlık üzerinde ortak çalışmalar yapması gibi konular gündeme gelmeye başlamıştır. Bunun paralelinde teknoloji desteğini de içine alan daha bilimsel yeni tasarlama metodları ve süreçleri geliştirilmiş ve geliştirilmeye devam edilmektedir.

Konuya bu girişin ardından, modern mimari tasarım süreçlerinden farklı tipler şematize edilerek aşağıda kısaca incelenmiştir:

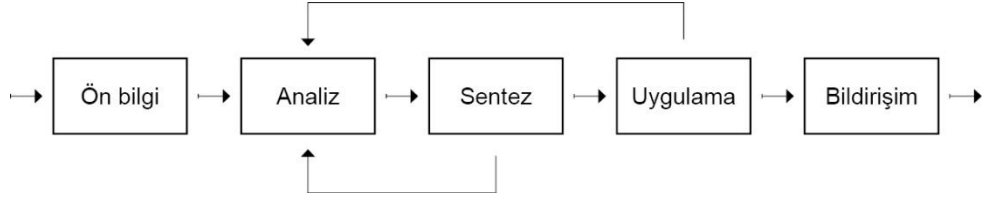
Doğrusal (lineer) tip tasarım süreci



Şekil 3. 2 Linner Tip tasarım süreci şeması.

Doğrusal tip süreçte, tasarım süreci birbirini takip eden sürerli, basit adımlardan oluşur. [197] Bu tip, bütün aşamaları bilinebilen tasarlama problemlerinin çözümünde uygulanır. Yeni ve bilinmeyen durumlar için uygulanma olanağı yoktur. [194]

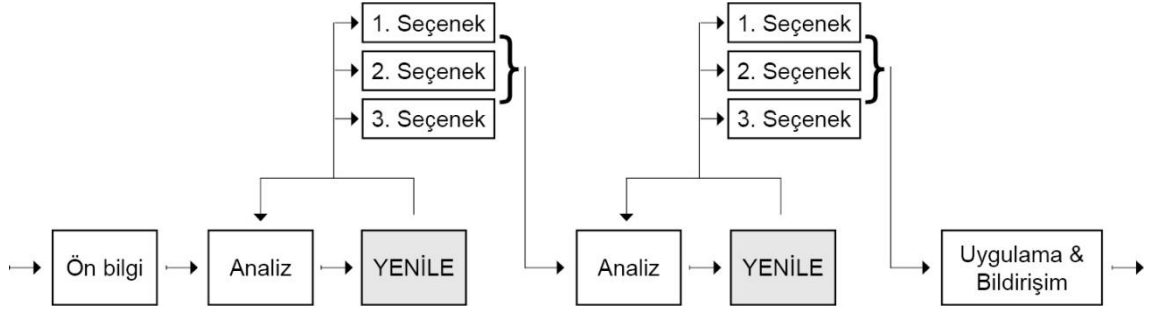
Doğrusal (lineer) geri belemeli tip tasarım süreci



Şekil 3. 3 Doğrusal (linner) geri belemeli tip tasarım süreci şeması.

Bu tip süreç yaklaşımında, doğrusal olan eylem akışında herhangi bir aşama kendisinden önceki aşamayı değiştiriyorsa, tasarlama eylemine geri dönüşler yapılarak devam edilir.

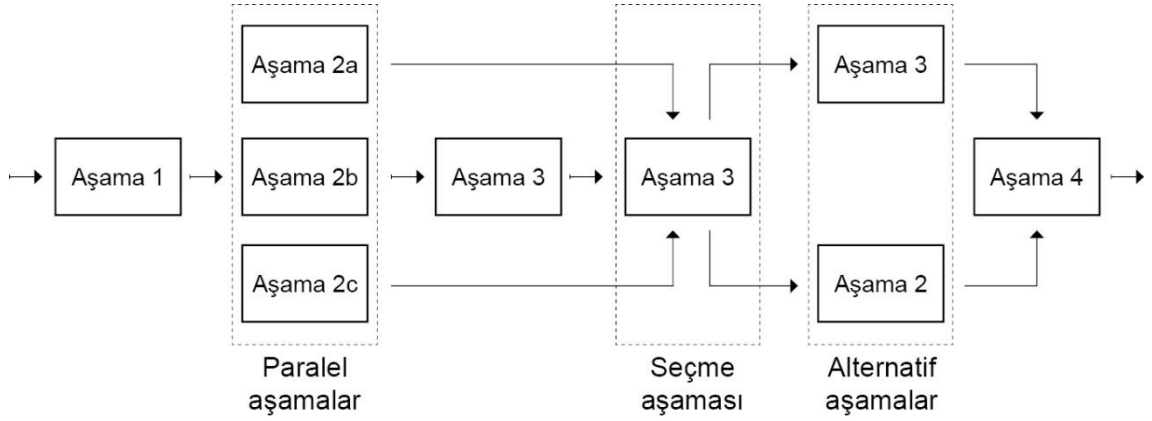
Parçalı (bölümlmeli) tip tasarım süreci



Şekil 3. 4 Parçalı (bölümlmeli) tip tasarım süreci şeması.

Parçalı tip tasarım süreci, tasarım çözümlerinin birkaçının bölümleri arasından en iyi çözümlerin seçilmesi yaklaşımına dayanır. [198]

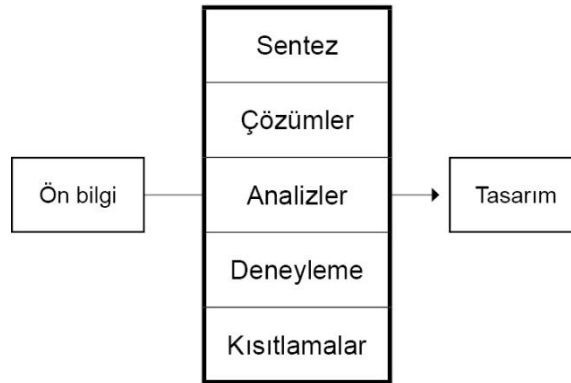
Paralel tip tasarım süreci



Şekil 3. 5 Paralel tip tasarım süreci şeması.

Tasarlama eylemlerinin birbirinden bağımsız olarak yapıldığı durumlarda birden çok aşama birbirinden farklı zamanlarda veya yerlerde birbirine paralel olarak sürdürülebilir. Bu süreç yaklaşımı, birden çok görevin farklı kişiler tarafından aynı anda yürütülebilmesi imkanı tanıyarak zaman kazanımını fayda verir.

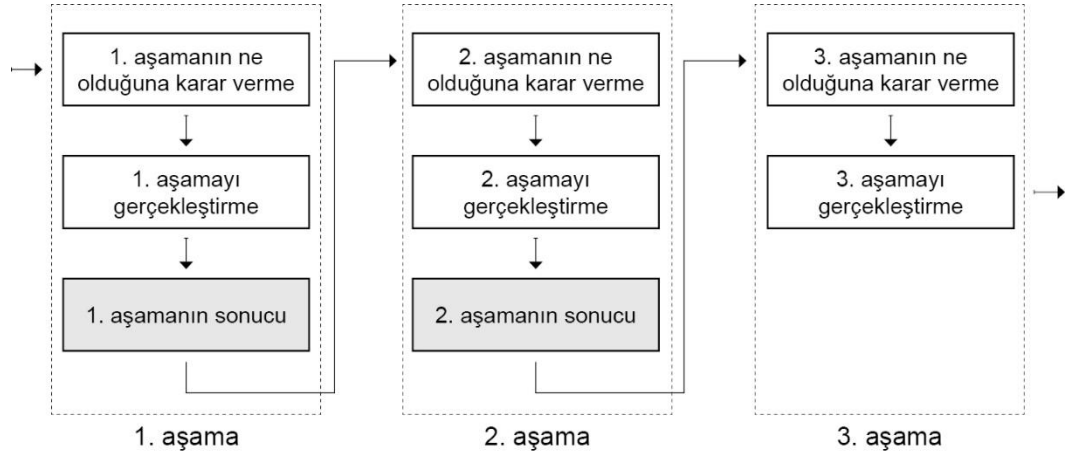
Merkezi tip tasarım süreci



Şekil 3. 6 Merkezi tip tasarım süreci şeması.

Merkezi tip tasarım sürecinde “adım”lar yoktur. Tasarımın her bir adımı aynı zaman diliminde birbiri içine geçmiş şekilde gerçekleştirilir. [199]

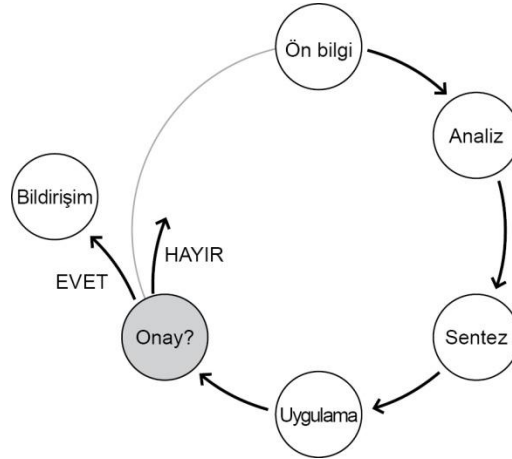
Alternatif (dinamik) tip tasarım süreci



Şekil 3. 7 Alternatif (Dinamik) tip tasarım süreci şeması.

Alternatif tip tasarım sürecinde, sürecin her aşaması ve bu aşamada alınan kararlar bir sonraki aşamayı ve o aşamada alınacak kararları belirler. Her aşama kendi içinde bir bütündür ve süreç dinamik bir karaktere sahiptir.

Döngü tipi tasarım süreci



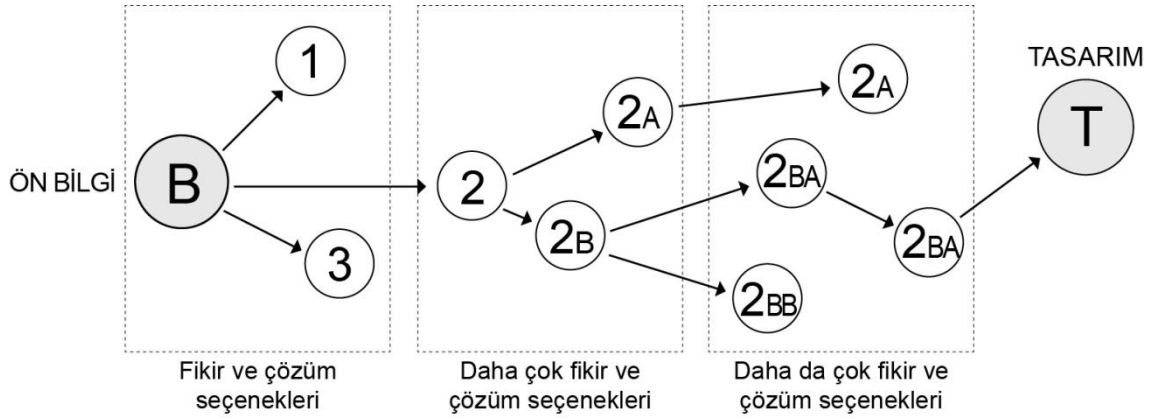
Şekil 3. 8 Döngü tipi tasarım süreci şeması.

Döngü tipi tasarım sürecinde süreç, sonsuz tekrarlı devam eden bir döngüden oluşur. [200]

Tesadüfi arama tipi tasarım süreci

Tesadüfi arama, bütünüyle planlanmamış bir tasarım süreci tipidir. Bağımsız araştırmalara dayanır ve tasarlama süreci boyunca büyük bir belirsizlik söz konusudur. Bu süreç tipinde adımlar, diğer adımlardaki gelişmeler ve varsa netleşmiş kararlar göz önüne alınmaksızın atılır.

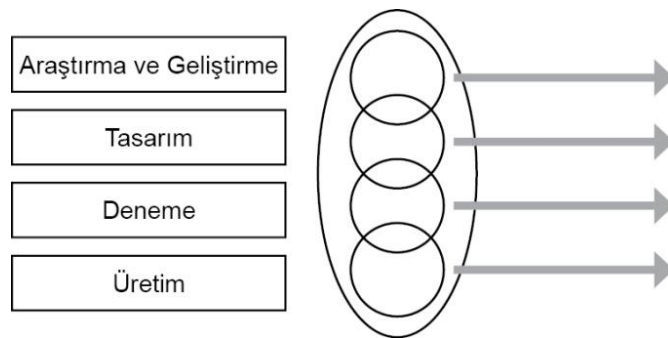
Sorgulayıcı tip tasarım süreci



Şekil 3. 9 Sorgulayıcı tip tasarım süreci şeması.

Sorgulayıcı tip tasarım sürecinde bütün adımlar, fikir ve çözümün özellikleri üzerinde seçimsel bir sorgulamaya temellenmiştir. [201]

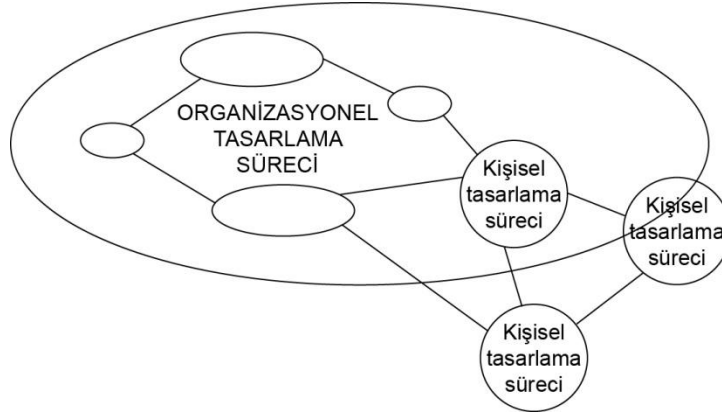
Grup tipi tasarım süreci



Şekil 3. 10 Grup tipi tasarım süreci şeması.

Grup tipi tasarım, farklı alanlarındaki uzmanların projenin başından sonuna kadar birlikte çalıştıkları bir süreçtir. İdari temsilcilerin de grup içinde yer aldığı bu yaklaşımda tasarlama işlemlerindeki zaman kaybı azalır.

Organizasyonel (Grup) tip tasarım süreci



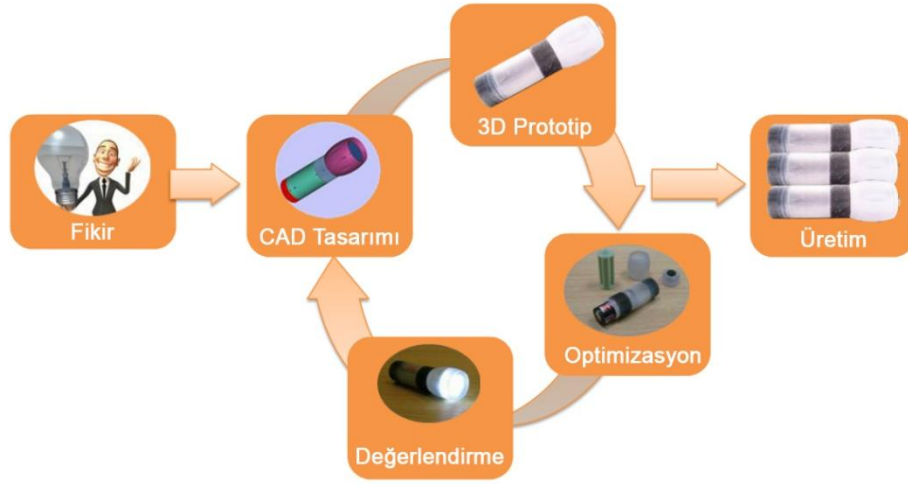
Şekil 3. 11 Kişisel ve organizasyonel tasarım süreçleri şeması.

Tasarım sürecine giren her bir disiplinin kendine özgü tasarımlarının yanında her bir disiplinin aldığı kararlar diğer disiplinlerin tasarımlarını da etkileyebilmektedir. Disiplinlerarası tasarımın sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi ise ancak iyi bir organizasyonla sağlanabilir. Disiplinlerarası iletişimdeki kopukluklar hatalara, revizyonlara ve geriye dönüşlere neden olabileceğinden dolayı bu süreç tipinde iletişim ve kontrol organizasyonu önem kazanmaktadır. Gelişen iletişim teknolojileri, belli dönemlerde bir araya gelmek zorunluluğunu ortadan kaldırmak ve tasarım ekibine zaman ve mekana bağlı kalınmadan dijital-senkronize bir iletişim ortamı sağlanmakla bu tasarım organizasyonunu desteklemektedir. [202]

Dijital (sayısal tabanlı) tasarım süreci

Bilgisayar programlarının giderek gelişmesi, bilgisayar teknolojisinin tasarım sürecinin bir parçası olarak düşünülmesini gündeme getirmiştir. Mimari tasarım sürecinin kısalması, alternatif çizim ve önerilere fırsat verilmesi, maliyet vb. değişkenlerin çok kısa sürede hesaplanması da bunun paralelinde mümkün hale gelmiştir. Ayrıca mimarlıkta

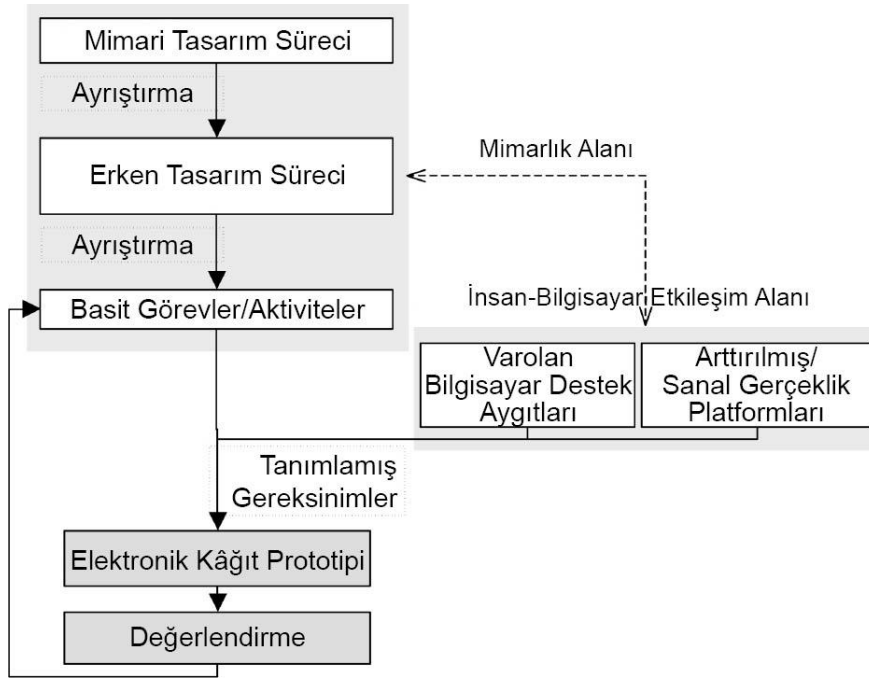
“algoritmik düşünce” ve “parametrik tasarım” gibi yeni gelişmeler, sayısal tabanlı mimari tasarım sürecinin izlenebilirliğini ve esnekliğini de arttırmıştır. [203]



Şekil 3. 12 Üretim-tasarım döngüsü. [204]

Hesaplamaya ve algoritmalara dayalı olan bu sayısal tabanlı tasarım ortamı, görsel düşünmenin yanı sıra sayısal ve algoritmik düşünme biçimini gerektirmekte ve bu anlamda geleneksel süreçlerden farklılık göstermektedir. Sayısal tabanlı tasarım süreçlerinde diğer tasarım alanlarıyla ilişki kurmak, tasarımı disiplinler arası bir ortamda bir araştırma süreci olarak ele almak ve tasarım sürecini tasarlamak gibi yaklaşımlar ayrıca geçerlik kazanmaktadır. Bununla birlikte; mimari tasarım ve uygulama sürecine bilgisayar destekli üretim teknolojisinin katılmasıyla (CAD/CAM) “dosyadan fabrikaya” şeklinde adlandırılan yeni bir tasarım-üretim süreci de kullanılmaya başlamıştır. [205]

Sayısal tabanlı tasarım süreci kapsamında algoritmik düşüncenin özellikle mimari tasarımda kullanıldığı çeşitli tasarım yöntemleri, günümüzde sınıflandırılmaya çalışılmaktadır. Bu tasarım yöntemlerinin düşünsel alt yapısı temelde aynıdır ve hepsi parametrik girdilerin değerlendirildiği evrim analojisinin kurulduğu türetici tasarım biçimleridir. “**Algoritmik tasarım**”, “**türetici tasarım**”, “**parametrik tasarım**”, “**evrimsel tasarım**”, “**genetik tasarım**” günümüz mimari literatüründe farklı tasarım biçimleri şeklinde açıklansalar da temelleri biyolojik büyümenin algoritmik olarak soyutlanması mantığıyla çakışmaktadır. [206] Bu bağlamda algoritmik tabanlı tasarım tiplerine ait tasarım süreçlerinin de benzerlikler göstermesi açıktır.



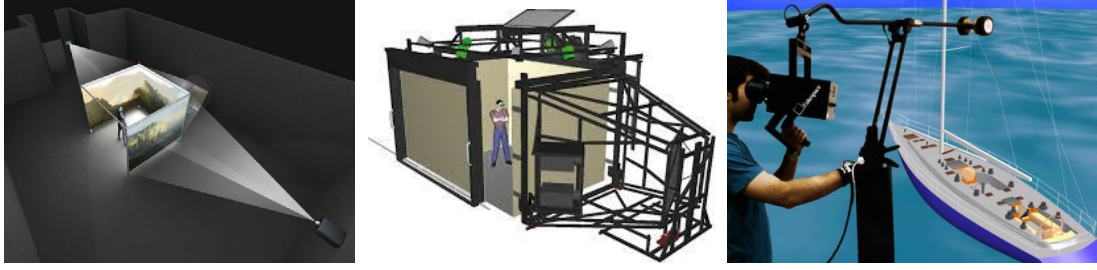
Şekil 3. 13 Dzmitry Aliakseyeu'ya ait, Arttırılmış Gerçeklikle desteklenmiş bir mimari tasarım süreç önerisinin şeması. [207]

Yukarıda özetlenen, bir kısmı kuramsal tabanda kalmış tasarım süreçlerinin, teknolojinin gelişmesiyle, ileride yeni ve gelişmiş tasarım süreçleri olarak karşımıza çıkacağı açıktır. Mimarlık alanında henüz yeni yeni gözükmeye başlayan AG'in bu tasarım süreçlerini dijital bir teknoloji olarak çeşitleyebileceği fikri ise bu tezin bir alt hipotezi olarak kayda geçebilir.

Gelecek konular olan **“3.2. Mimarlık ve Arttırılmış Gerçeklik”** ve **“3.3. Mimari Arttırılmış Gerçeklik Uygulama Örnekleri”**nde mimarlıkta AG, örnekler eşliğinde incelenmiştir. Sonrasında **“4. Mimari Ön Tasarıma Yönelik Bir AG Yazılımı: ‘SketchAR’”** başlıklı bölümde ise bu bölümde incelenen tasarım süreçleri ve mimari AG örneklerine göre **AG destekli yeni bir mimari tasarım yardımcısı** geliştirilmiştir. Arkasından, geliştirilen bu yazılımın şekillendirdiği **yeni bir mimari tasarım süreci** önerilmiştir.

3.2 Mimarlık ve Arttırılmış Gerçeklik

Mimarlık dünyasına temas eden **“Bilgisayar teknolojileri desteği”**ni, genel olarak **“donanım”** ve **“yazılım”** şeklinde iki başlık altına almak mümkündür. Son yıllarda geliştirilen bilgisayar destekli donanımların mimari yapıtların özellikle inşa aşamasında yoğun olarak kullanıldığı bilinmektedir. Örneğin parametrik veya modüler yaklaşımlarla kurgulanmış mimarlık nesneleri, bilgisayar desteğini kullanan CNC benzeri donanımlarla ortaya çıkartılmaktadır. Ayrıca modüler mimarlık nesnelerinin üretimi de benzer şekilde bilgisayar destekli donanımlar yardımıyla tamamlanabilmektedir. Gelişmiş cephe kaplamalarındaki kompozit malzemelerin kusursuz birleşimleri için üretimleri, yine bilgisayar destekli üretime yönelik donanımlarla yapılabilmektedir. [208]



Şekil 3. 14 “CAVE” ve “BOOM”dan örnek görseller

Üretime dönük bu donanım örneklerinin yanında mimari tasarım, mimari görselleştirme, mimarlık eğitimi, röleve/restorasyon gibi alanlarda da yine bilgisayar destekli donanımların kullanılabildiği bilinmektedir. “Sanal kasklar” (HMD-Head Mounted Display), “Sanal gerçeklik eldivenleri” (Data Gloves), “3B Mouselar”, 3B çıktı donanımları (3B yazıcılar), CAVE, BOOM (Binocular Omni Orientational Monitor), “Sanal gerçeklik donanımları”, “Stereoskopik görüntüleme cihazları”, “Topografik ölçüm cihazları”, “Lazer tarama cihazları”, “Çizim tabletleri”, “Donukmatik cihazlar”, “iztoplar” (Trackball) bunlara örnek gösterilebilir.

Bu ve benzeri donanımlar mimarlara, tasarım problemi ile gerçekleştireceği mekân arasındaki tasarım sürecinde aracılık etmektedir. Mekân henüz fiziksel olarak yokken, tasarımcı bu donanımlar yardımıyla tasarladığı mekân ile ilişki kurmaya çalışır. Temsil teknolojileri ve teknolojik donanımlardan oluşan mimarın bu tasarım araçları,

tasarımcıya aktarabildikleri mekânsal deneyim ile mimari tasarım ürünü üzerinde etkili olabilmektedir. [209]

Donanımın yanında “yazılım” kısmı da elbette bir o kadar önemlidir. Çünkü bilgisayar donanımlarının etkin işleyişi ve amaca doğru hizmet edebilmesi, bu yazılımların kalitesi ile doğru orantılıdır. Yukarıda sıralanan donanımların her biri için kendine özel yazılımlar geliştirilmiştir. Bu yazılımlar amaca yönelik olarak yeniden geliştirilebilir ve kullanılacağı cihazları sınırsız kullanım alanında, sınırsız etkinliğe ulaştırılabilir.

Ayrıca günümüz yazılım teknolojisi, bilgisayar işlemcilerinin gelişmesi ile birlikte daha çok işlemi aynı anda ve daha hızlı yöntemlerle hesaplayabilecek bir yapıya kavuşmakla birçok yeni alternatifi de desteğini arayan kullanıcılara sunduğundan bahsetmekte yarar vardır.



Şekil 3. 15 Günümüzün mobil cihazları ve bir giyilebilir bilgisayar örneği

Örneğin dokunmatik işlevli mobil cihazlar, çok hızlı işletim sistemleri ve masaüstünden kopabilen mobil yapılarıyla artık günümüzün vazgeçilmezi olarak kendisini kabul ettirmiştir. Yakın bir geçmişin yazılım odaklı çalışan araştırmacılarının “Wearable Computer” [210] olarak nitelendirdikleri, taşınması oldukça zahmetli, yavaş çalışan “taşınabilir bilgisayarlar”ın bu gibi çeşitli kısıtları bilinmektedir. Günümüzde IOS ya da Android işletim sistemli ve cepte dahi kolayca taşınabilen cihazlarla bu kısıtların büyük oranda kaldırıldığı söylenebilir.

Yazılım teknolojilerinin mimarlık dünyasına da farklı ufuklar açtığı/açabileceği söylenebilir. Örneğin en temelde çizim, modelleme ve animasyon programları, mimarlık dünyasının “perspektif çizim” ve “maket”lerle sınırlı olan temsil kapsamını genişletmiştir.

Bunun yanından günümüz yazılım teknolojileriyle desteklenen “Lumion”, “Quest 3D” gibi simülasyon programları; “Rhinoceros (Grasshopper eklentisi)”, “Revit” gibi parametrik tasarımı destekleyen programlar ve ya “Sanal Gerçeklik”le ilgili yazılımlar çok yakın bir dönemin popüler modelleme ve animasyon programlarını -en azından bilimsel araştırmacılar için- sıradanlaştırmıştır. Bunun yanında özellikle restorasyon bölümü gibi yerinde/anlık erişimin önem taşıdığı mimarlık alanlarında, günümüz mobil cihazlar için geliştirilen yazılımların bu alandaki söylem/kuram veya öngörülerini, uygulama düzeyine geçirebileceği mümkündür.



Şekil 3. 16 Parametrik tasarımıyla ilgili öğrenci çalıştaylarından fotoğraflar

Araştırmacıların dikkatini çeken yeni yazılım teknolojileri mimarlıkta “parametrik tasarım”, “biçim gramerleri” gibi kavramsal tasarıma ilişkin alanları beslemekte ve yeni tasarım fikirlerinin parıldamasına zemin oluşturmaktadırlar. Öyle ki artık sayısal tasarıma ilişkin araştırmalar yapan günümüz mimarlık fakültelerinde bilgisayarın bir sunum aygıtı olarak kullanılmasının çok ötesine geçildiği görülmektedir. Öğrencilere çeşitli programlama ve script dilleri öğretilmekte ve sayısal tasarıma ilişkin çalıştaylar [211], uygulamalı dersler [212] düzenlenmektedir. Yaparak öğrenmenin de içine katıldığı bu yeni süreçle, “bilgisayar teknolojilerinin içine doğmuş, zihinleri çok farklı çalışan” [213] günümüz öğrenci profiline, güncel yazılım teknolojilerinin mimarlık eksenli kullanımına dönük yeni ufuklar açılmaktadır.

Bu araştırmanın konusu ve odağı olan mimarlıkta **Arttırılmış Gerçeklik** ise çeşitli yazılım teknolojilerinin arasında günden güne varlığını belli eden uygulamalarla güncel bir yazılım teknolojisi olarak mimarlık dünyasına hizmet sunmaya başlamıştır.

Bilindiği üzere bilgisayar destekli mimarlık araştırmalarının bir kısmı, sonuç ürün olan görsel materyallerin fiziksel dünyadaki gerçeğine olabildiğince benzetilmesi üzerinden devam etmektedir. Bunun gerçekleşebilmesi için “3D Studio Max”, “Maya” gibi 3B modelleme ve animasyon programlarına eklenebilen “Vray” ve benzeri render motorları geliştirilmiş, böylelikle fotogerekçiliğe yaklaşılmaya çalışılmıştır. Bu yazılım ve yöntemlerin fotogerekçiliği yakalama yolundaki arayışlarına Arttırılmış Gerçeklik, gerçek kameralarla çalışması ve fiziksel gerçekliğe sanal nesneleri yollaması prensipleriyle doğrudan bir çözüm sunmaktadır.

AG yazılım teknolojisinin mimarlık alanına birçok niteliği gerçek zamanlı bir etkileşim yoluyla kazandırdığı söylenebilir. Klasik 3B modelleme ve animasyon programları, fotogerekçiliğe yaklaşabilmek için sanal nesne ve çevrelersel öğelere yüksek detaylar eklemek durumundadır. Detaylar arttıkça gerçeklik algısı da doğru orantılı olarak yükselmektedir. Ancak çalışmalardaki detay düzeyinin artması işleme alınan hesaplamaların çoğalmasına ve ters orantılı olarak programların yavaşlamasına sebep olur. Bu durumda fotogerekçiliğe yaklaşıldıkça “gerçek zamanlı” bir etkileşimden söz etmek mümkün olmaz. AG ise çevresel öğeleri fiziksel kameralardan aldığı ve sanal nesneleri de bu görüntülerle birleştirdiği için fotogerçekçi sonuçlara gerçek zamanlı bir etkileşim ile ulaşabilmektedir. Bu ve benzer nitelikleriyle AG, ortamdaki sanal nesnelerin herhangi bir konumuna yine çok hızlı ve gerçek zamanlı olarak ulaşabilmeyi sağlar. Yani kullanıcı kamera karşısında sadece işaretçiyi hareket ettirmekle yapı modelinin herhangi bir konumuna pratik ve hızlı bir şekilde ulaşabilmekte, işaretçiyi kameraya yaklaştırmakla yapının detaylarını gerçek zamanlı bir etkileşimle inceleyebilmektedir.

Yapılan mimari içerikli AG incelemelerinde AG’in bir sunum yardımcısı olarak kurgulanıp kullanılmasına daha çok rastlanılmıştır. Bununla birlikte dünyada çeşitli mimarlık fakültelerinin bilgisayar destekli tasarımıyla ilgili bölümlerinde, AG’in mimarlık için özel olarak projelendirildiği izlenmiştir. Üzerinde yazılım uzmanlarının da çalıştığı bu projelerin çoklukla geliştirme aşamasında olduğu ve henüz piyasa düzeyine çıkamadığı söylenebilir.

3.3 Mimari AG Uygulama Örnekleri

“2.3. Arttırılmış Gerçekliğin Uygulama Alanları” bölümünde incelendiği üzere sanattan spora, eğitimden askeriye bir çok alanda AG uygulamalarına rastlamak mümkündür. Bunun yanında mimarlık dünyasına direk ya da dolaylı olarak hizmet eden AG örnekleri de bulunmaktadır.

Yapılan araştırmalar ve incelenen örneklerle AG’in mimarlıktaki kullanımı veya yeri, beş madde altında sıralanmıştır. Bunlar **“Mimari görselleştirme ve Sunum”**, **“Konum Tabanlı Bilgi (Location-based information)”**, **“Mimari Tasarım”** ve **“Mimarlık Eğitim”** şeklindedir.

3.3.1 Mimari Görselleştirme ve Sunum Uygulamaları



Şekil 3. 17 Bir SketchUp modeli ve bu modelin ArMedia Plugi’i ile AG ortamına aktarılmış görüntüsü

“Arttırılmış Gerçekliğin mimarlıkla ilişkili en popüler uygulamalarının **“ARMedia”** [214] şirketinin “SketchUp”, “3D Studio Max” ve “Maya” 3B modelleme ve animasyon programları için geliştirdiği “plugin”ler (eklentiler) olduğu söylenebilir. Programlara entegre çalışan bu plugin’ler, tasarlanan herhangi bir modelin Arttırılmış Gerçeklik ortamına aktarılması için bu programlara çeşitli yardımcı fonksiyonlar eklemektedir.

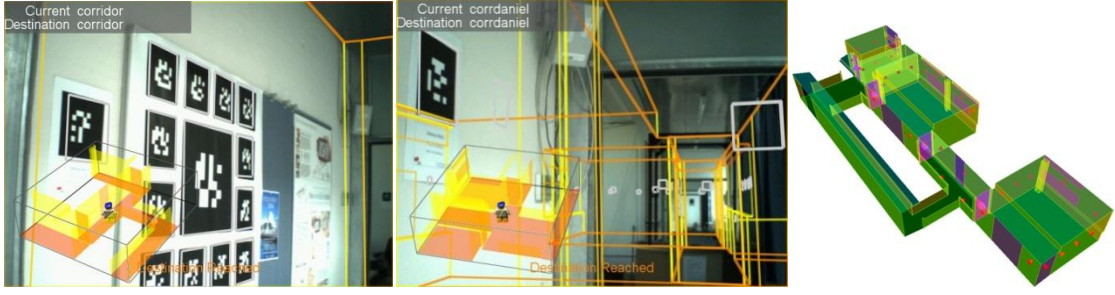


Şekil 3. 18 “Augment”in Ipad mobil uygulamasından görüntüler

Bu masaüstü yazılımlarının yanında mimarlıkla ilişkilendirilebilecek mobil cihazlar için geliştirilmiş çeşitli Arttırılmış gerçeklik uygulamalarından da söz edilebilir. Örneğin **“Augment”** isimli yazılım şirketinin geliştirdiği Arttırılmış Gerçeklik uygulaması “Apple Store” veya “Google Play”den IOS veya Android işletim sistemlerine uyumlu olarak indirilebilmektedir. Augment’ın sitesine üye olduktan sonra bilgisayarda oluşturulan 3B model, kaplama nesneleriyle birlikte paketlenerek sisteme yüklenmektedir. Arkasından sistem, mobil cihazlarda hızlı erişime izin veren bir “QR Code” oluşturmaktadır. Mobil cihazda uygulama çalıştırıldıktan sonra QR Code ile etkileşime girilir ve model mobil cihaza aktarılır. Böylelikle mobil bir Arttırılmış Gerçeklik deneyimi elde edilmiş olur.

Bazı firmalar “Augment”ın bu yazılımına kataloglar ekleyerek ürettikleri ev gereçlerinin 3B modellerine erişim imkânı sunmaktadır. Mobil sisteme isteğe bağlı olarak tanımlanan “Marker” ile bu 3B modeller fiziksel bir hacim içinde istenilen noktaya taşınabilmektedir.

Dünyaca ünlü **“IKEA”** firması her yıl dünyanın neredeyse her yerine dağılan basılı kataloglar çıkartmaktadır. Buna ek olarak 2014 yılı katalogunu IOS ve Android işletim sistemlerine uyumlu olarak da çıkartmıştır. Mobil cihazlarla erişilebilen uygulama AG teknolojisini içermektedir. Yazılımla katalogda ürünleri gezmenin yanında cihazlarla basılı işaretçiler okutularak filmler izlenip, örnek odalar 360° dolaşılabilir. Ayrıca katalogda beğenilen mobilya ve dekorasyon ürünleriyle kullanıcı kendi evini dekore edebilmektedir. [215], [216]



Şekil 3. 19 “Indoor Modeling and Tracking for Augmented Reality” isimli çalışmadan görüntüler

Dünya çeşitli üniversitelerin bilgisayar destekli tasarımla ilişkili mimarlık bölümlerinde Arttırılmış Gerçeklik teknolojisi üzerine bilimsel araştırmalar yapılmaktadır. “**Graz University of Technology**”de “**Gerhard Schall**” ve “**Dieter Schmalstieg**” tarafından yapılan “**Indoor Modeling and Tracking for Augmented Reality**” isimli çalışma, bu araştırmalara örnek gösterilebilir. Araştırmada Arttırılmış Gerçeklik’in “motion tracking” (hareket takip) özellikleri kullanılarak duvarlara yerleştirilen marker ve sensörler ile iç mekânların modellenmesi denenmiştir. [60]



Şekil 3. 20 “Haslerhaus GmbH. & Co KG” için geliştirilen uygulama

Avusturya FH Joanneum Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Bölümü’nün “Medya ve Etkileşimli Tasarım” ve “Mimarlık” fakülteleri arasında, “**Haslerhaus GmbH. & Co KG**” şirketi için bir bilgisayar destekli mixed-reality sunum sistemi tasarlanmıştır. Bu sistem; örneklem için sanal bir yapı kiti ve gerçek zamanlı, 3D adım takipli ve güneş ışığı simülasyonlu bir arayüz içermektedir. [217] , [218]

Sistemde kamera, 2B plan görseli üzerinde gezinebilen ve tepesinde bir marker bulunan nesneyi algılamaktadır. Böylece bu nesnenin hareketine göre ekrandaki 3B mimari modelin içinde gerçek zamanlı bir gezinme deneyimi sunmaktadır. Bunun yanında farklı “marker”lar taşıyan diğer nesneler kullanarak sistem içinde gün ışığı da gerçek zamanlı olarak simüle edilmektedir. Uygulamada AG’in sadece marker yakalama özelliği kullanılmıştır ve sanal nesne gerçek dünya üzerine projekte edilmeyip yine sanal bir çevrede sunulmuştur.

3.3.2 Mimari Konum Tabanlı Bilgi Sistemi Uygulamaları

Konum tabanlı servisler (Location-based information Systems); uzamsal koordinatlar gibi coğrafik koordinatları kullanan son dönemde ortaya çıkmış sistemlerdir. Bunlara acil servisler, araç navigasyon sistemleri, turistik tur planlamaları örnek gösterilebilir. Mobil iletişimin güncelleşmesiyle, bu uygulamalar hem konsept hem de teknik düzeyde gelişme göstermişlerdir. Çoğunlukla web servislerini de entegre kullanan uygulamalar mobil cihazlar, PDA’lar ve masaüstü bilgisayarı gibi cihazlarda çalışmakla günlük yaşamın bir parçası olmuşlardır. [219]



Şekil 3. 21 “Junaio” ve “Layar”dan görüntüler

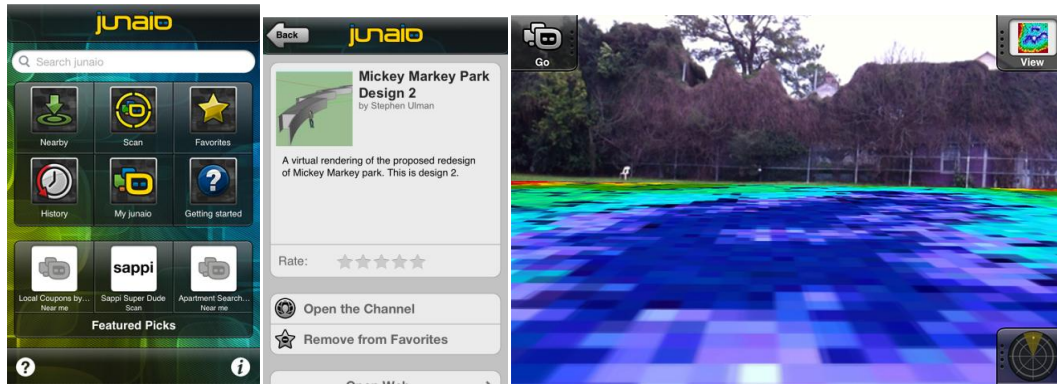
Konum tabanlı servisleri Mimarlık çerçevesinde kullanan AG uygulamalara “**Layar**” ve “**Junaio**” örnek gösterilebilir. Her iki uygulamada da mimarlık alanına temas eden direk ya da dolaylı çözümler geliştirilmiştir.

“**Layar**”; mobil cihazlar için geliştirilmiş Android ve IOS’da çalışan bir tarayıcıdır. Tarayıcı AG teknolojisiyle kullanıcılarına çeşitli öğeleri keşfetmeleri fırsatını verir. Yazılım, kurulduğu mobil cihazın ivme ölçer, kamera, pusula ve GPS’ini kullanıcının lokasyon ve

bakış yönünü bulmak için kullanır. Çeşitli data formları, kamera görüntüsü üzerine ek katmanlar olarak coğrafik pozisyonundan eklenir.

Layar'ın mimarlığa ilişkin yönüne Amerika'nın Philadelphia kenti için **"City of Philadelphia Department of Records"**un girişimiyle geliştirilmiş proje örnek gösterilebilir. Projede hükümet arşivlerinden elde edilen gizli kalmış tarihi görüntüler ve diğer veriler, gerçek dünya üzerindeki coğrafik konumuyla çakışan yerlere, yeni bir katman olarak, Layar alt yapısıyla düşürülmektedir. [220] Yani proje kapsamında mimari yapılara ve yerlere dönük tüm görsel imaj, bilgi ve konumlama çalışmaları, "Layar" yüklü mobil cihazlarda kullanılabilecek şekilde düzenlenmiştir. "Layar" şirketiyle yapılan anlaşma ile dünyanın kullanımına açılmıştır.

Diğer bir tarayıcı olan **"Junaio"** ise yine Android veya IOS sistemli cihazlarda çalışabilmektedir. Ancak Layar'dan farklı olarak Junaio, 3D modellerle etkileşime girme gibi daha interaktif özellikler taşımaktadır. Geliştirici firmalar Junaio'dan açtıkları kanal ile model ya da dataalarını Junaio ile ilişkilendirmektedirler. Böylece sanal veriler Junaio tarayıcısı ile gerçek dünya üzerine konum tabanlı olarak yerleşmektedir.



Şekil 3. 22 "Bitsketch"ın "Junaio" alt yapısını kullanarak geliştirdiği AG uygulamasından görüntüler

Örneğin **"Bitsketch"** şirketi, önceden modellenmiş 3B mimari nesnelerini Junaio alt yapısını kullanarak mobil cihazlarda aplikasyon arazisi üzerinde gerçek zamanlı gösterebilen projeler geliştirmektedir. [221]

“ArchINFORM” [222] isimli online veritabanı gurubu ise, dünya çapında 55000’den fazla mimarlık nesnesinin adres, fotoğraf, konum gibi bilgilerini belirleyip etiketlemiştir. Yapılan tüm çalışmalar AG ortamında **“Junaio”**nun tarayıcı alt yapısını kullanarak aktarılmıştır. Yapılan bu çalışma ArchINFORM’a **“AG Geliştirici Ödülü”**nü kazandırmıştır. [223]

3.3.3 Mimari Tasarım Uygulamaları



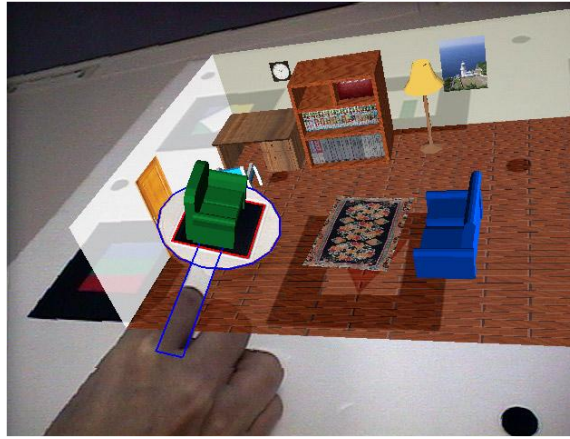
Şekil 3. 23 ARWorks arayüzünden ve uygulamalarından görüntüler

“ARWorks” isimli yazılım **“Vektorworks”** ile modellenmiş mimarilerin Arttırılmış Gerçeklik ortamında temsilini sağlamaktadır. Program ile modelin farklı katmanlarına erişmek mümkün olmakla birlikte istenilen açı ve düzleme göre kesitler de alabilmek mümkündür. Ayrıca yazılım ile model üzerindeki değişik ışık-gölge etkileri de Arttırılmış Gerçeklik ortamında gerçek zamanlı olarak incelenebilmektedir. **“ARWorks”**ün özellikle ışığın model üzerine gerçek zamanlı düşüşünü simüle eden bu yazılımsal başarısı ile mimari tasarıma pozitif katkı sağlayabilecek bir yönünün olduğu açıktır. [224]



Şekil 3. 24 “Sketchhandplus”dan görüntüler

“Sketchhandplus” (Sketchhand+) isimli araştırma ise Weinmar, Bauhaus Mimarlık Fakültesi’nde bir diploma projesi olarak hazırlamıştır. Projenin vizyonu, güncel bir teknoloji olan AG’i mimari ön tasarımdaki karalama aşamasıyla birleştirmektir. Bu vizyon doğrultusunda karalamalar ve şekil sorgulamaları için bir işbirlikçi AG uygulaması geliştirilmiştir. Bunun da ötesinde uygulama ses etiketleme, açık-kapalı dosya paylaşımı ve üretilen model dosyaları üzerinde sürüm belirleme sistemi içermektedir. Projenin uygulamasında ise modeller, yüzeyine “marker” yapıştırılmış dijital bir tablet üzerinde üç boyutlu olarak karalanarak üretilmektedir. “ArToolkit” kullanılarak geliştirilen sistem, karalamalarla oluşan modelleri sesli ve yazılı mesajlarla birlikte depolar. Oluşturulan modeller, farklı işaretçiler kullanılarak istenilen yere taşınır. [225]

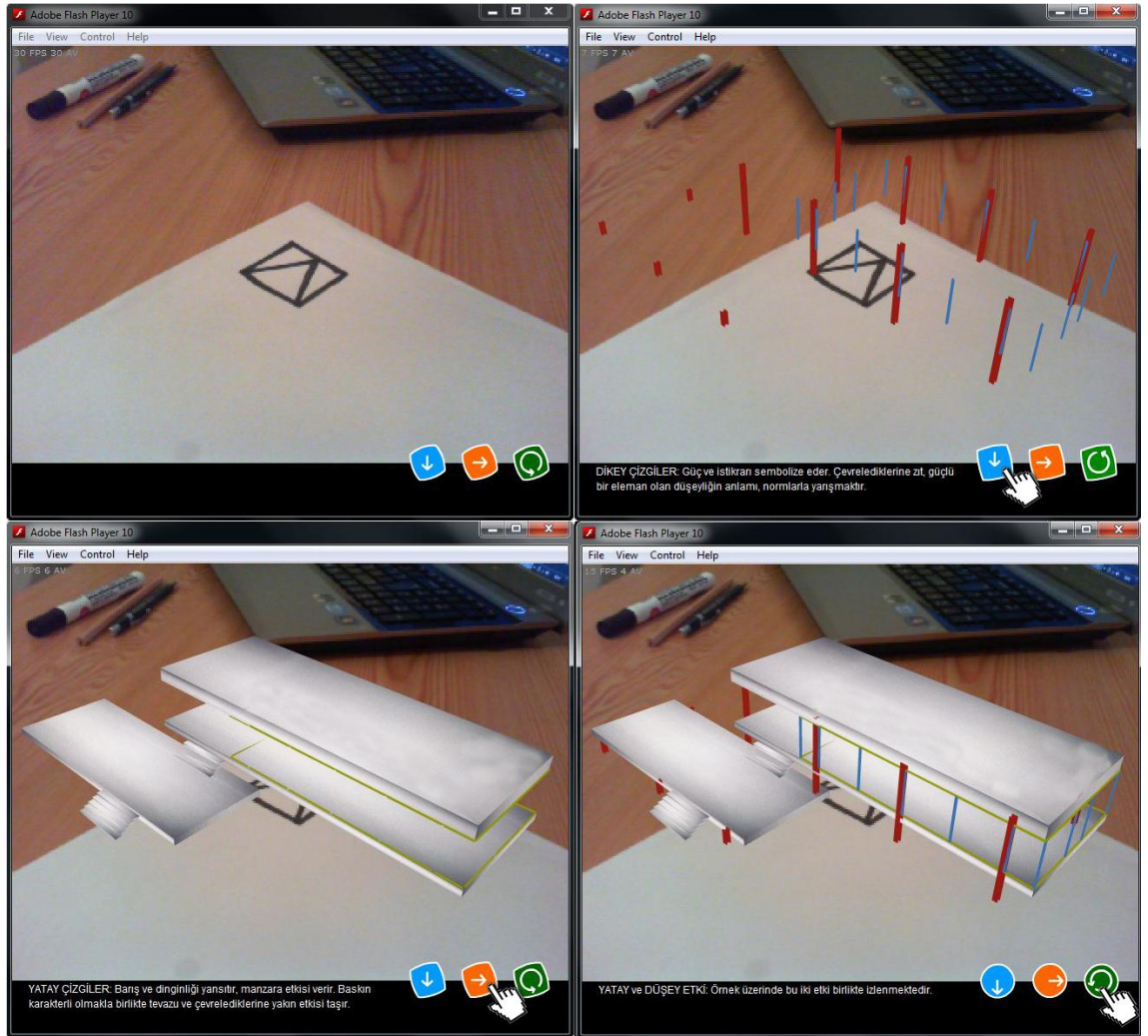


Şekil 3. 25 Hirokazu Kato tarafından geliştirilen AG uygulaması.

“Hirokazu Kato” tarafından geliştirilen prototip bir iç mekan AG uygulamasında kullanıcı, ucunda bir marker bulunan gerçek bir palet kullanarak, istediği mobilya parçasını seçip istediği konuma taşıyabilmekte; İtme, çekme, yükseltme, alçaltma gibi hareketleri gerçekleştirebilmektedir. [226]

3.3.4 Mimari Eğitim Uygulamaları

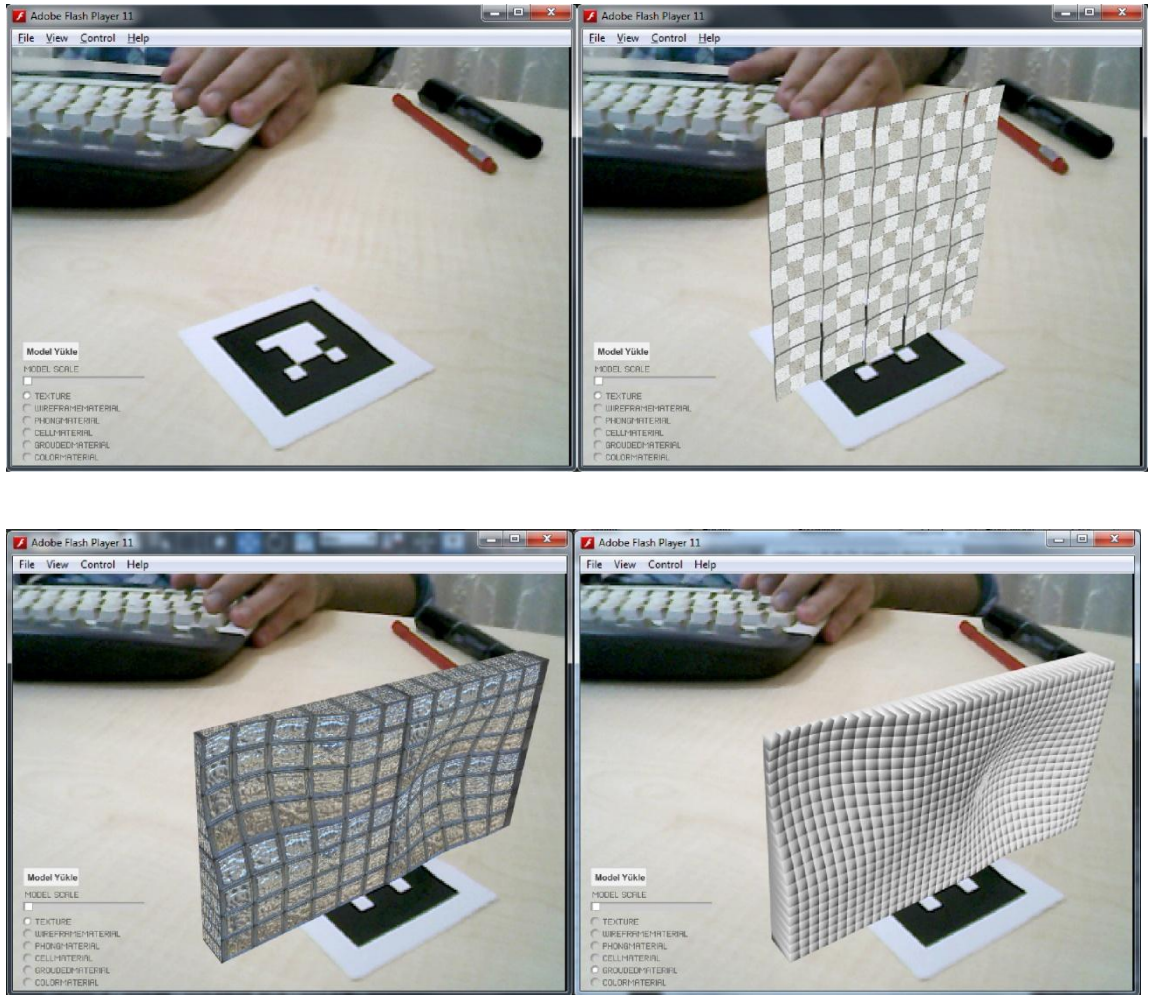
Mimari görselleştirme, mimari tasarım veya konum tabanlı servislerle ilgili uygulamaların aynı zamanda mimarlık eğitimi için de kullanılabileceği ve mimarlık eğitimine pozitif katkı sağlayabileceği açıktır. Bunun yanında sadece mimarlık eğitimine özel olarak geliştirilmiş uygulamalar veya araştırmacıların eğitim amaçlı AG çalışmaları da bulunmaktadır.



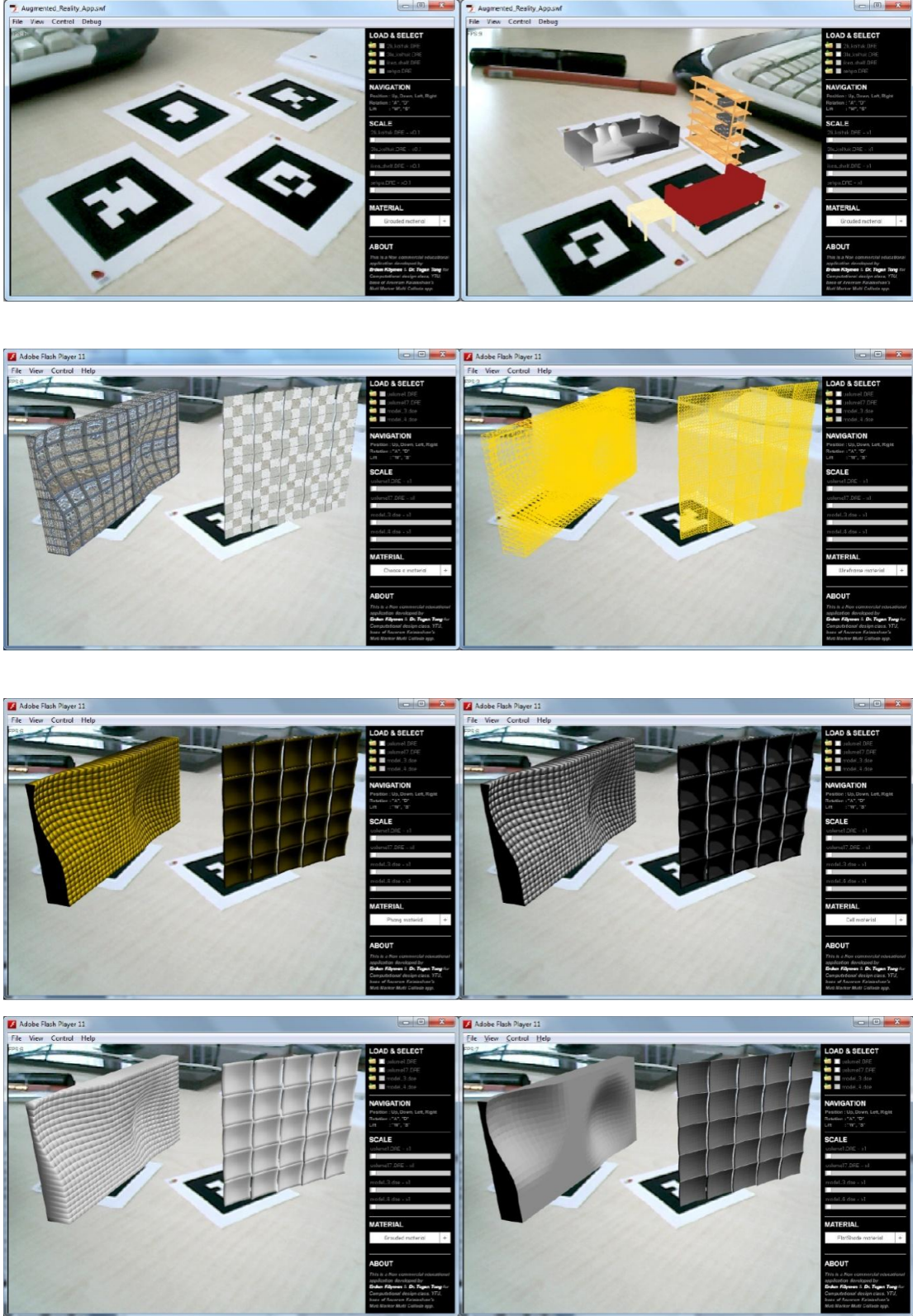
Şekil 3. 26 “Artırılmış Gerçeklik Destekli bir Mimarlık Eğitim Modeli” isimli uygulamadan çeşitli görüntüler

2012 yılında “Erdem Köymen” ve “Yrd. Doç Dr. Togan Tong” tarafından “Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality) Destekli bir Mimarlık Eğitim Modeli” isimli bir araştırma YTÜ Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Bölümü’nde yapılmış ve Bursa,

Uludağ Üniversitesi'nin düzenlediği “Sayısal Tasarım Sempozyumu”nda bir bildiri olarak sunulmuştur. Sempozyuma özel olarak geliştirilen yazılım ile AG ortamı, mimarlıkta temel tasar eğitimi açısından değerlendirilmiştir. Geliştirilen uygulamada kullanılmak üzere “Mies Van Der Rohe” tarafından tasarlanan “Farnworth House” [227] “düşeylik” ve “yataylık” bağlamında ayrıştırılarak modellenmiştir. AG ortamına alınan 3B yapı modeli ve uygulama arayüzüne eklenen çeşitli fonksiyonlar ile temel tasarda düşey ve yatay çizgi etkisinin öğretilmesine yönelik bir eğitim modülü oluşturulmuştur. [228]



Şekil 3. 27 “Arttırılmış Gerçeklik Ortamının Mimari Ön Tasarımda Kullanımına Dair Bir Uygulama: AG Ortamında Çoklu Model” isimli çalışmadan görüntüler: Parametrik bir kabuk nesnenin AG ortamına aktarılması (1. Versiyon)



Şekil 3. 28 Yine aynı araştırmanın ikinci versiyonundan görüntüler: Çeşitli 3B modellerinin ve parametrik nesnelerin AG ortamına çoklu olarak aktarılması

2013 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından düzenlenen **“Sayısal Tasarım Sempozyumu”**nda yine **“Erdem Köymen”** ve **“Yrd. Doç Dr. Togan Tong”** tarafından **“Arttırılmış Gerçeklik Ortamının Mimari Ön Tasarımda Kullanımına Dair Bir Uygulama: AG Ortamında Çoklu Model”** isimli bir bildiri sunulmuştur. Bildiri ile birlikte mimarlıkta ön tasarıma katkı sağlayacağı düşünülen bir uygulama geliştirilmiştir. Uygulama ile 3B ortamda tasarlanan parametrik modellerin ve bir takım mimari nesnelerin bir AG ortamına **“çoklu”** olarak aktarılması hedeflenmiş ve **“iki versiyon”** olarak yapılan denemelerle beklenen sonuca ulaşılmıştır. [208]

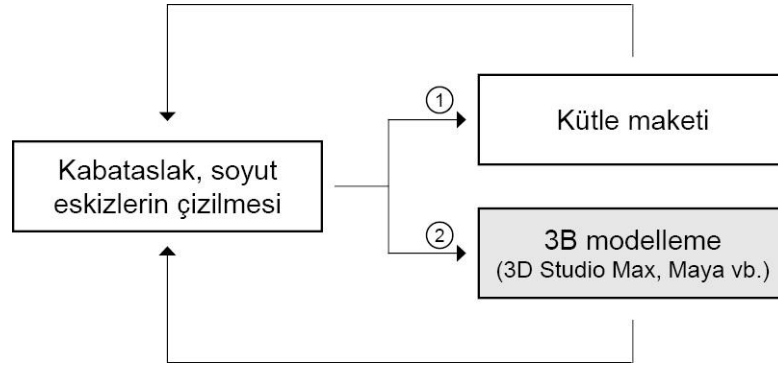
MİMARİ ÖN TASARIMA YÖNELİK BİR AG YAZILIMI: “SketchAR”

4.1 Motivasyon

“Mimari Tasarım Süreçleri” bölümünde de incelendiği üzere mimari fikirlerin sunulması ya da tasarlanması için yüzyıllar boyunca farklı teknikler ve tasarlama süreçleri geliştirilmiştir. Günümüzde dahi en yaygın olarak kullanılan **çizim**, tüm bu teknik ve süreçlerin kesişim noktasını oluşturmuş ve böylece en etkili tasarım yardımcısı olduğunu ispatlamıştır. Bu durum, mimardan hedef kitleye olan bilgi aktarımının da **çizim** ile en etkin şekilde gerçekleşebildiğini göstermektedir. BDT’nin teknoloji eksenli gelişmesine paralel olarak, mimari çizim dilinin gelişmesi ve bu yöndeki çalışmaların devam etmesi, mimar ile hedef kitle arasındaki bilgi akışının doyum noktasına henüz ulaşamadığını ortaya koymaktadır.

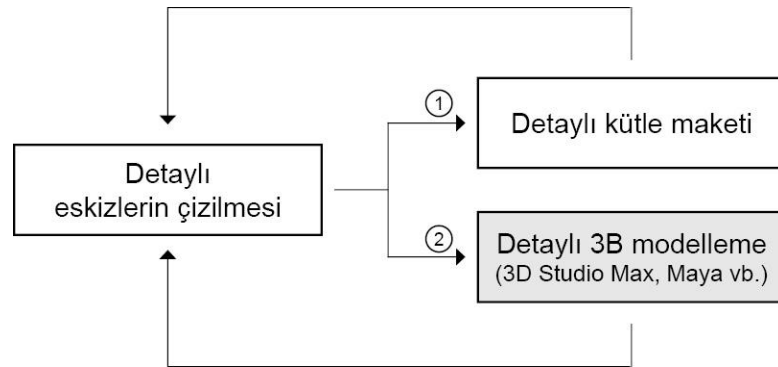
4.1.1 Mimari Ön Tasarım Süreci

Mimari tasarım sürecinin karmaşık ve belirsiz bir yapısı vardır. Genelde tasarımcılar soyut ve eksik tanımlanmış problemten tasarlamaya başlarlar ve çözüm için bir **taslak çizim** geliştirirler. Farklı mimarlık pratikleri incelenip tasarım süreçlerine bölündüğünde; “Eskiz tasarım aşaması”, “Erken tasarım aşaması”, “Belirli tasarım aşaması” ve “Son tasarım aşaması” şeklinde dört genel aşama ortaya çıkmaktadır. [229]



Şekil 4. 1 “Eskiz tasarım aşaması”nın diyagramı.

İlk aşama olan “**Eskiz tasarım aşaması**”, kabataslak ve kararsızdır. Bu aşamada konsept belirlenir ve fonksiyonlarıyla ilişkili olarak yapının formu hakkındaki ilk fikirler ortaya çıkar. Tasarımcı kurşun, keçeli gibi çeşitli kalemle kabataslak ve soyut eskizler oluşturur. El çizimi olan bu eskizler sadece çizgi ve basit geometrilerden oluşan bazı temel elemanlardan meydana gelir. [230] Tasarımcılar bu çalışmanın paralelinde, eskizlerini 3B olarak görebilmek için ufak ölçekli bir kütle maketi yaparlar ya da “**3D Studio Max**”, “**Maya**”, “**Cinema 4D**” gibi bir 3B modelleme yazılımında eskizlerini 3B olarak modellerler. [207]



Şekil 4. 2 “Erken tasarım aşaması”nın diyagramı.

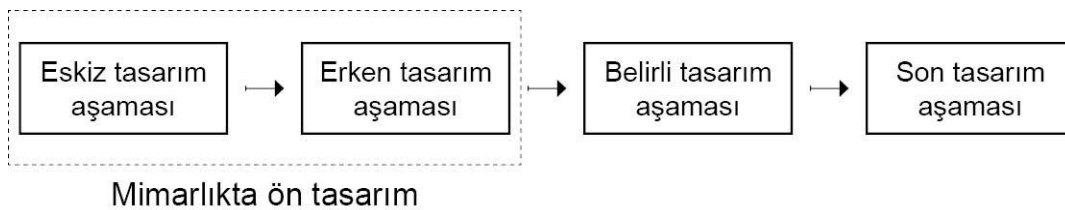
İkinci aşama olan “**Erken tasarım aşaması**” ilkinde göre daha nettir ve çizimler daha çok detay içermektedir. Bu yüzden tasarımdaki daha detaylı konular sunulabilir. Bu aşamada tasarımcılar sunum amacıyla detaylı fiziksel ya da dijital 3B modeller üretirler. [207]

Şemalarda da görüldüğü gibi, yukarıdaki ilk iki aşamada Dzmitry Aliakseyeu tarafından, soyut/detaylı karalamaların üçüncü boyuttaki algısını gözlemleyebilmek için “emek ve

zahmet gerektiren” [231] bir yöntem olan **“maket”**; veya bilgi, tecrübe ve bireysel performansa dayanan **“3B modelleme”** tekniği önerilmektedir.

Üçüncü aşama olan **“Belirli tasarım aşaması”**nda çizimler daha da kesindir ve ölçü, malzeme gibi konular hakkında daha dataylı bilgileri içerir. [207]

Dördüncü aşama olan **“Son tasarım aşaması”**nda ise yapının daha da detaylı, büyük ölçekli çizimleri yapılır. Bu çizimlerde yapı ustalarıyla iletişimi sağlamak üzere çeşitli teknik bilgiler bulunur. [207]



Şekil 4. 3 “Mimarlıkta ön tasarım”ı, genel tasarım süreci içinde işaretleyen şema.

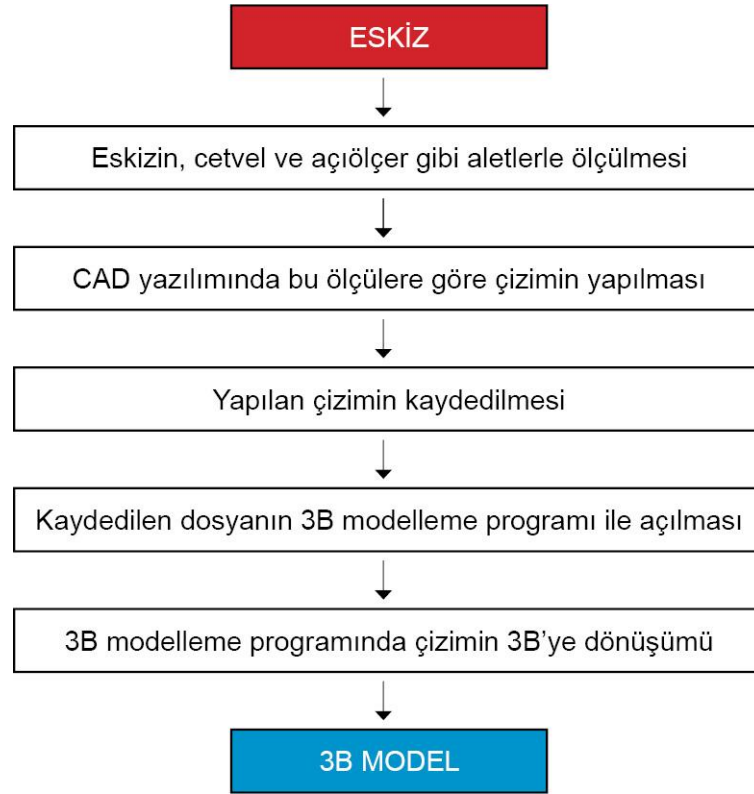
Yukarıdaki şemada da işaretlendiği gibi **el çizimi** ağırlıklı ilk iki aşama olan **“Eskiz”** ve **“Erken tasarım”** aşamaları, **“Mimarlıkta ön tasarım aşaması”**nı meydana getirmektedir. [207]

Bununla birlikte **“3.1. Mimari Tasarım Süreçleri”** konusu altında değinildiği gibi, tasarlama olgusunun gelişmediği dönemlerdeki **“benzetme”**nin sürece girmesiyle, bu dönemlerden günümüz bilgisayar destekli dijital tasarım süreçlerine kadar, bütün mimari tasarım süreçleri içerisinde **“mimari ön tasarım”** adımı, başka isimler altında ifade edilse de, kendini belli etmektedir.

4.1.2 3B Mimari Modelleme Süreçleri

Yukarıda incelenen ve süreç tanımlaması yapılan “mimari ön tasarım”da, 3B modellemenin de yer aldığı süreç adımları bulunmaktaydı. Tasarımcının elle yaptığı eskiz karalamalarını bir 3B modelleme programında, hacim kazanmış şekliyle, 3B görselleştirmesi işlemini kapsayan bu modelleme adımı da bir takım alt süreç parçalarından meydana gelmektedir.

Şimdiye kadar takip edilen yöntemler incelendiğinde, mimari eskizlerin 3B görselleştirilmesi için temel olarak “ölçme” ve “tarama” şeklinde iki yöntemin öne çıktığı gözükmemektedir.



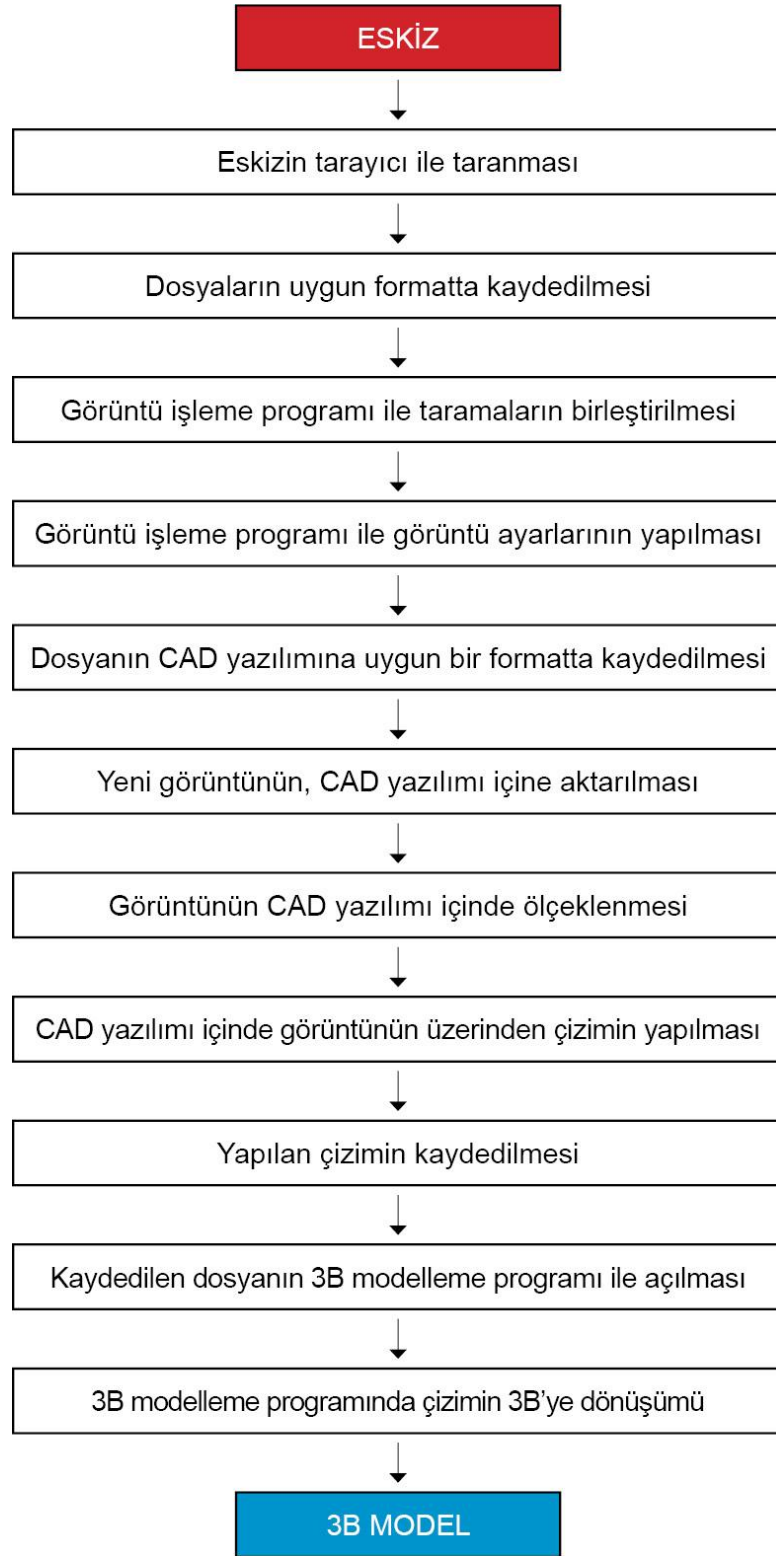
Şekil 4. 4 “Ölçme” ile eskizden 3B modellemenin akış şeması.

“Ölçme” ile Eskizden 3B modelleme

Eskiz karalamadaki duvar uzunluklarının tespit edilebilmesi için öncelikle cetvelle ölçülmelidirler. Şayet karalamalarda eğrisel formlar bulunuyorsa, bu formları ölçebilmek için esnek eğri cetvelden de yararlanmak gerekebilir. Sonrasında ayrıca gönye kullanarak duvar çizgilerinin arasındaki doğru açılar da belirlenmesi gerekmektedir. Ardından eskiz, bu ölçüler kullanılarak, **“Autocad”** gibi bir CAD programıyla modellenilebilecek şekle getirilebilir.

Bu aşamada CAD programı kullanmanın amacı ise 3B modelleme programlarının ölçüler ile çalışmak üzerindeki yetersizliğidir. Neredeyse hiç bir 3B modelleme programı çizim işeminde bir CAD programı kadar ölçülü çizim ve oransal boyutlama imkanı vermez. Örneğin bir CAD programı olan **“Autocad”**de herşey çizgiler ve çizgilerin ölçülerine dayalıyken, bir 3B modelleme programı olan **“3D Studio Max”**de çizgilerin ölçülendirilmesi oldukça zordur. [232]

CAD yazılımı ile bilgisayar çizimine dönüştürülen eskiz, 3B modelleme programına aktararak çeşitli modelleme teknikleriyle üçüncü boyuta yükseltilir. Sonrasında **“render”** denilen görselleştirme tekniği ile izlenebilir şekle getirilir.



Şekil 4. 5 “Tarama” ile eskizden 3B modellemenin akış şeması.

“Tarama” ile Eskizden 3B modelleme

Eskizden 3B modellemeye ikinci bir yol olarak; elle çizilen eskizin kağıdı, bir tarayıcı (Scanner) ile taranarak CAD yazılımına aktarılabilir. [233] Bunu gerçekleştirmek için, tarama sonrasında elde edilen görüntüler **“Photoshop”** gibi bir görüntü işleme programında büyüklüğüne göre gerekirse birleştirilerek ve görünüm ayarları yapılarak CAD yazılımının tanıdığı **“.jpg”, “.tif”, “.bmp”** gibi bir dosya formatında kaydedilir. Sonrasında elde edilen bu yeni görüntü dosyası, CAD programının içine arka plan nesne olarak aktarılır. Ardından bu görüntü, yine CAD yazılımı içinde ölçeklenir ve üzerinden çizgilerle geçilerek bilgisayara çizimine dönüşmüş olur. Arkasından gelen 3B modelleme süreci ise bir önceki “ölçme ile eskizden 3B modelleme” ile aynı şekilde devam etmektedir.

4.1.3 Mimari AG örnekleri üzerine yapılan gözlemler

AG yazılım teknolojisi ile kurgulanmış çeşitli uygulamalar üzerine yapılan incelemelerde çok büyük bir oranın AG’i bir sunum yardımcısı olarak kullandığı gözlenmiştir. Özellikle mimarlık alanı üzerine geliştirilen uygulamalarda bu durum kendini daha çok göstermektedir.

Örneğin -“3.3 Mimari AG Uygulama Örnekleri” konusunda da açıklandığı gibi- **ARMedia** şirketinin ürettiği AG pluginleri 3D Studio Max, SketchUp, Maya gibi animasyon/modelleme programlarına entegre edilerek modelin daha düzenli bir şekilde AG ortamına aktarılmasını sağlamaktan öteye geçememektedir. **ARWorks** ise ARMedia’dan birkaç adım daha öteye geçerek AG ortamındaki mimari nesnelere ışık/gölge faktörü ve kesit alma gibi ekstra özellikler eklemiş ancak yine de AG’i bir sunum yardımcısı olmaktan öteye geçirememiştir. Bunların yanında bir kısım diğer mimari uygulamalar ise ya konsept/teori düzeyinden kalmış ya da günümüz şartlarında pratik kullanımı çok da mümkün olmadığı “giyilebilir bilgisayarlar” gibi aygıtlara özel tasarlanmışlardır.

4.1.4 Yazılımın Çıkış Noktaları

Tez kapsamında yapılan araştırmalar ile ortaya çıkan yazılımın temelinde AG’i bir sunum aygıtı olmanın ötesine çıkarıp, mimarlık ve eğitimi için -yukarıda çerçevesi çizilen- **“mimari ön tasarım”**da kullanılabilecek bir materyale dönüştürme hayali yatmaktadır.

Bununla birlikte, yukarıda ismi geçen benzer AG uygulamalarını aşarak, AG’in sınırlarına erişilmeye çalışılmıştır.

Ayrıca; mimari tasarım ve 3B modelleme süreçleri üzerinde yapılan araştırmalar ve belirlemeler eşliğinde, **“AG destekli yeni bir mimari tasarım ve 3B modelleme süreci”** ortaya koymaya ve böylelikle, tezin hipotezinde tanımlanan mimari eğitim ve tasarım problemlerine de çözümler sunulmaya çalışılmıştır.

Özetlenen bu eğilimler doğrultusunda;

- Kağıt düzlemine yapılan mimari duvar eskizlerini, başka herhangi bir yazılıma ihtiyaç bırakmadan algılayıp, bu çizimleri 3B duvar nesnelere gerçek zamanlı dönüştüren;
- Duvarlarla oluşturulmuş bu üç boyutlu AG ortamına kapı-pencere ve çeşitli tefriş elemanlarını ekleyebilen bir AG uygulaması yazma düşüncesi araştırmanın motivasyonu olmuştur.

4.2 Yazılımın Geliştirilmesi

Yukarıda belirlenen hedeflere, öncelikle **“Adobe Flash”** ortamında **“Action Script 3.0”** yazılım dilinde ulaşılmaya çalışılmıştır. Ancak –ilerleyen sayfalarda detaylı açıklanacağı üzere– “Flash”ın çeşitli teknik yetersizliklerinden dolayı geliştirmeye, **“DirectX”** ve **“C#”** dillerinde ikinci bir yazılım olarak devam edilmek durumunda kalınmıştır.

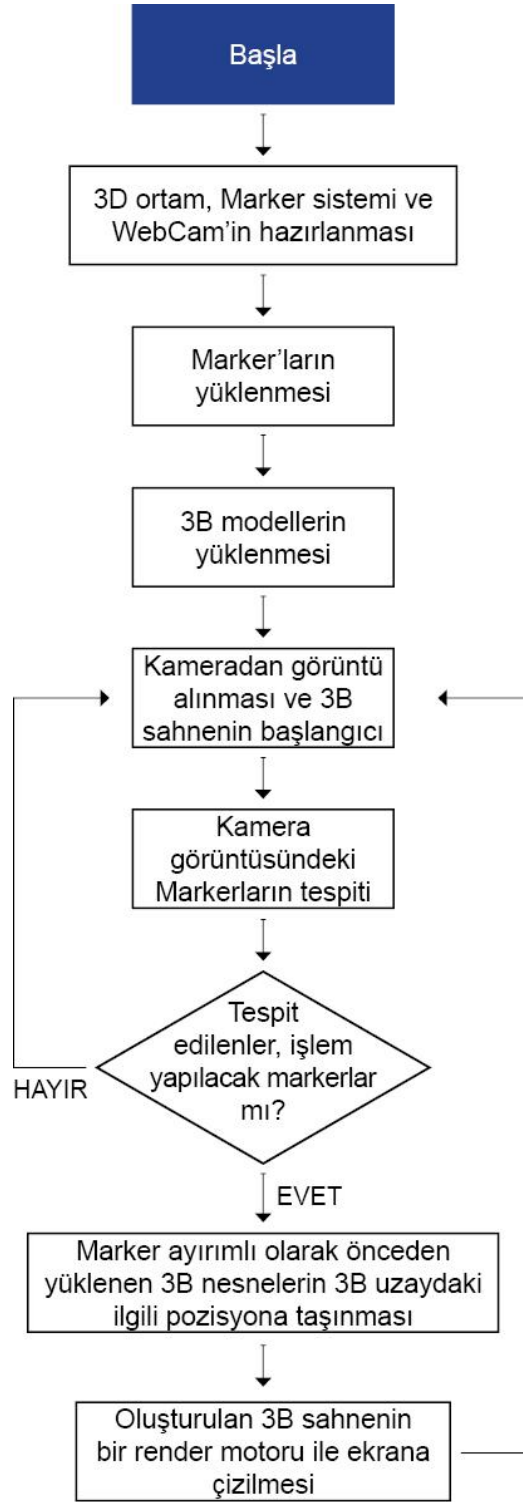
4.2.1 Adobe Flash AS3.0 ile Geliştirilen Birinci Yazılım

Augmented Reality 1.0 (Samuel Asher Rivello) [234] [EK-1]

Konuya teknik bir başlangıç olarak **“Adobe Flash AS3”** dili ile yazılmış basit uygulamalar incelenmiştir. Bunlardan ilki “Adobe Devnet” forumunda karşılaşılan **“Samuel Asher Rivello”**’ya ait bir uygulama olmuştur. Bu uygulama, **“FLARSingleMarkerDetector”** [235] yani FLAR Tekli Marker Dedektör kullanarak oldukça temel düzende tasarlanmış bir uygulamadır.



Şekil 4. 6 Samuel Asher Rivello’nun AG uygulamasından görüntüler



Şekil 4. 7 Augmented Reality 1.0 (Samuel Asher Rivello)'ın akış şeması

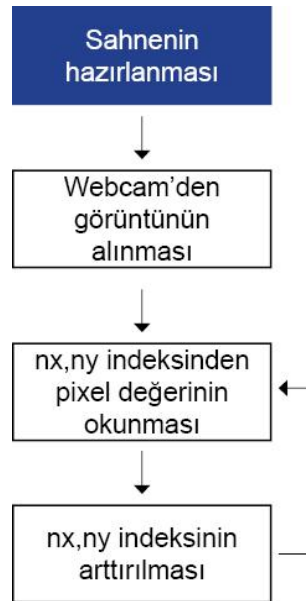
Yukarıdaki akış şemasında da tanımlandığı üzere uygulama, Flash içinde görüntüleri kamera'dan basitçe bitmapdata'lar olarak alıp **FLARToolkit** ile "marker"ı tespit etmektedir. Sonrasında **Blender**'da modellenmiş bir Eiffel Kulesi modelini **FLARToolkit**

kütüphanesi ile yakalanan marker üzerine bindirmektedir. Flartoolkit; AG ve insan bilgisayar etkileşim sistemleri için açık kaynak kodlu, düzlemsel, ünlü bir marker sistemi [236] olan **“ARToolkit”**in Flash AS3’e dönüştürülmüş sürümüdür. ARToolkit’de markerlar, içinde bitonal deseni (pattern) bulunan siyah kenarlı bir çerçeve içinde olması gerekir. [236]

Bu örnekle birlikte bir AG ortamının FLARToolkit ve Papervision3D kullanarak nasıl kurulabileceği bilgi ve yöntemine ulaşılmıştır. Sonrasında bu uygulama çeşitli eklemelerle geliştirilerek arkasından takip eden birçok çalışma için altlık olarak kullanılmıştır.

Rivello’ya ait bu yaklaşımın, projenin AG kısmı için altlık olarak kullanılabileceğine kanaat edildikten sonra kullanıcının yapacağı çizimin AG ortamına bir 3B duvar nesnesi olarak aktarılabilmesi için araştırmalar başlamıştır.

İlk Nokta/çizgi tespit denemeleri



Şekil 4. 8 Getpixel ile kurulması denenen koordinat tespitinin algoritması

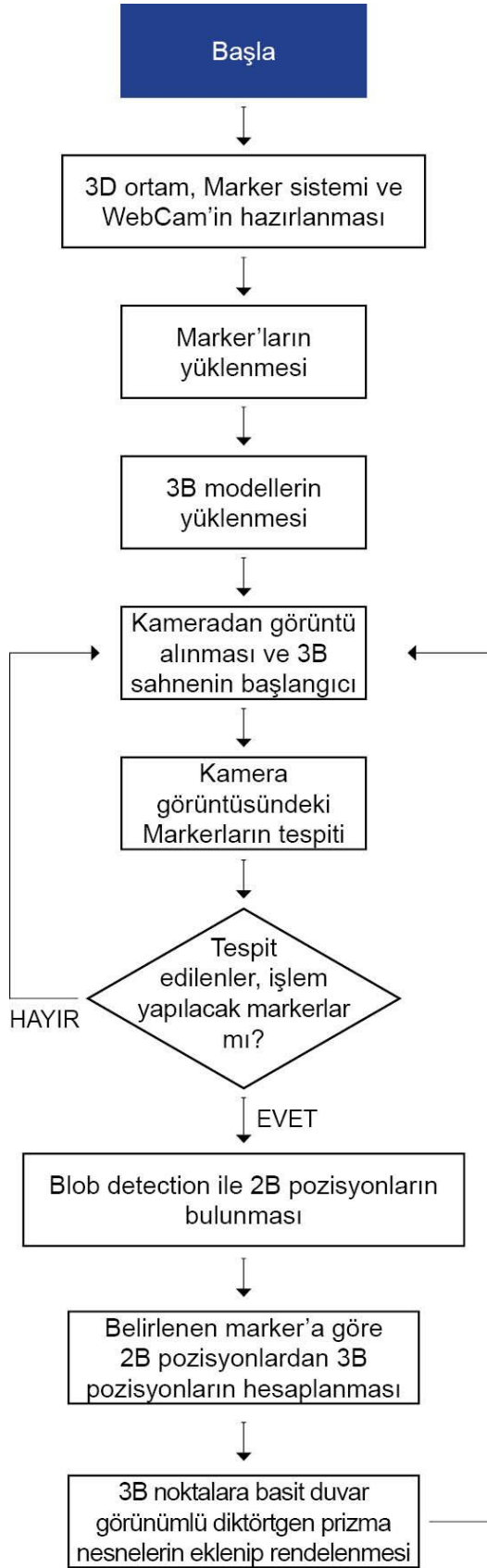
Nokta/çizgi tespit işlemlerinin gerçekleşmesi için, yukarıdaki akış şemasında da görüleceği gibi, Flash’ın en temel görüntü işleme fonksiyonlarından olan **“getPixel”** fonksiyonu ile ilk denemeler yapılmıştır. Kameradan elde edilen “pixelData”lar

“getPixel” fonksiyonu ile pixel bazında taranarak renk kodları tespit edilebilmektedir. “getPixel” fonksiyonu örneğin (640 x 480) boyutundaki bir “bitmapData”yı “for” koşulu ile (0,0) noktasından (640,480) noktasına kadar taramaktadır. Yani bir bitmapdata’daki 307.200 adet pixel tek tek taranmaktadır.

“getPixel” fonksiyonu ile yapılan tarama işleminin ardından pixellerin arasındaki zemin renginden farklı olan renk kodları tespit edilebilmiştir. Ayrıca aranan rengin haricindeki istenmeyen renkler de “setPixel” ile beyaz renge dönüştürülerek iptal edilebilmiştir. Algoritmada belirtildiği gibi tespit edilen bu iki boyutlu uzay üzerindeki pikseller arasında mantıklı bağlantılar kurarak çizgiler; çizgilerden de gruplar oluşturularak duvar nesneleri elde etmek hedeflenmiştir. Ancak araştırmalar devam ederken bu algoritma üzerinde temel bir problemle karşılaşılmıştır: “getPixel” fonksiyonu ile kameradan saniyede 16 adet yakalanan “pixelData”ların alınması, gereksiz döngülerin kurulmasıyla birlikte, günümüz işlemcileri için yüksek ölçekli bir iş yükü doğurmuştur. Bu da algoritma üzerindeki esnekliği tamamen kaldırmıştır. Sonuçta gözlemlenen yavaşlık, pixellerin tek tek tespiti yerine daha farklı yöntemlerin arayışını zorunlu kılmıştır.

Çizgi belirleme için yöntem araştırmaları

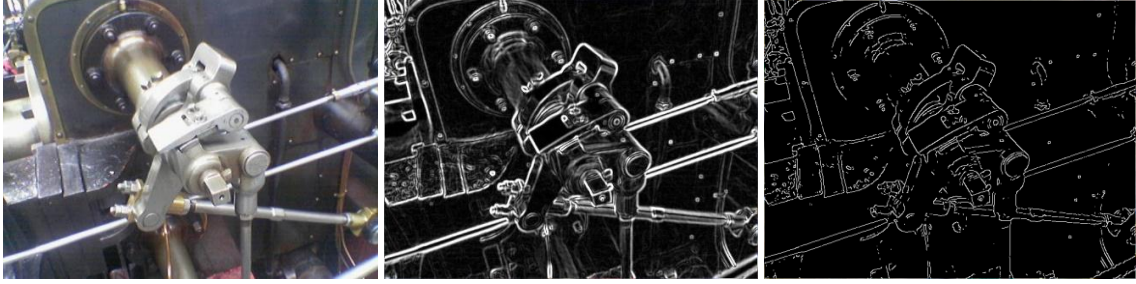
Araştırmalarda öncelikle kullanıcı tarafından zemin üzerine çizilen çizgilerin çeşitli algoritmalarla tespit edilmesinin gerekliliği saptanmıştır. Bu amaçla “**Edge detection**”, “**Blob detection**” gibi “**kapsam belirleme algoritmaları**” araştırılmıştır.



Şekil 4. 9 “Blob Detector”ün Rivello’nun uygulamasına eklenmesinin şeması

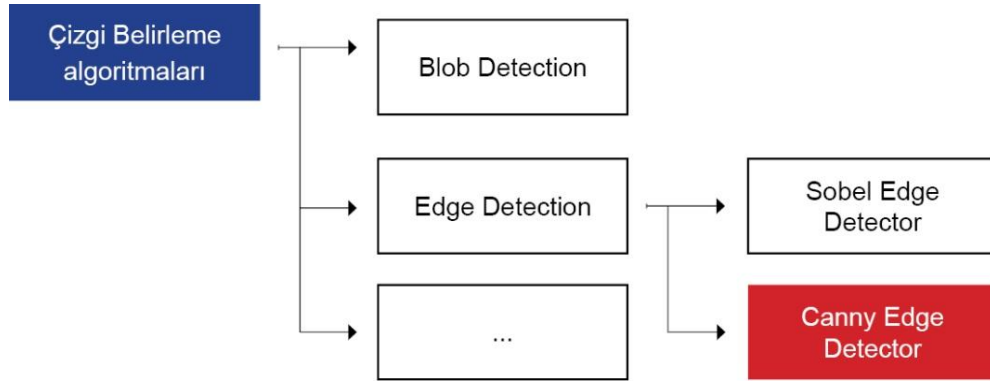
Öncelikle “**Blob Detection**” kütüphanesi Rivello’nun Adobe Flash ortamında yazdığı basit AG uygulaması üzerine eklenmiştir. Böylelikle bir AG ortamında ekrandan “**Blob Detector**” ile tespit edilen çizgiler 2B olarak ekran basılmıştır.

“Blob Detection”ın çizgi yerine çizginin etrafını belirlediğinden dolayı bu yöntemden vazgeçilerek, “**Edge Detection**” yönteminin daha uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. 10 “Sobel Edge Detector” (ortada) ve “Canny Edge Detector”ün (sağda) çıkıtısı

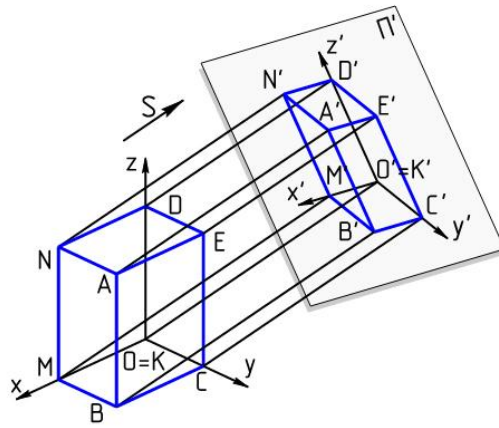
“Edge detection” yöntemlerinden ise “**Sobel Edge Detection**” [237] ve “**Canny Edge Detection**” [238] algoritmaları karşılaştırılmıştır ve “Canny” algoritmasının daha hızlı ve doğru çalıştığı saptanmıştır. Böylelikle araştırmaya “**Canny Edge Detection**” ile devam etmeye karar verilmiştir.



Şekil 4. 11 İncelenenler arasında Canny Edge Detector’le sonuçlanan çizgi belirleme algoritmalarının diyagramı

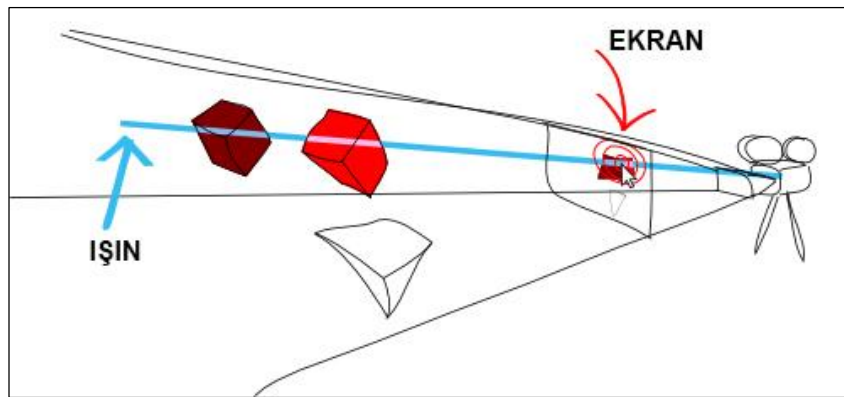
“Unprojection” Metodu

Çalışmalar devam ettikçe duvarların üç boyutlu olarak sahne içine yerleştirilebilmesi için kameradan yakalanan iki boyutlu “BitmapData”lardan 3B noktalar elde edilmesinin gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu ihtiyacın arkasından yapılan araştırmalarla bu işlemin “Unprojection” metodu ile yapılabileceği öğrenilmiştir ve metod AG ortamında denenmeye başlamıştır.

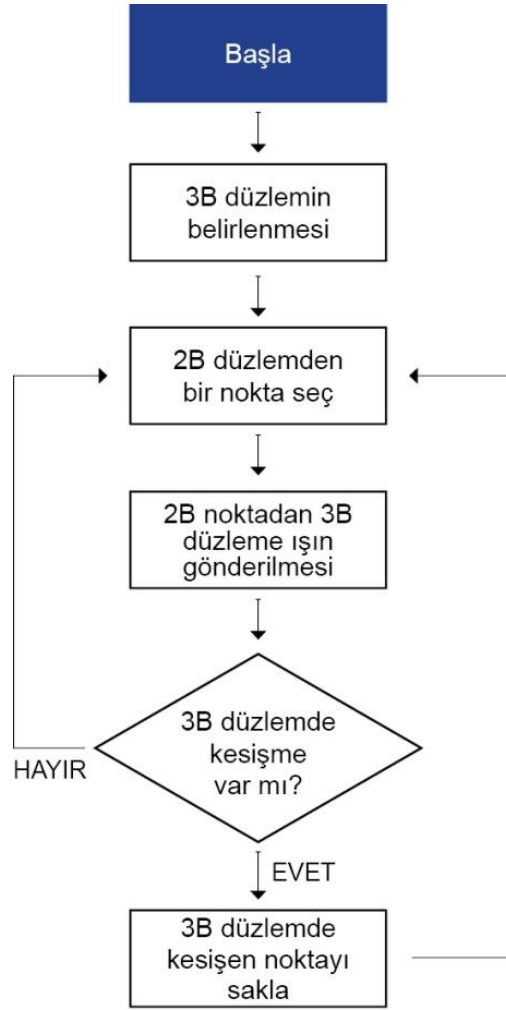


Şekil 4.12 “3D projection” metodunun gösteren şema

“Unprojection” metodunun tanımından önce “3D projection” metodunun açıklanması daha doğru olacaktır. “3D Projection”, üç boyutlu bir noktayı iki boyutlu bir düzleme taşımaktır. Özellikle bilgisayar grafikleri, mühendislik ve teknik çizimlerde, iki boyutlu bir medya üzerine temellenmiş bir grafik veriyi göstermekte yaygın şekilde kullanılmaktadır. [239]



Şekil 4.13 “Unprojection” metodunun işleme prensibini gösteren şema



Şekil 4. 14 “Unprojection” metodunun temel işleyişini gösteren algoritma

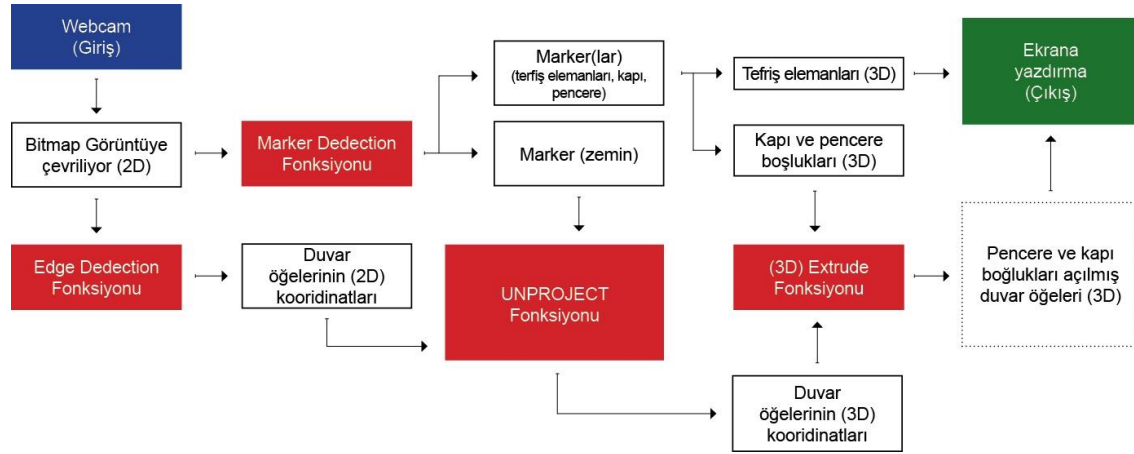
“**Unprojection**” metodu ise; iki boyutlu uzaydan üç boyutlu uzaya ışın gönderilerek, üç boyutlu uzaydaki bir düzlem ile kesiştirilmesiyle yer tespitinin sağlanması işlemi olarak basitçe tanımlanabilir. “Unprojection” için 2B düzlemde bir nokta, bir adet 3B düzlem ve bununla kesişmesi gereken bir 3B ışın gerekmektedir. Tez kapsamında geliştirilen projede 2B düzlemdeki nokta, yukarıda tanımlanan çizgi belirleme algoritmalarıyla belirlenmiştir. 3B düzlem ise marker sistemi tarafından tespit edilen her hangi bir marker’ın düzlemidir. Kesiştirme ışını ise genel yazılımdan bağımsız olarak tekrar hesaplanmıştır.

Geliştirmeye “Canny Egde Detector”le devam etmeye karar verilmeden önce, “Blob Detector”ün çizgiler üzerinden yakaladığı noktaları “Unprojection” metodu ile 3B ortama gönderme işlemi başarılmış ve bu noktalara birer 3B küp nesnesi yerleştirilerek

-istenilen düzeyde olmasa da- duvar benzeri bir görüntü elde edilebilmiştir. Oldukça yavaş çalışan bu düzenek, uzun süren optimizasyon çalışmaları ile -istenilen seviyede olmasa da- hızlandırılabilmiştir.

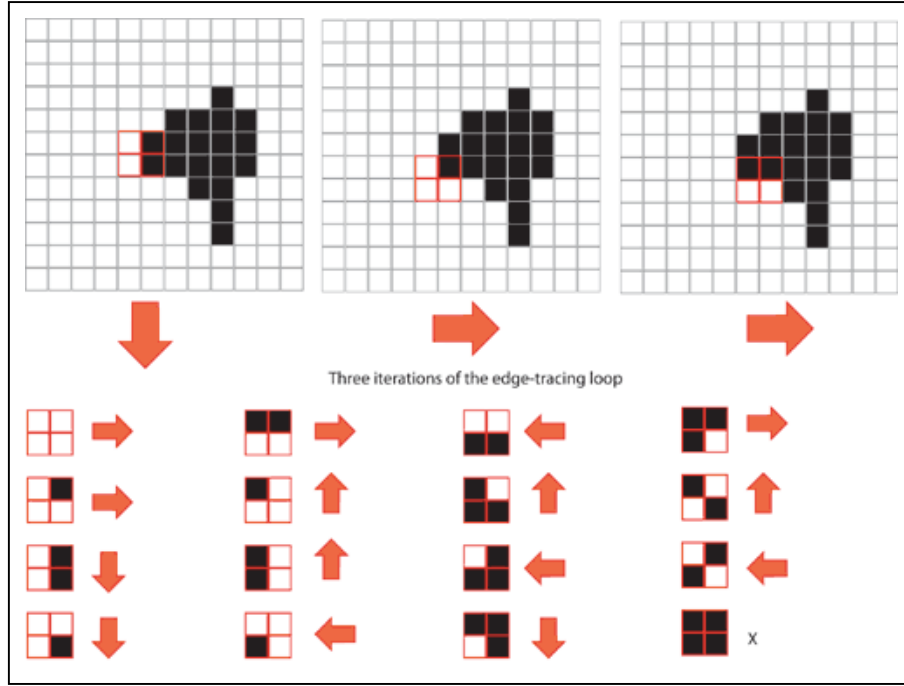
Daha sonra sıra elde edilen noktalardan gerçek duvar görünümlü nesneleri üretmeye gelmiştir. Ancak “Blob detector”ün Flash ortamında oldukça yavaş çalışmasının yazılımın geliştirmesine büyük bir engel olacağı fark edilmiştir. Bunun üzerine alternatif “edge detection” kütüphaneleri araştırılmış ve sonuçta Flash ortamına göre düzenlenmiş **“Canny Edge Detector”**ün kullanıldığı, **Eugene Zatepyakin** tarafından geliştirilmiş bir yeni uygulamaya rastlanılmıştır. [240] “C” ve “JAVA” gibi dillerle desteklenmiş bu Flash uygulaması, araştırmacının “Canny Edge Detector” ile daha sağlıklı ilerleyebileceği fikrini uyandırmış ve araştırmayı yönlendirmiştir.

Bu arada kapı, pencere ve diğer tefriş elemanlarının da eklenebilmesi için tekli marker yöntemi ile üretilmiş olan temel uygulamaya alternatif olarak çoklu marker uygulamaları da incelenmiş ve bunlardan bir tanesi çalışmaya altlık olarak şekilde diğerinin yerini almıştır.



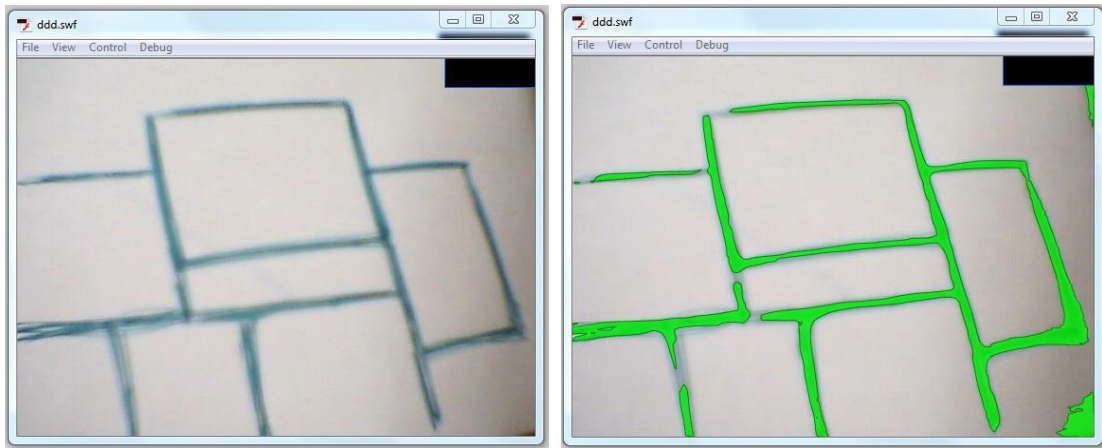
Şekil 4. 15 “Canny Edge Detection”a geçişte “Unprojection metodu”, “çoklu marker sistemi” ve “extrude” fonksiyonlarının birlikte kurgulandığı ilk algoritma diyagramı

“Çoklu marker” sisteminin içine “Unprojection” ve “Canny Edge Detection”ın birlikte eklenebilmesi için uzun süren çalışmalar yapılmış ve birleşim yukarıdaki diyagramda gösterilen düzeneğe göre yine Flash ortamında -kapı, pencere ve tefriş elemanları hariç- gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. 16 “Marching Squares” algoritmasının çalışma şekli

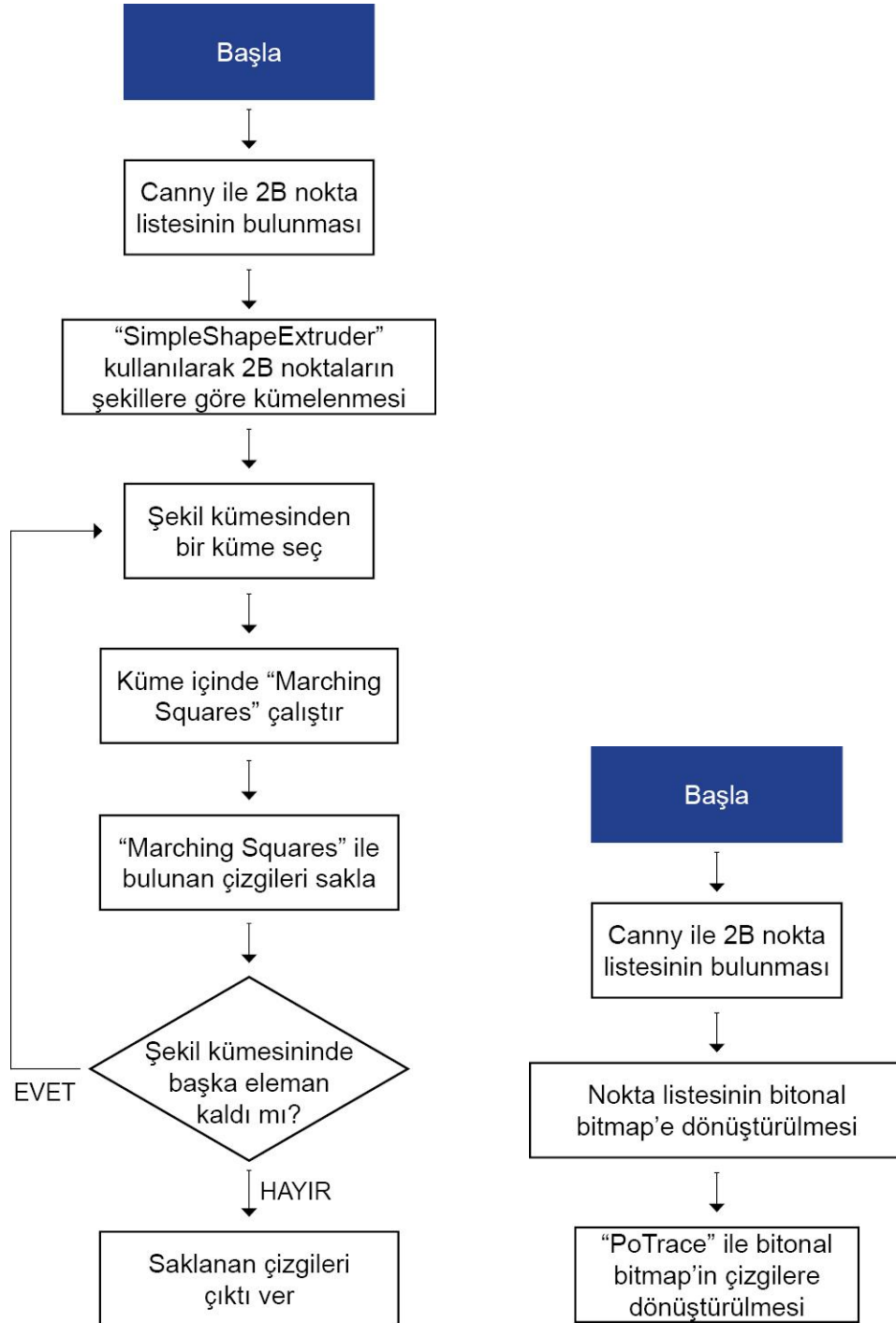
Canny Edge Detection’den elde edilen veriler, 2B uzaydaki nokta listesi olduğu için bu nokta listesinin çizgi kümesine dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için noktaların şekiller halinde kümelenmesi gerekmektedir. Her bir şekildeki noktaların da **“Marching Squares”** [241] gibi bir algoritmayla çizgi kümesine dönüştürülmesi gerekmektedir.



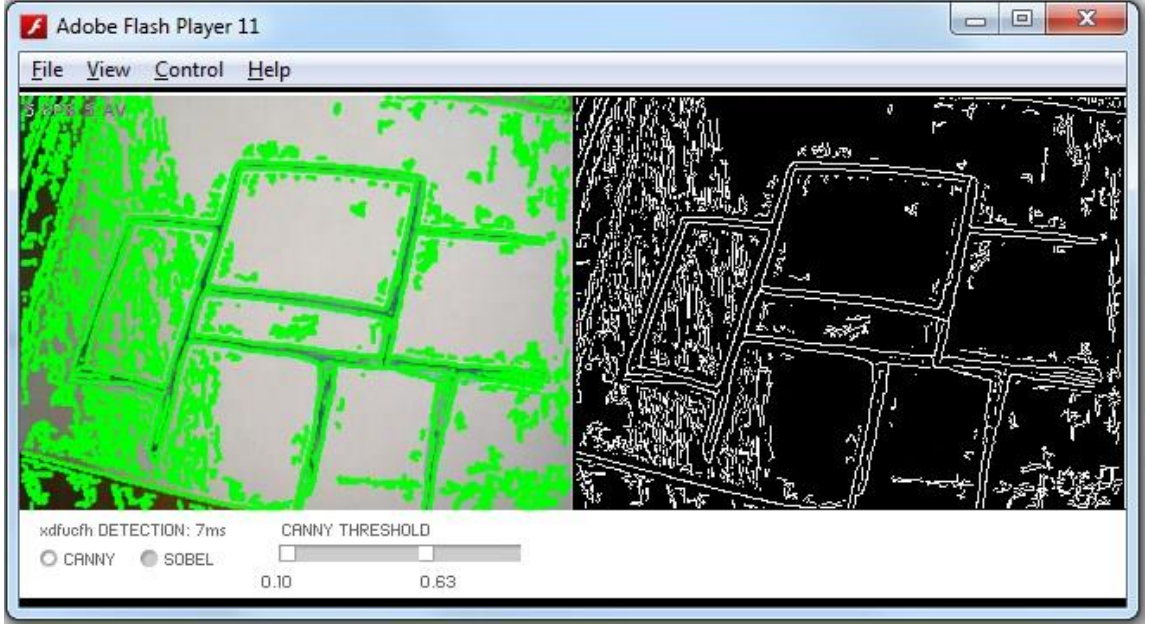
Şekil 4. 17 “PoTrace” ile şekillerin belirlenmesi

Noktaların şekil kümesine dönüştürülmesi için **“SimpleShapeExtruder”** [242] kullanılmıştır. **“SimpleShapeExtruder”** ve **“Marching Squares”** sisteme iki ayrı iş yükü olduğu için sonrasında bu iki algoritmanın işini görebilmek üzere **“vektörizasyon”**

algoritmaları incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda “**poTrace**” [243] algoritması Flash’daki “**portAS**”, “**PowerFlasher**” (**as3Potrace**) gibi çeşitli kütüphanelerle kullanımı sağlanmıştır. Yapılan denemelerde “Potrace” ile başarılı sonuçlar alınmıştır.

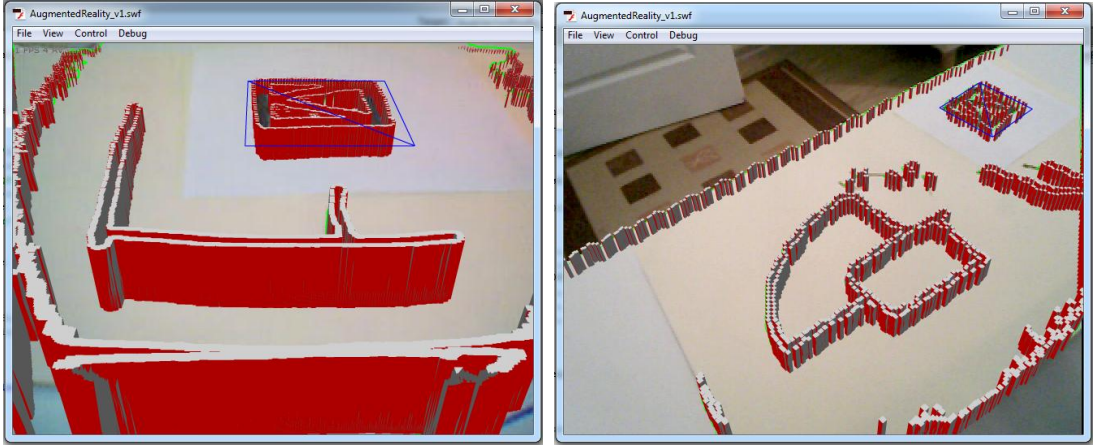


Şekil 4. 18 “Marching Squares” (solda) ve “PoTrace” (sağda) algoritmalarını kullanarak belirlenen noktaların çizgilere dönüştürülmesi işlemin gösteren akış şemaları



Şekil 4. 19 Canny Edge Detector'den alınan bitmap'in bitonal'e dönüştürülmesi

Bunun ardından elde edilen ve mantıklı şekilde gruplandırılan 2B noktalar, “Unprojection” işlemine alınmış ve “3B koordinat noktaları” olacak şekilde elde edilmiştir.



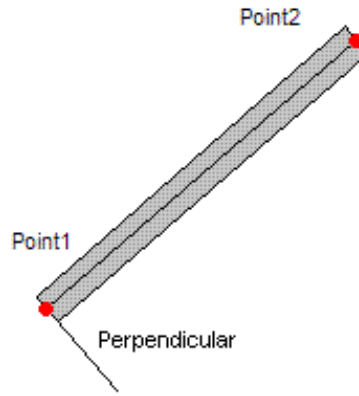
Şekil 4. 20 “Unprojection” ile elde edilen 3B noktalara dikdörtgen blokların eklenmesiyle duvar oluşturulması

“Unprojection” ile elde edilen 3B noktaların doğruluğunu test etmek için, yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, bu noktalara 3B dikdörtgen blok nesneler eklenmiştir. Böylelikle çeşitli hataları olmasına karşın hedeflenen duvar benzeri bir görünüm elde edilebilmiştir.

Çizgilerin duvar nesnelere dönüştürülmesi

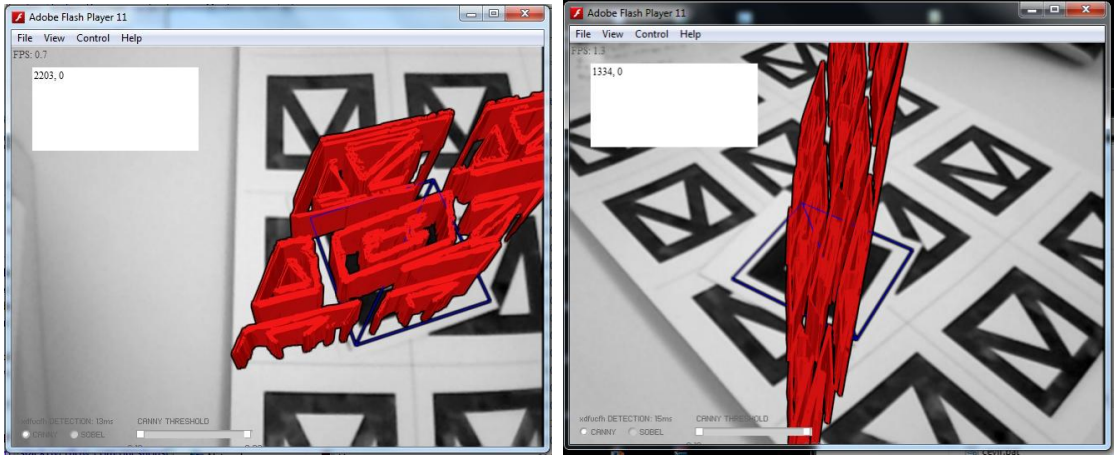
Bu işlemlerin ardından yukarıdaki algoritmalarla tespit edilen noktaları duvar nesnelere dönüştürebilmek üzere “**Adobe Flash**” ortamında “**3D extruder**”, “**Ribbon3D**” [244] gibi kütüphaneler araştırılmaya başlanmıştır. Ancak yapılan denemeler sonunda bu kütüphanelerin amaca ulaşmak için yeterli olmadığı anlaşılmıştır.

Çizgilere “duvar” görünümü verebilmek için çizgilerin, duvarın asal formu olan “dikdörtgen prizma”ya dönüştürülerek ekrana basılmasının gerekliliği ortadadır. Bu forma ulaşmak için ilk önce A ve B gibi iki 3B noktaya sahip olan bir çizgiyi enine C ve D gibi fazladan iki noktanın daha hesaplanması gerekmektedir. [245] Böylelikle dikdörtgen prizmanın tabanını elde edilmiştir.



Şekil 4. 21 Belirli bir genişlik ile iki nokta arasında bir dikdörtgen çizilmesi

3B uzaydaki bu dört noktadan oluşan dikdörtgene belli bir yükseklik kazandırılarak duvar görünümü elde edilmesi planlanmıştır. 3B çizim kütüphanelerinde bir 3B nesneyi render’lemek için bu nesneyi üçgenlerle ifade etmek gerekmektedir. [246] Bu yüzden pratikte taban dikdörtgeni yerine iki adet üçgen kullanılması gerekmektedir.



Şekil 4. 22 “FlarToolkit” AR Kütüphanesindeki “unprojection” hatasının sonucu

Flash’la yapılan yukarıdaki çalışmaların ve denemelerin sonucunda;

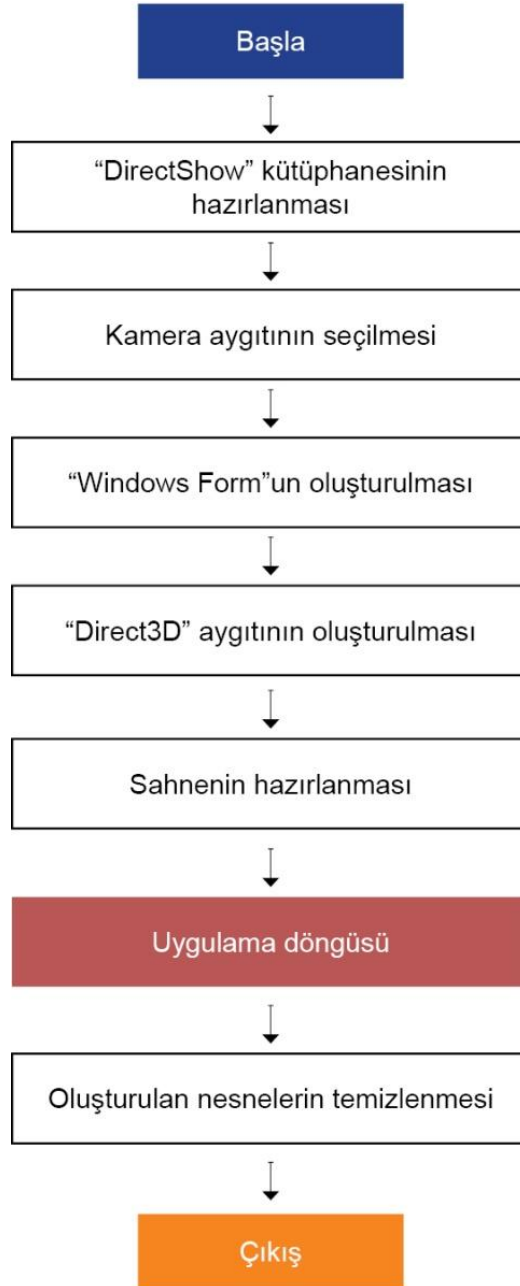
- Kullanılan “**FlarToolkit**” AG kütüphanesindeki “**Unprojection**” metodunun çeşitli hatalar barındırması ve bunun paralelinde nesnelerin uygun şekilde konumlandırılmaması,
- Flash ortamı için oldukça ağır çalışan birden fazla algoritma kullanılmasının FPS’i düşürmesi,
- Projenin derlenmesinin birden fazla adımda gerçekleşmesinden doğan yazılım geliştirme zorluğu, gibi nedenlerden dolayı hedeflenen başarıya ulaşılamamış ve farklı yöntemler araştırılmaya başlanmıştır.

4.2.2 “DirectX” ve “.Net” ortamlarında geliştirilen İkinci Yazılım

Flash ortamında beklenen sonuca ulaşılamamasının üzerine -“**2.4.2 Arttırılmış Gerçekliğin Yazılımsal Bileşenleri**” bölümünde incelendiği üzere- derlemesi hızlı, işlemciyi ve diğer donanımları optimize kullanabilen ve gramer yapısı kolay AG’e taban sağlayabilecek “**JAVA**”, “**C++**”, “**.Net**” gibi çeşitli ortamlar ve diller incelenmiştir. Performans için grafik kartını doğrudan kullanabilmesi avantajını taşımasından dolayı “**DirectX**” kütüphanesi tercih edilmiştir. Derleme hızı ve geliştirme kolaylığından dolayı da programlama dili olarak “**.Net**” ortamında “**C#**” tercih edilmiştir.

“ARToolkit” kütüphanesinin **“.Net”** ortamındaki uyarlaması olan **“NyArToolkit-CS”** [247] kütüphanesi tercih edilmekle, önceden oluşturulan proje algoritmasında büyük bir değişikliğe gidilmeden, aşağıda adım adım açıklandığı şekilde, geliştirmeye devam edilebilmiştir. [EK-2]

“DirextX”in hazırlanması

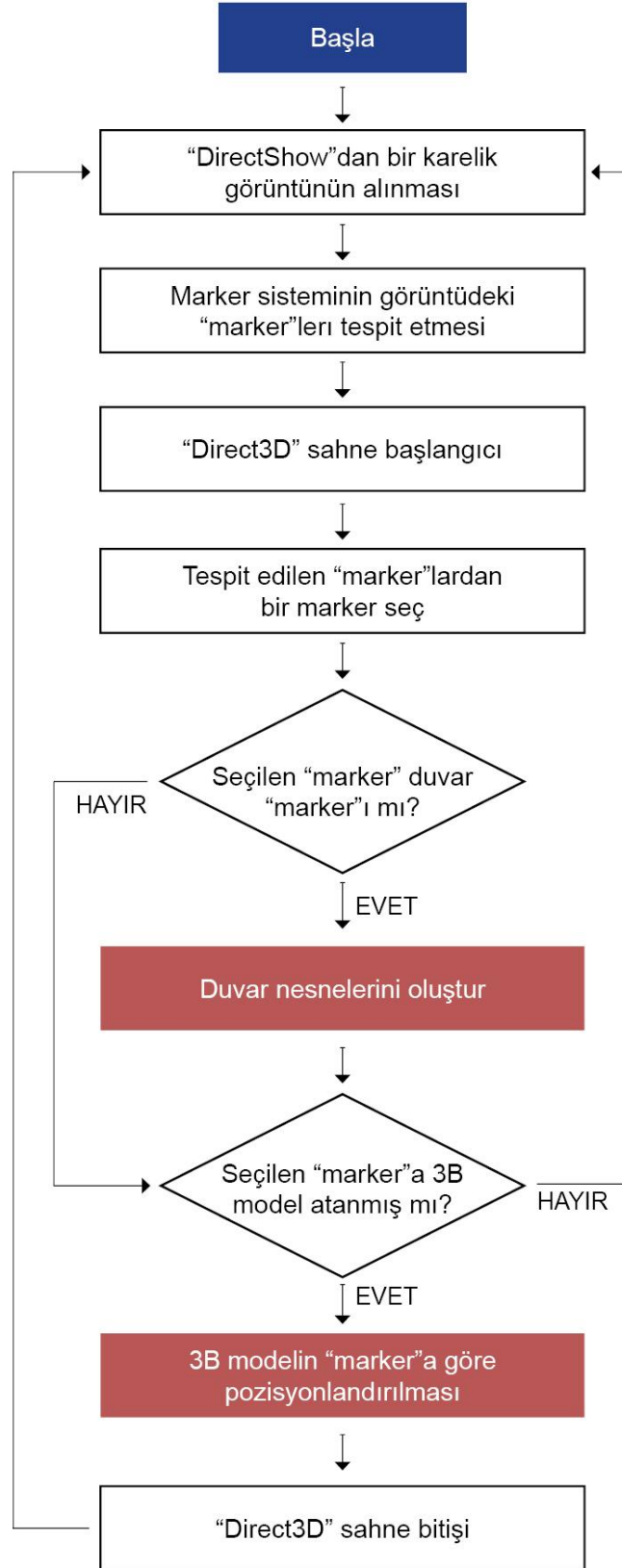


Şekil 4. 23 Uygulamanın çerçevesini gösteren akış diyagramı

İlk aşamada “**DirectX**”in hazırlanması gerekmektedir. 3B ortam oluşturulmasına yarayan “**Direct3D**” ve kameradan görüntü alınmasını sağlayan “**DirectShow**” kütüphaneleri, “DirectX”in hazırlanması için ana konu olmuştur. Hazırlanan uygulamanın başlangıcında “DirectShow” hazırlanarak kullanıcıya, uygulamada kullanılacak olan kamera aygıtlarının listesi sunulur. Kullanıcı bu listeden bir kamera seçerek “**DirectShow**”un hangi görüntü yakalama aygıtı ile çalışacağını belirlemiş olur. Ardından 3B görüntülerin çizileceği “**Windows formu**” oluşturulur. Ve son olarak 3B çizimlerin yapılacağı “**Direct3D**” aygıtı oluşturulur. Böylelikle görüntü yakalanabilir ve istenilen 3B çizimler yapılabilir hale gelmiştir. 3B çizimler, kütüphaneden bağımsız olarak bir döngü içinde gerçekleşmektedir. Bu bağlamda “Direct3D” çizimleri bir döngü içine alınacaktır. Bu aşamadan sonra anlatılacak olan tüm çizim ve görüntü yakalama işlemleri bu döngü içerisinde gerçekleşecektir.

Döngü öncesinde, sahnenin hazırlanması gerekmektedir. Sahne hazırlanırken “Direct3D” aygıtının nasıl davranacağı belirlenir. Ayrıca sahnedeki ışıkların çeşidi ve özellikleri de belirlenir. Bununla birlikte seçilen kamera aygıtı, görüntü yakalamaya hazır hale getirilir. Bu şekilde sahne hazırlanmış olur.

Uygulama döngüsü

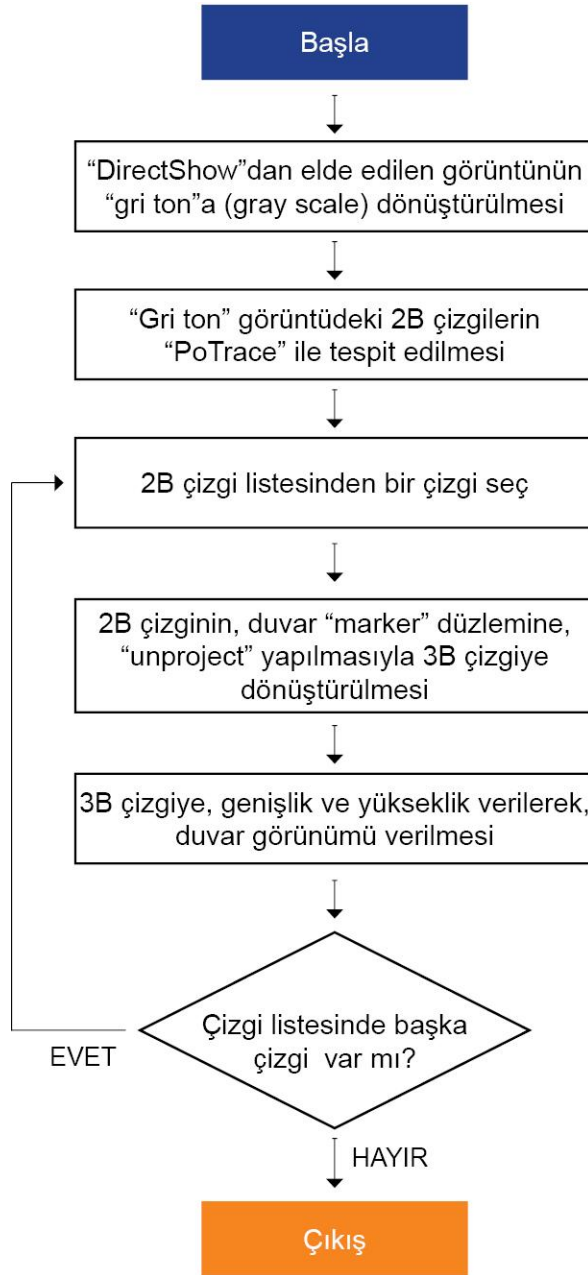


Şekil 4. 24 Uygulama döngüsünün akış diyagramı

Bu döngü, yazılımın asıl Arttırılmış Gerçeklik temasının işlendiği döngüdür. Döngünün hemen başında, kullanılan marker sistemi olan **“NyArToolkit”** kütüphanesine **“DirectShow”**dan elde edilen görüntü iletilir. Marker sistemi, bu görüntüdeki **“maker”**ları tespit eder. Her döngünün başında **“Direct3D”** sahnesi başlatılır ve **“buffer”** olarak isimlendirilen tampon temizlenir. Bütün 3B çizimler bu tampona çizilir. **“Direct3D”** bir döngünün sahnesi sonlandığında bu tamponu ekran kartına yollar. Bu şekilde görüntü ekrana taşınmış olur. Döngü tekrar başa döndüğünde tampon tekrar temizlenir ve aynı işlemler tekrarlanır.

Marker sisteminin tespit ettiği markerlar bu aşamada tek tek işlenecektir. Flash ortamında geliştirilen önceki uygulamalarda ve incelenen diğer AG örneklerinde marker patternleri (örüntü) uygulama döngüsü dışında statik olarak yüklenmektedir. Fakat geliştirilen yeni uygulamada markerlar arayüzden ortama, dinamik olarak eklenebilmektedir. Bu sebepten marker ekleme ve çıkartma işlemleri uygulama döngüsü içerisinde gerçekleşmektedir. Marker listesindeki değişiklik marker tespitinden hemen önce olması gerekmektedir.

Duvarın çizilmesi

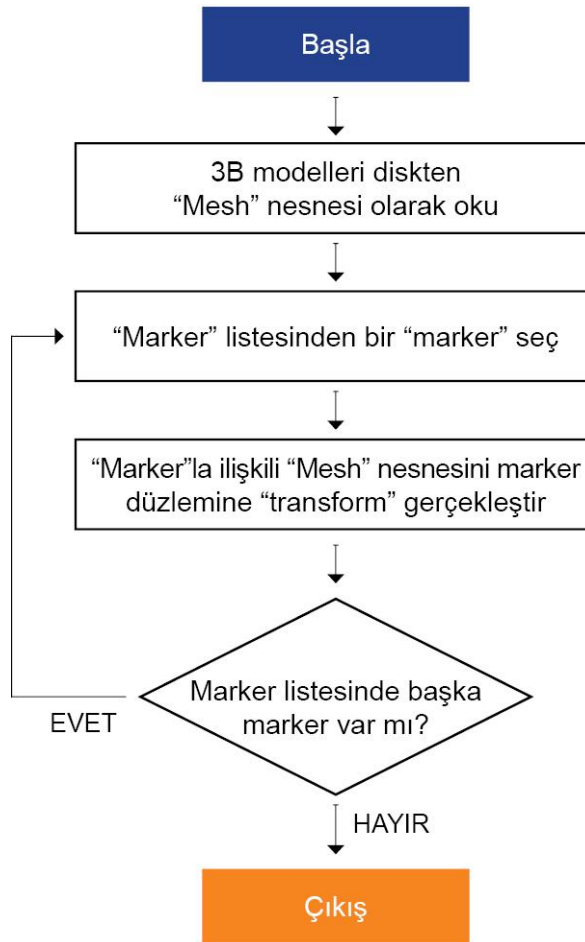


Şekil 4. 25 Duvarın çizilmesinin akış diyagramı

Marker sistemine tanıtılan markerlardan en az bir tanesi duvar çizimi için kullanılmaktadır. Marker sistemi duvar için belirlenmiş olan markera rastladığında duvar çizimi için gerekli adımlar gerçekleşir. Duvar çiziminde kullanılan algoritma, önceki Flash uygulamasından çok farklı değildir. İlk başta hızlı işlenebilmesi için görüntü “gri ton”a (gray scale) çevrilmektedir. Ardından gri ton görüntü “**poTrace**” algoritmasından

geçirilerek görüntedeki 2B plan çizimlerinde çizgilerden “şekil kümeleri” halinde elde edilir. Bu kümeler bir döngü içinde işlenerek “duvar” formunu alır. Bunun için kümelerde bulunan 2B çizgiler, “**Unprojection**” yöntemi ile duvar marker’ı esas kabul edilerek “üç boyutlu çizgiler” haline dönüştürülür. Yine önceki uygulamada olduğu gibi 3B çizgilere bir kalınlık verilir. Ve duvar için taban dikdörtgeni oluşmuş olur. Sonrasında ise bu taban dikdörtgenine belirli bir yükseklik kazandırılarak duvar parçasının son hali elde edilir. Bu 3B parçalar yine kümeler halinde tek bir “**mesh**” objesi içinde saklanır. Ve son olarak bu “mesh” objesi “**Direct3D**” sahne tamponuna çizim için gönderilir.

Diğer modellerin sahneye eklenmesi



Şekil 4. 26 Diğer 3B modellerin sahneye eklenmesini, gösteren akış diyagramı

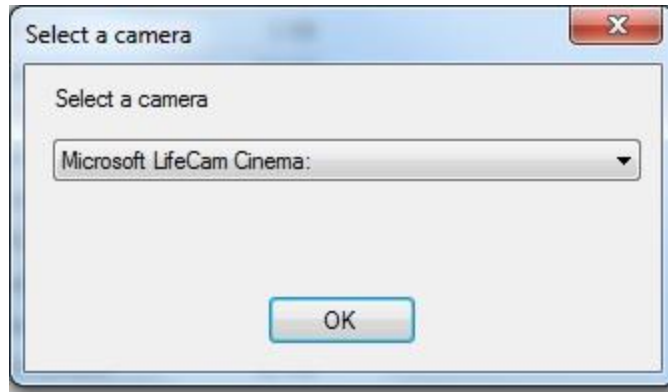
Marker sisteminde tanımlı her bir marker için 3B uzayda bir düzlem bulunmaktadır. Bu düzleme, duvar çiziminde yapıldığı gibi, kendi dinamik nesnelerimizi ekleyebilmekle

birlikte dışarıdan “statik” olarak oluşturulmuş olan “**3B modelleri**” de ekleyebiliriz. Bu uygulamada duvar “marker”ı haricindeki tüm “marker”lara bu şekilde dışarıda 3B modeller yüklenmektedir. Her bir marker için ilişkili 3B model diskten okunduktan sonra “Direct3D” “Mesh” nesnesine çevrilir ve ilişkili “marker” düzlemine “**transform**” (taşıma, ölçekleme ve döndürme) işlemi yapılır.

4.3 Yazılımın Arayüzü

Uygulamanın arayüzü “**Kamera seçimi**”, “**Ayarlar**” ve “**Sahne**” olmak üzere üç ana bileşenden oluşmaktadır:

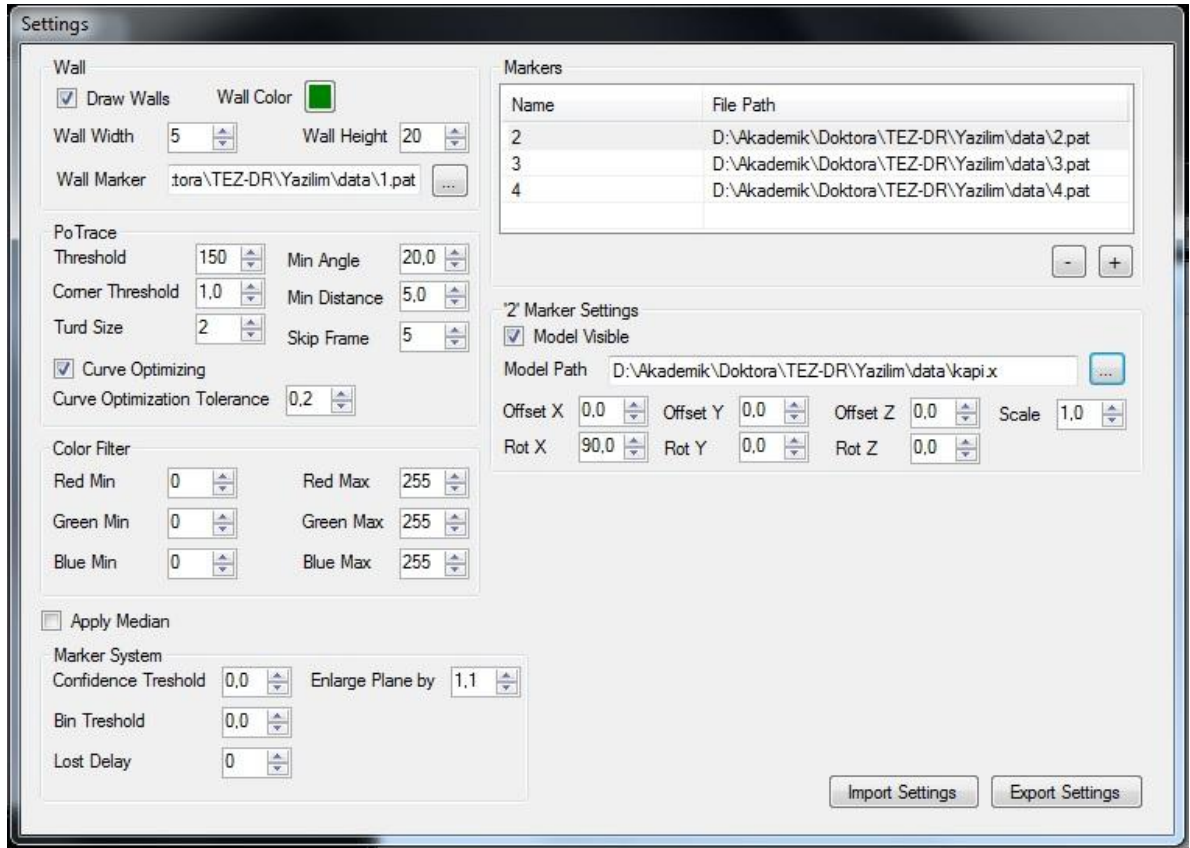
“Kamera Seçimi” (Select a Camera) Arayüzü



Şekil 4. 27 Kamera seçim arayüzü

Yazılım çalıştırıldığında sisteme takılı olan kameralar arasında seçim yapmaya yardımcı olan bir arayüz kullanıcıyı karşılamaktadır. Kullanıcı listeden kamerayı seçerek yazılımın asıl arayüzüne giriş yapar.

“Ayarlar” (Settings) Arayüzü

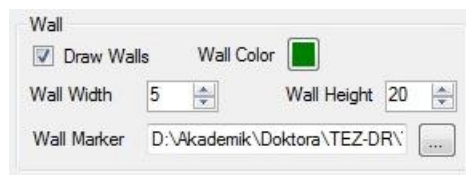


Şekil 4. 28 “Ayarlar” arayüzü

Kamera seçildikten sonra beliren ve şekilde görüldüğü gibi birçok alt bileşen ve özellikten oluşan “ayarlar” arayüzünden sistemin çalışması ile ilgili ayarlar yapılabilmektedir.

“Wall” Bileşeni

Bu alt bileşende, duvar nesnelerinin görünümü ve marker'ının belirlmesine ilişkin temel özellikler bulunmaktadır.



Şekil 4. 29 “Wall” bileşeni

Draw Wall: 3B Duvar nesnelerini sahnede gösterip gizleme

Wall Color: 3B Duvar nesnelere istenilen rengi atama

Wall Width: 3B Duvar nesnelerinin kalınlıklarını değiştirme

Wall Height: 3B Duvar nesnelerinin yüksekliklerini değiştirme

Wall Marker: Zemin düzlemine kalemle yapılan plan çizimlerinin zeminini bilgisayara tanıtan marker'ı belirlemek için bir seçim alt modülüdür. Kullanıcı elinde bulunan herhangi bir marker'ı bu özelliği kullanarak sisteme tanıtabilir.

“PoTrace” Bileşeni

Bu alt bileşende, kameradan yakalanan görüntülerin vektörizasyonuna ilişkin ayarlara erişilebilmektedir. Buradaki ayarlar, performansı arttırıp sistemin daha etkin ve hızlı çalışmasını sağlamak amacıyla eklenmiştir.



Şekil 4. 30 “PoTrace” bileşeni

Threshold: Vektörizasyona ilişkin bir alt eşik tanımlamaya yarayan parametredir.

Corner Threshold: Kameradan yakalanan görüntüdeki köşe dönüşleri için bir alt eşik değeri tanımlamaya yardımcı olan parametredir.

Turd Size: “PoTrace” algoritmasının kütüphanesinin içinde tanımlanmış olan bir değişkendir ve artık olan nesne büyüklüğünün temizlenmesi için arayüzde parametrize edilmiştir.

Min Angle: “PoTrace” ile elde edilen 2B çizgileri, birbirlerinin arasındaki açı değerlerini kontrol ederek sadeleştirmeye yarayan parametredir. Özellikle dairesel olmayan lineer plan tiplerinde açı değeri düşük tutularak kameradan alınan görüntüden elde edilen çizgilerden gereksiz olanlarını temizleyip performansı arttırmaya yardımcı olmaktadır. Piksel boyutunda kırılmalar çok olabildiği için bu ayar ile iki çizgi arasındaki açı bu değerden düşük olduğunda kırılma olarak kabul edilir ve ortadan kaldırılır.

Min Distance: Yine çizgiler arasındaki ilişkiyi çözümlemeye dönük bir parametre olup çizgi uzunlukları üzerinden sadeleştirmeler yapıp sistem performansını arttırmaya yönelik kullanılmaktadır. İki çizgi arasındaki uzaklık bu değerden düşük olduğunda bu iki çizgi, tek çizgi gibi kabul edilir.

Skip Frame: Normalde kameradan bir saniyede 25 kare görüntü alınmaktadır. Bu 25 karenin her birini “PoTrace” algoritması ile taramak ve taranan görüntüleri 3B olarak ekrana yansıtmak, sistemi oldukça yormakta ve yazılımın işleyişini yavaşlatmaktadır. Arayüze eklenen bu parametre ile “PoTrace” algoritmasının her “n” görüntü sayısında bir çalıştırılabilmesi sağlanmış ve böylelikle sistem performansına katkı sağlanmıştır.

Curve Optimization: Yine “PoTrace” kütüphanesinin içinde gelen bu özellik ile vektörize çizgilerin optimizasyon özelliğinin açıp kapanmasına imkan tanınmıştır.

Curve Optimization Tolerance: Çizgilerin optimizasyonu için bu kısımdan bir tolerans değeri girilerek optimizasyon limitlenebilmektedir.

“Color Filter” Bileşeni

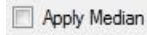


Şekil 4. 31 “Color Filter” bileşeni

Bu bileşen altında RGB renk kodlamasına göre max/min değerleri girilerek belirli bir renk üzerinden filtreleme yapılabilir. Böylelikle sadece çeşitli renkler algılatılarak

haricindeki renkler göz ardı edilebilir. Çeşitli renklerdeki kalem çizgileri bu ayar ile işleme alınabilmektedir.

“Apply Median” Bileşeni



Şekil 4. 32 “Apply Median” bileşeni

Bu bileşen ile kameradan alınan görüntülere “**Median filtre**” eklenebilmektedir. “Median filtre”, görüntüdeki tırtıklı pürüzlerin temizlenmesini sağlar ve “PoTrace” algoritmasının çizgileri daha belirgin olarak tanımlamasına yardımcı olur. Bunun yanında sistemi yoracağından yavaşlamaya da sebep olmaktadır.

“Marker System” Bileşeni

Bu bileşen altında “marker”ların sistem tarafından algılanmasına ilişkin çeşitli özellikler bulunmaktadır.



Şekil 4. 33 “Marker System” bileşeni

Confidence Trashold: Maker’ın algılanması için bir eşik parametresidir. Sistemin çalışma performansına etki edeceği için arayüze eklenmiştir.

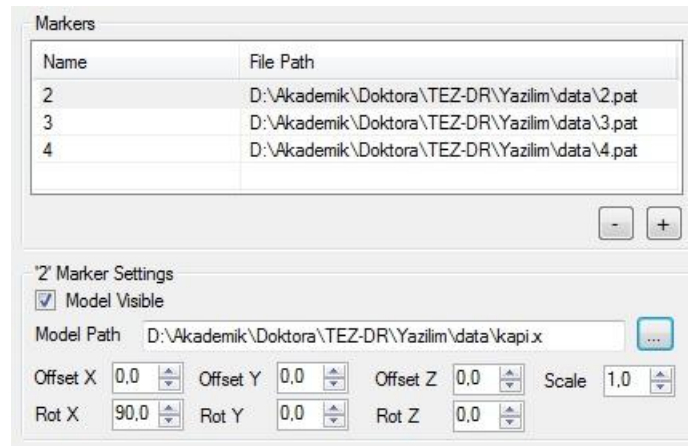
Bin Threshold: Maker sistem kütüphanesinin içinde hazır gelen bu parametrenin işlevi anlaşılamamıştır ancak yine de ara yüze eklenmiştir.

Lost Delay: Kameradaki görüntü değişken olduğu için görüntü her zaman net olmayabilir. Bu ayarda verilen süre boyunca “marker”ın tespit edilememesi tolere edilmiş olur. Tespit edilememe süresi bu sürenin üzerinde ise “marker” tespit listesinden çıkartılır.

Enlarge Plane: “PoTrace” algoritması sahnede gördüğü herhangi bir çizimi ya da objenin dış kontürünü bir duvar nesnesi olarak algılamakta ve buna göre işlem yapmaktadır. Bu durum, sisteme eklenen “marker”lar için de geçerlidir. Yani kamera alanına giren “marker”ların dış kontür çizgileri de yükseltilerek bir duvar nesnesine dönüşmektedir. Halbuki “marker”ların üzerinde, pencere-kapı gibi mimari bileşenlerin yanında masa-sandalye gibi çeşitli 3B tefriş nesnelerinin gözükmesi istenmektedir. Ancak 3B elemanlar ile yükseltilmiş 3B duvar nesneleri çıkışarak hedeflenen görünüm bozulmaktadır. Sistemin “marker”lara bir duvar nesnesi gibi davranmasını engellemek için sisteme, **“Enlarge Plane”** ismi verilen yeni bir özellik kazandırılmıştır. Bu özellik kullanılarak, “marker” üzerindeki kamera taramasında karesel bir genişletme yapılır ve böylece “marker” görüntüden silinmiş olur, bir duvar nesnesi gibi algılanmaz.

“Markers” ve “Marker Settings” Bileşenleri

Kapı, pencere ve diğer tefriş elemanlarının AG ortamına eklenebilmesi için -çizim zeminini belirleyen “marker”dan hariç olarak- yeni “marker”ların sisteme tanıtılması gerekmektedir.



Şekil 4. 34 “Markers” ve “Marker Setting” bileşenleri

Bu prensiple kurulan arayüze, şekilde görüldüğü gibi, “artı” ve “eksi” butonlardan oluşan “marker” ekleme/çıkarma fonksiyonu eklenmiştir. Bu butonlara tıklanınca açılan dosya kutusundan sisteme önceden oluşturulmuş “.pat” uzantılı marker dosyaları yüklenebilmektedir.

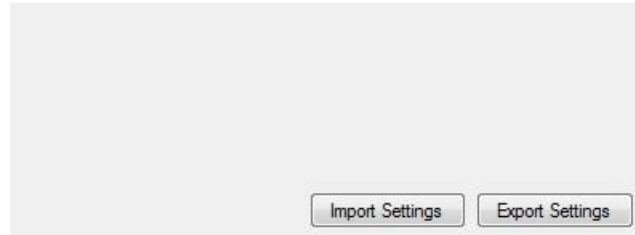
“Markers” listesi içindeki “marker”lardan biri seçilerek “Markers settings” başlıklı ayarlardan 3B model atamaları ve diğer ayarlar yapılabilmektedir.

Model Visible: Bu ayar kullanılarak, seçilen modelin sahnede görünüp görülmeyeceği belirlenebilmektedir.

Model Path: Listedenden seçilen “marker”a, istenilen “.x” uzantılı 3B modelin atanması buradan seçilerek sağlanabilmektedir.

Offset, Rotation ve Scale: AG ortamına yüklenen 3B modellerin sahne içindeki “öteleme”, “döndürme” ve “ölçekleme” değerleri parametrize edilmiştir. Böylelikle, veri girişi ile sahneye eklenen 3B modellerin görünümüne lokal uzayda da erişim sağlanmıştır.

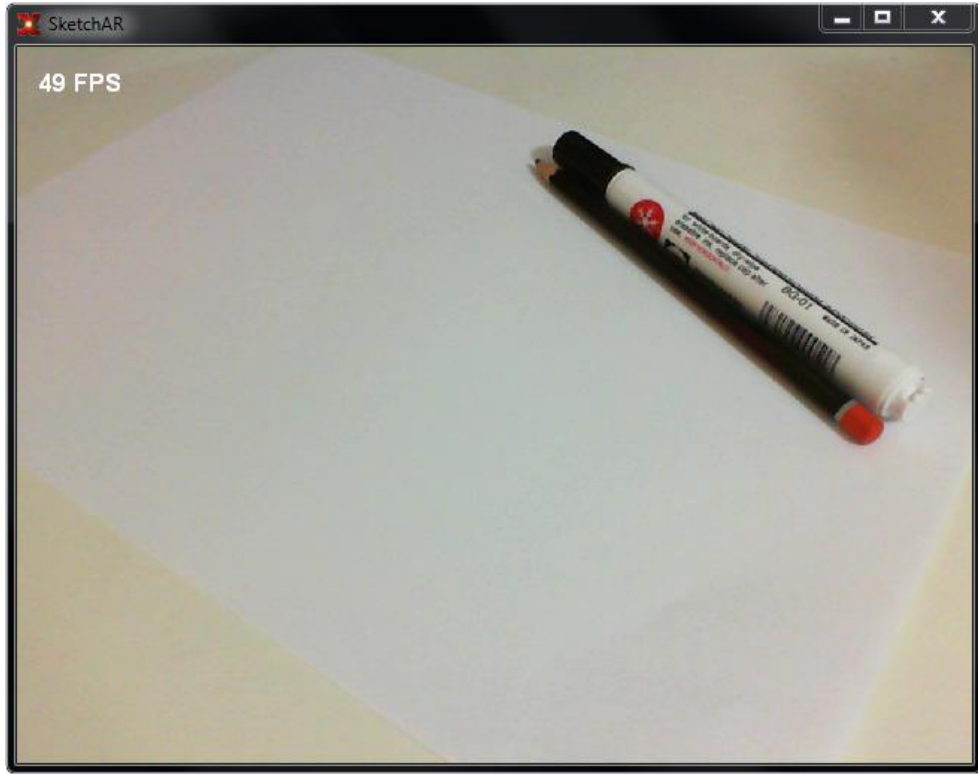
“Import Settings” ve “Export Settings” bileşenleri



Şekil 4. 35 “Import Settings” ve “Export Settings” bileşenleri

Arayüzde yapılan tüm veri girişlerinin bir dosyaya kaydedilmesi ve istenildiğinde tekrar arayüze çağırılması bu fonksiyonlar ile sağlanmıştır.

“Sahne” Arayüzü

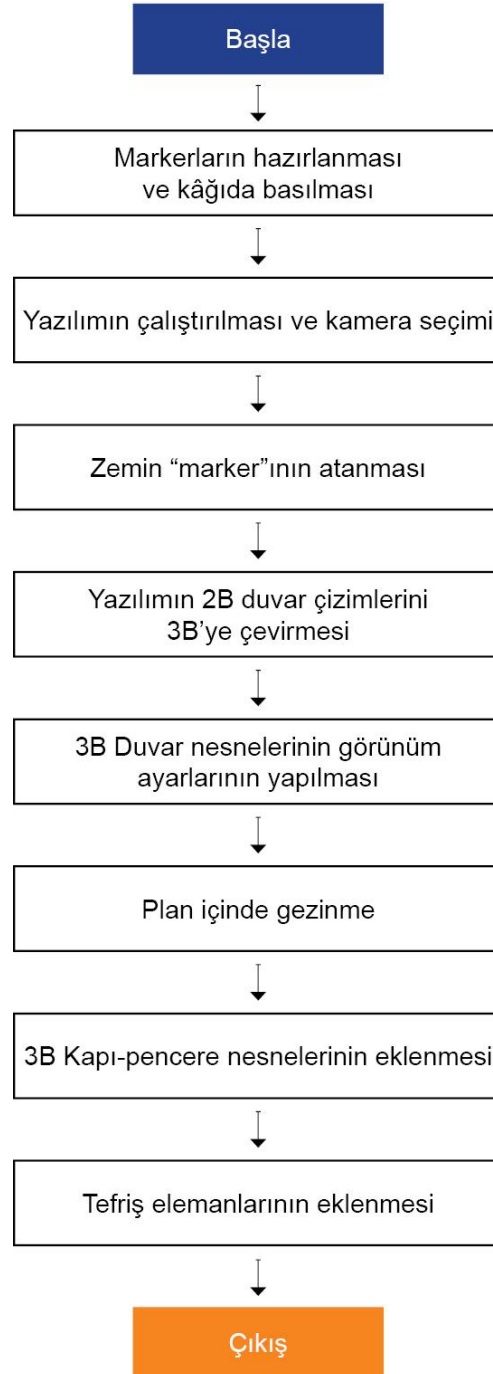


Şekil 4. 36 Sahne arayüzü

Kameranın taradığı alandan oluşan “**sahne**” arayüzünde kullanıcıya AG ortamı sunulmaktadır. Duvar nesneleri ve 3B modelleri kullanıcı bu arayüzden izlemektedir. Ayrıca arayüze eklenen “**FPS**” (**Frame per Second**) (saniyede görüntülenebilen kare) fonksiyonu ile kullanıcı, sistem performansı hakkında bilgi sahibi olabilmektedir.

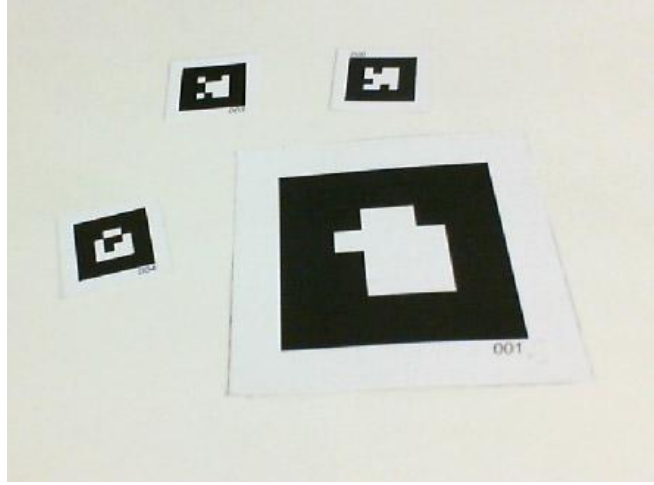
4.4 Yazılımın İşleyişi (Kullanım Seneryosu)

Tez kapsamında geliştirilen AG yazılımı aşağıdaki diyagramda belirtildiği şekilde işlemektedir.



Şekil 4. 37 Uygulamanın işleyişini gösteren ideal ön akış diyagramı

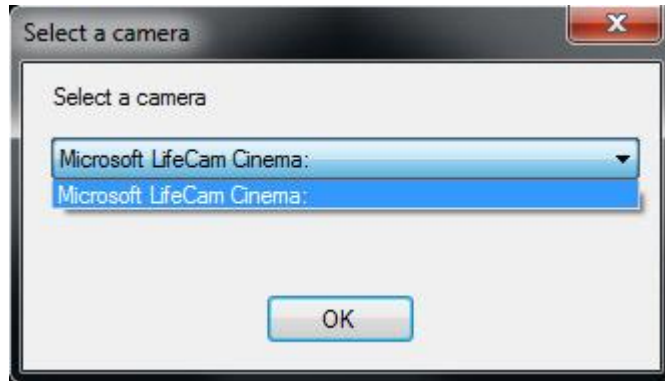
Markerların hazırlanması ve kâğıda basılması



Şekil 4. 38 “Marker”ların hazırlanması

Yazılımın çalıştırılmasından önce “marker”lar hazırlanıp standart bir yazıcıdan çıktı alınması gerekmektedir. Kullanılacak olan markerler bitonal (siyah-beyaz) renk siteminde değildir. Bu “marker”ler sisteme sonradan tanıtılabileceği için kullanılacak yapı elemanı ihtiyacına göre istenilen sayıda ve boyutta hazırlanabilir. Ancak tefriş ve pencere/kapı elamanlarının atanacağı “marker”lar zemine çizilen plan içine yerleştirileceğinden olabildiğince ufak boyutlarda tasarlanması daha uygun olacaktır. “Marker”ler bu kıstaslarda tasarlanıp, yazıcıdan çıktı alındıktan sonra çıktı kâğıdından kesilerek kullanılmaya hazır hale gelmiş olur.

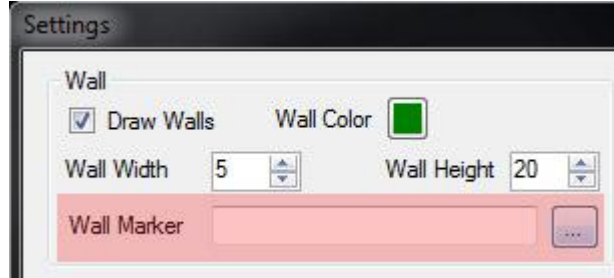
Yazılımın çalıştırılması ve kamera seçimi



Şekil 4. 39 Kameranın seçimi

Kamera bilgisayara takılır ve yazılım çalıştırılır. Kullanıcıyı ilk önce “kamera seçim arayüzü” karşılar. Sistemde yüklü olan kameralardan biri seçilerek bu arayüz geçerli.

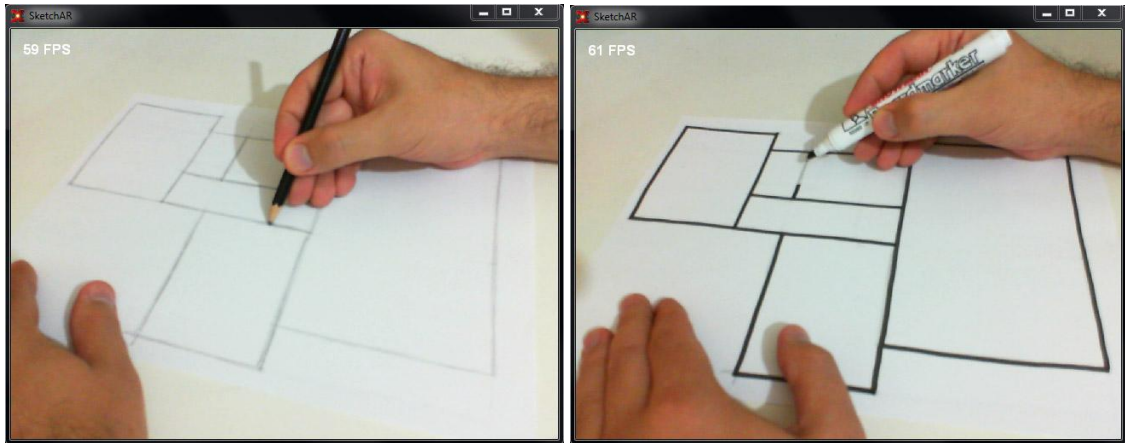
Zemin “marker”ının atanması



Şekil 4. 40 Zemin “marker”ının atanması

Arkasından ekranda “Sahne” ve “Ayarlar” arayüzleri birlikte görünür. “Sahne” arayüzünde kameradan alınan görüntü bulunmaktadır. Mimari 2B duvar çiziminin yapılacağı zemine, bir “marker” yerleştirilir ve “ayarlar” arayüzünden bu “marker”ın “.pat” uzantılı pattern dosyası sisteme zemin “marker”ı olarak tanıtılır. Bu işlemin ardından artık sistem, atanan bu “marker”ı gördükçe, çizimin yapılacağı zemini bilmektedir.

Zemin düzlemine çizimlerin yapılması

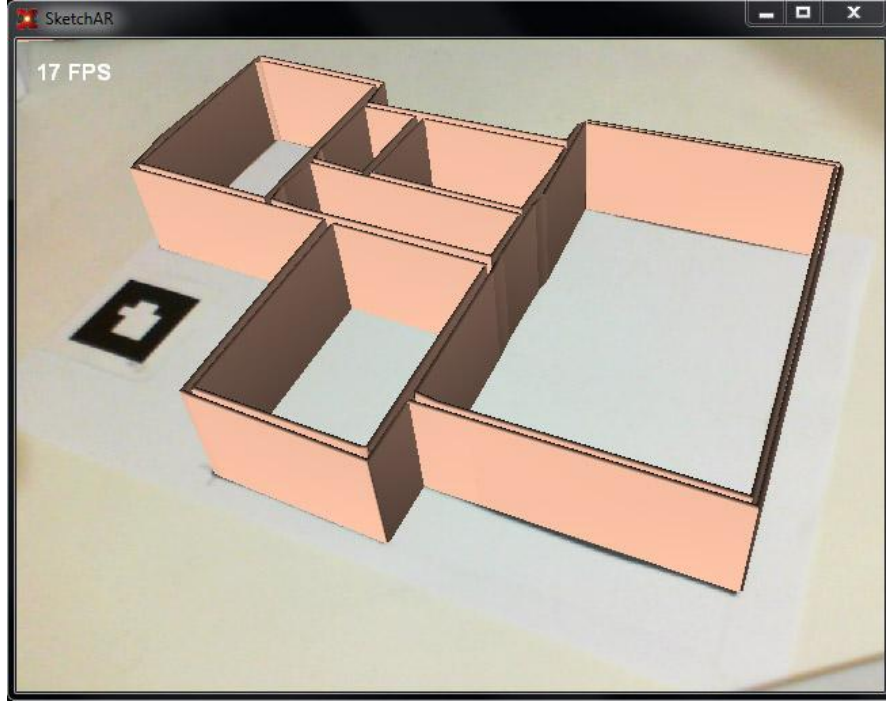


Şekil 4. 41 Zemin düzlemine karalamanın yapılması ve belirginleştirilmesi

Kamera, zemin “marker”ı ile birlikte çizilecek planı da göreceği şekilde istenilen bakış açısına getirilir. Sonrasında zemine plan çizilir. Kameranın algılama kalitesine göre planı

ince ya da daha kalın çizgiler çizmek gerekebilir. Ancak yapılan testlerde sistemin 0,5 cm. ve üstü çizgileri ideal şekilde algılayacağı tespit edilmiştir. Bunun yanında zemine duvar çizgileri çizmek yerine, çıkışı alınmış hazır bir plan da kameraya gösterilebilir.

Yazılımın 2B duvar çizimlerini 3B'ye çevirmesi



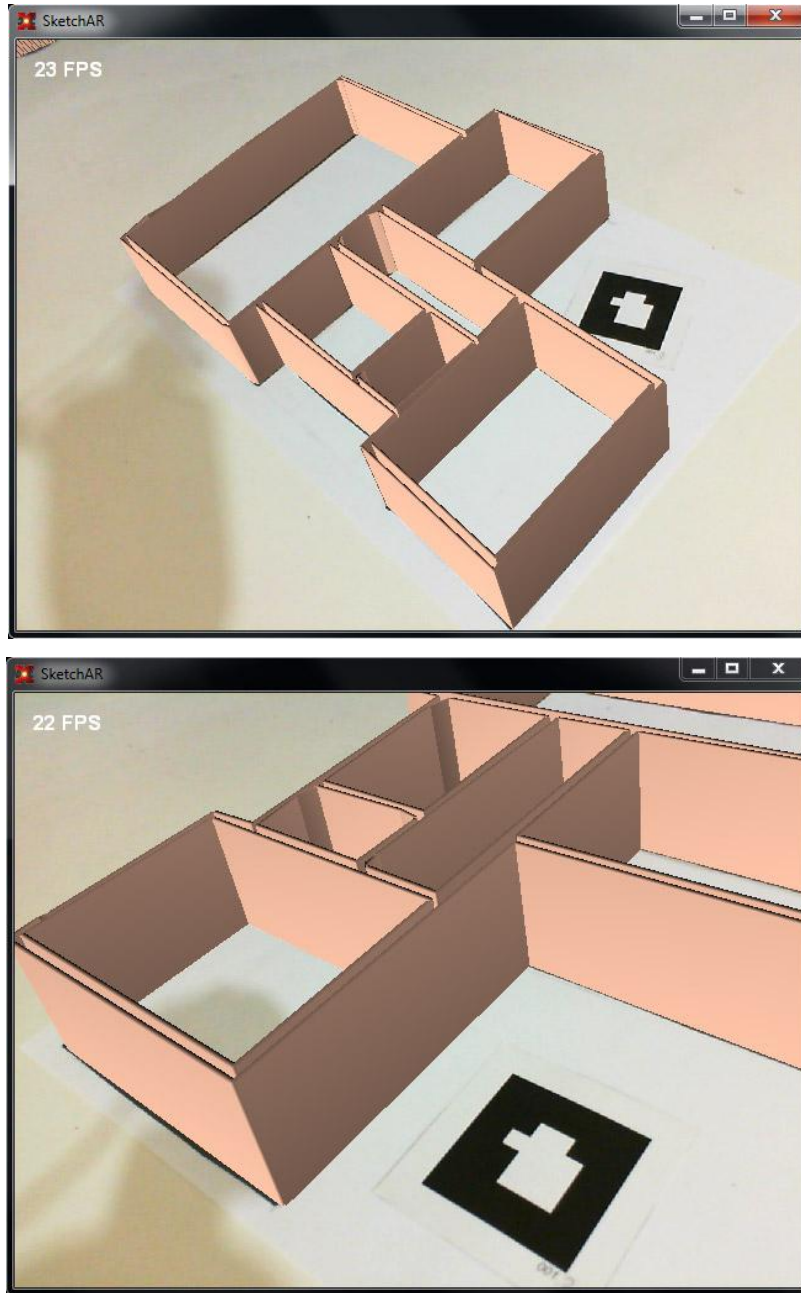
Şekil 4. 42 Kamera zemin “marker”ını gördükten sonra sistemin karalamaları gerçek zamanlı olarak 3B'ye çevirmesi

Çizimler 2B olarak zemine çizilmeye başlandığı anda, bu çizimler üzerinde 3B duvar nesneleri, önceden tanımlı ayarlara göre, gerçek zamanlı olarak belirmeye başlayacaktır.

3B Duvar nesnelerinin görünüm ayarlarının yapılması

“Ayarlar” arayüzündeki “**wall**” bölümünden yeni oluşan 3D duvar nesnelerinin yükseklik, kalınlık ve renk gibi değerleri ayarlanabilmektedir. AG ortamı, ışık rengi, ışık seviyesi ve ambiyansa göre farklılık gösterebileceğinden 3B duvar görünüm ayarlarının ortam rengine göre yeniden ayarlanması gerekmektedir. Bununla birlikte kullanılan “marker”ın fiziksel boyutuna göre de duvar nesnelerin boyutları ayarlanabilmektedir.

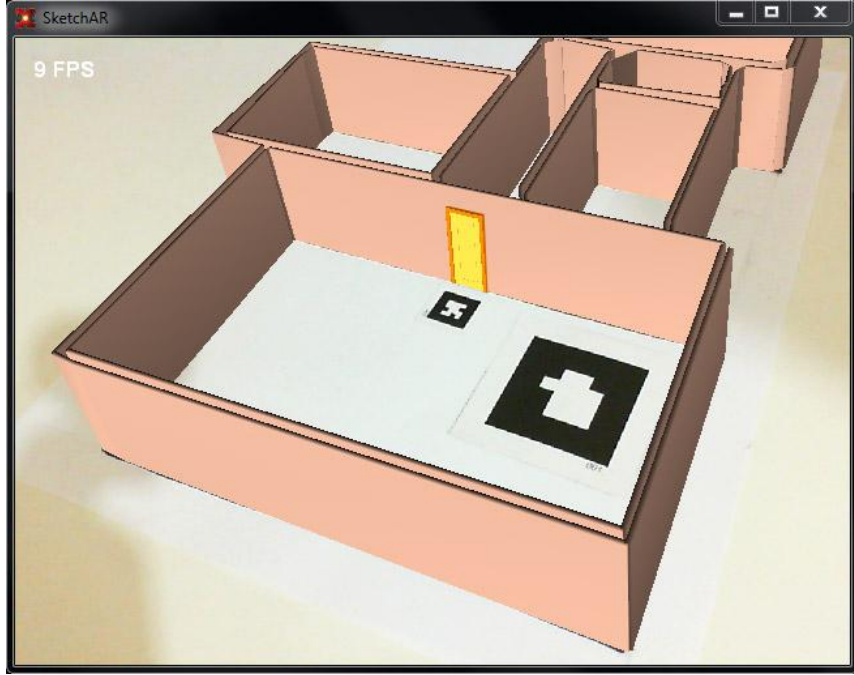
Plan içinde gezinme



Şekil 4. 43 Kamera hareketi ile birlikte plan içinde gezinme

Zemin “marker”ını kamera görüntüsünden çıkartmamak kaydıyla, kamerayı ya da çizim kağıdını hareket ettirerek, plan içinde gerçek zamanlı bir gezinme deneyimi yaşanabilir. Böylelikle planın 3B görüntüsü farklı açılardan da incelenmiş olur. Kamerayı çizimlere yakınlıştırarak daha detay 3B görüntüler elde edilebileceği gibi uzaklaştırarak da planın daha genel 3B görünümüne ulaşılabilir.

3B Kapı-pencere nesnelerinin eklenmesi



Şekil 4. 44 Sisteme eklenen yeni bir “marker” ile bir kapı nesnesinin duvara iliştilmesi

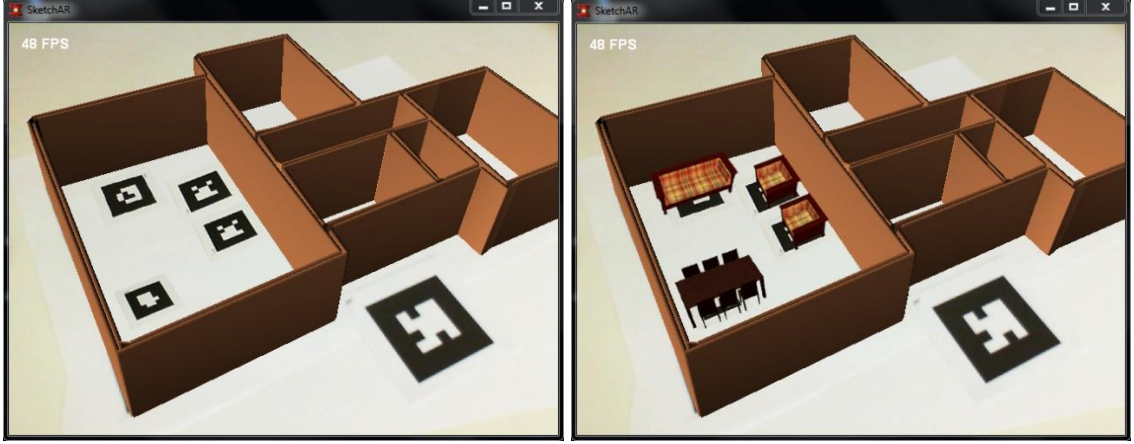
Kapı ve pencere elemanları, arayüzde bulunan “Markers” ve “Marker Setting” bileşenlerinden eklenebilmektedir.

Öncelikle sisteme eklenmek istenen “maker” pattern dosyası, ayarlardaki “marker” bileşeninden atanır ve “Marker settings”den kapı ya da pencerenin önceden oluşturulmuş 3B modeli bu “marker” ile ilişkilendirilir. Sonrasında bu “marker”, kameranın gördüğü alana, çizim düzleminin üzerine koyulur.

Arkasından yazılım, kapı/pencere modelini sahneye getirir. Duvar yüksekliğine göre bu nesnelerin boyutsal ayarları arayüzden el yordamıyla yapılır.

“Marker” kâğıdı, zemindeki duvar çizgisinin üzerine geldiğinde bu duvar çizgisini kapatacağından ötürü, modelin görünümüne arayüzden yine manuel olarak “offset” uygulanır ve “marker”ın orijininde bir miktar ötelenmesi sağlanır. Böylece sahneye koyulan kapı/pencere “maker”ı, duvar çizgilerini etkilememiş olur ve kapı/pencere nesneleri 3B duvarların üzerinde gözükür.

Tefriş elemanlarının eklenmesi



Şekil 4. 45 Tefriş elemanlarının sahneye eklenmesi

Kapı/pencere nesnelerinin sahneye eklenmesinde takip edilen aynı yol ile masa, sandalye, koltuk gibi tefriş elemanları da sahneye eklenebilmektedir. Bu modellerin AG sahnesine eklendiklerinde boyutlarının plana uydurulabilmesi için yine arayüzdeki aynı ayarlar kullanılabilir. Bunun yanında, tercih edilen “marker”ın fiziksel boyutuna göre de tefriş elemanların boyutu ayarlanabilmektedir.

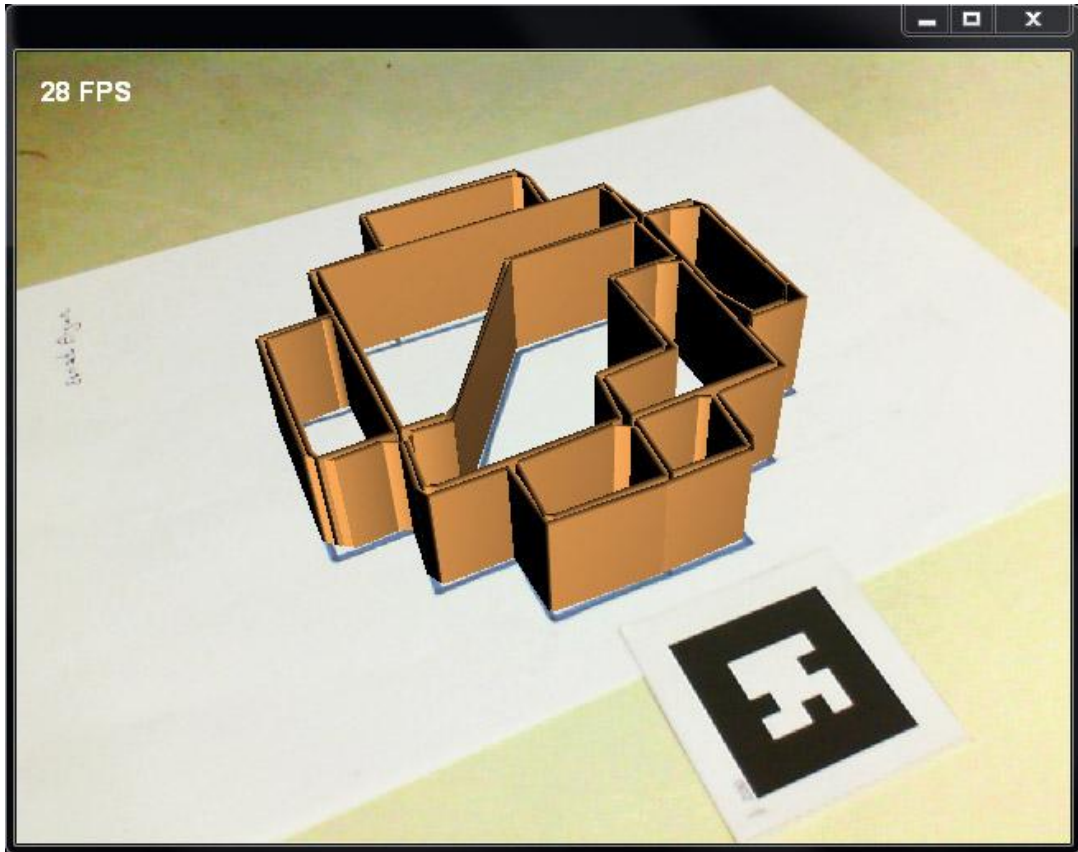
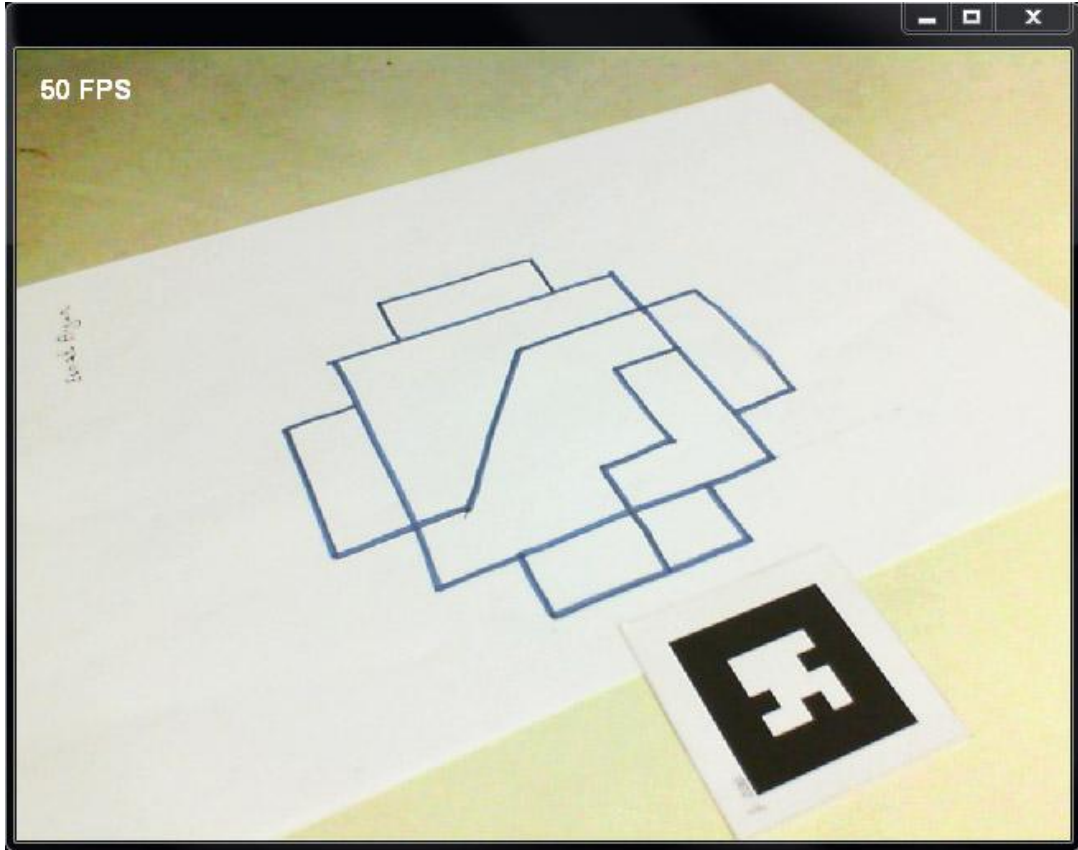
Zemin “marker”ını kamera bakışından çıkartmamak kaydıyla, sahnedeki tefriş elemanlarına kamera ile yaklaşıncaya detay görünüşleri izlenebilmektedir.

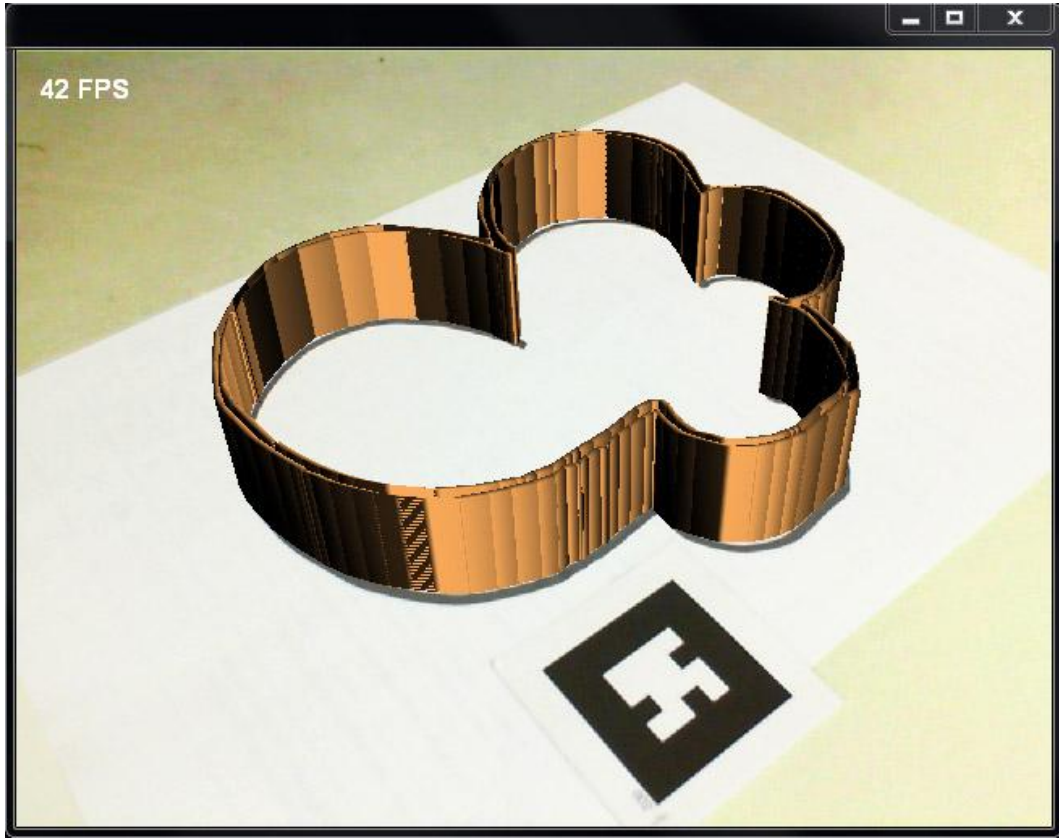
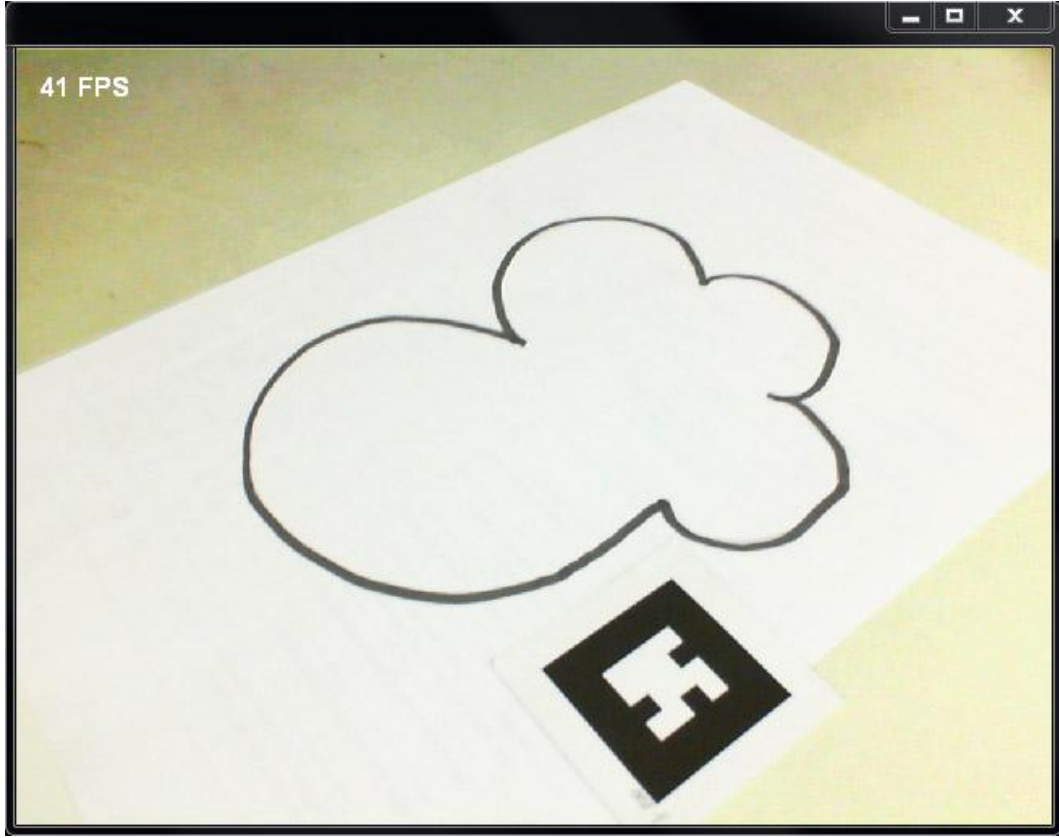


Şekil 4. 46 “Marker”ların farklı yerleşimiyle elde edilen alternatif tefriş dizilimleri

Bununla birlikte, yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi, “marker”ların yerleri değiştirilerek tefriş elemanlarının alternatif dizilimleri ve görünüşleri de elde edilebilmektedir.

Aşağıda, SketchAR'ın çalışmasından çeşitli öğrenci karalama örnekleri verilmiştir: [EK-4]

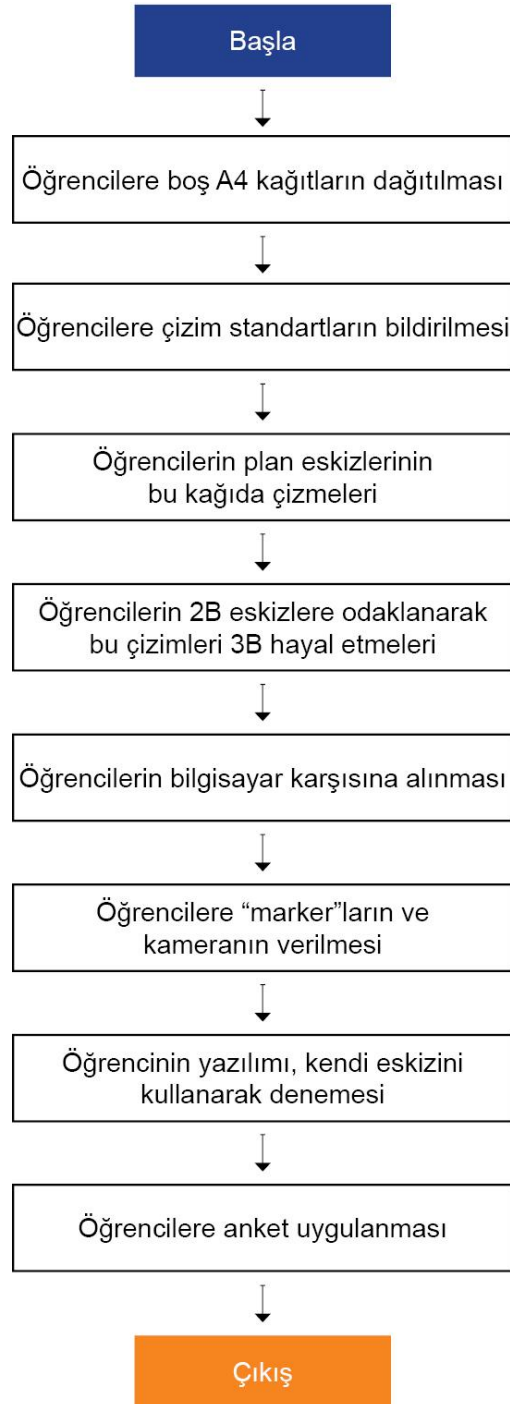




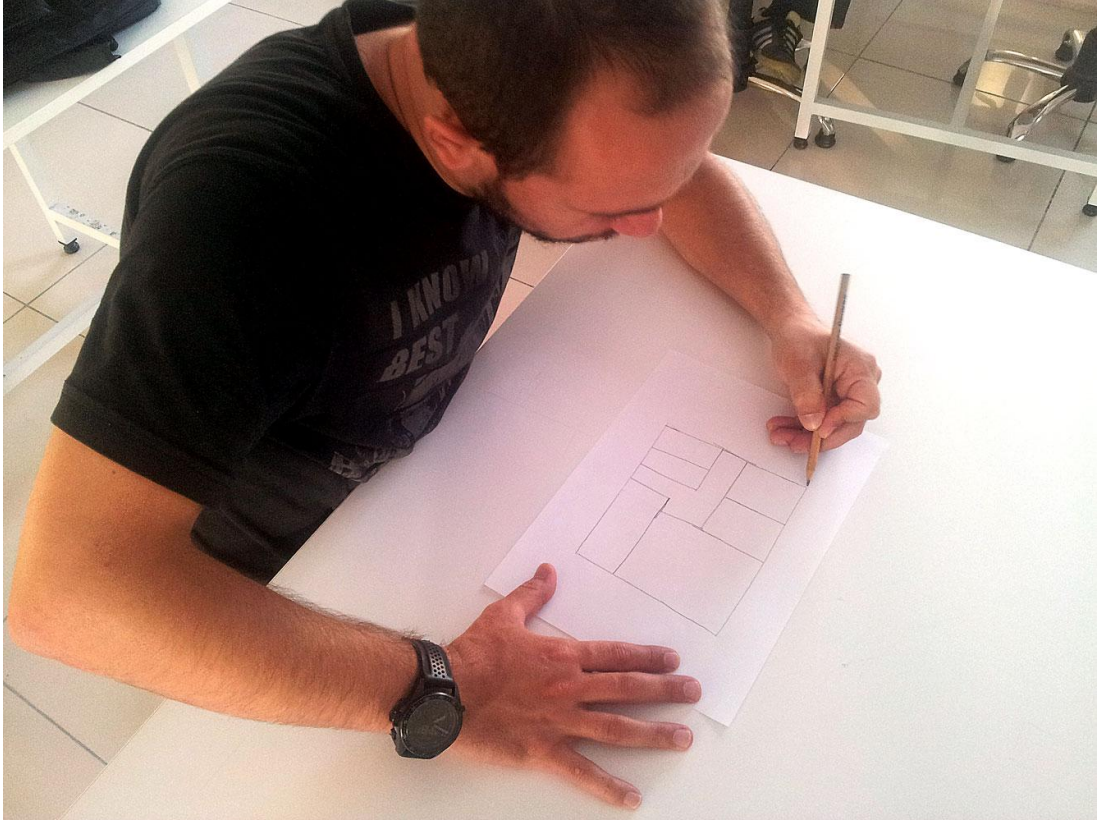
Şekil 4. 47 SketchAR'ın çalışmasından çeşitli örnekler

4.5 Yazılımın Kullanıcı Analizi

Yazılımın tamamlanmasından sonra mimarlık öğrencilerden oluşan toplamda 50 kişilik bir denek grubuna 10 sorudan oluşan bir anket uygulaması yapılmıştır. [EK-5]



Şekil 4. 48 Kullanıcı analiz sürecini göstere akış diyagramı



Şekil 4. 49 Anket uygulamasından görüntüler (Boş A4 beyaz kağıda eskizin çizilmesi)



Şekil 4. 50 Anket uygulamasından görüntüler (Çizilen eskizin yazılımla kullanımı)



Şekil 4. 51 Anket uygulamasından görüntüler (Yazılımın kullanımından sonra öğrencilere anketin uygulanması)

Anket uygulamasından önce her bir öğrenciye A4 formatında birer boş beyaz kâğıt dağıtılmış ve zihinlerinde kurguladıkları herhangi bir mimari planı eskiz olarak çizmeleri istenmiştir. [EK-5]

Yazılımın etkin çalışabileceği çizim standartlarını ortaya koymak için aşağıdaki kriterler öğrencilere ayrıca bildirilmiştir;

- Kapı-pencere boşlukları, tefriş elemanları ve aks çizgileri göz ardı edilecektir.
- 1 cm ve üstü kalınlığı olan bir kalem tercih edilecektir.
- Ve eskizinin oluşturulacağı duvarlar tek çizgilerle ifade edilecektir.

Sonrasında eskizini tamamlayan öğrencilerden çizdikleri eskizlere odaklanmaları ve bu çizimleri 3B olarak hayal etmeleri istenmiştir.

Bunun ardından öğrenciler bilgisayar karşısına alınmıştır. Öğrencilere yazılımda kullanacakları “maker”lar ve “webcam” verilmiş, yazılımı eskizleri üzerinden denemeleri istenmiştir.

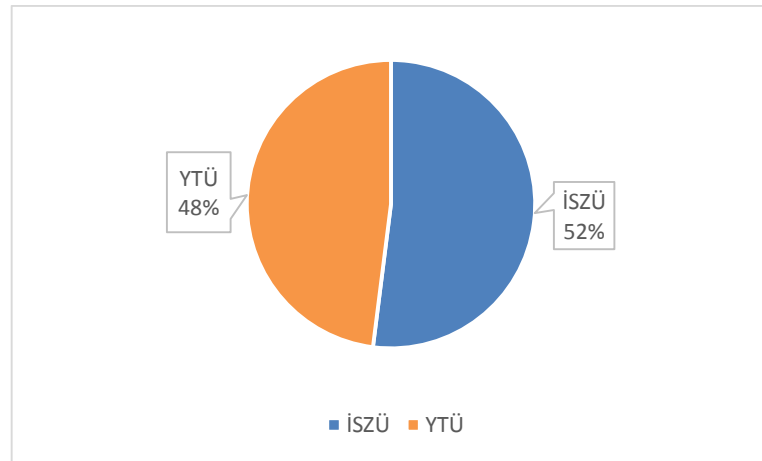
En son olarak yazılımı deneyen öğrencilere anket uygulanmıştır.

10 Sorundan oluşan anket ile öğrencilerin aşağıdaki konular hakkındaki fikirleri alınmıştır;

- Yazılımın planı üçüncü boyuta taşımaktaki başarısı ve hızı,
- Çizim sırasında zihinde oluşan 3B görüntü ile yazılımın ürettiği gerçek 3B görüntünün kıyaslanması,
- Yazılımın, eskizi 3B'ye çevirmede standart modelleme programlarıyla hız açısından farklılığı,
- Yazılımın aktif mimarlıkta ve mimarlık eğitiminde kullanımı,
- Böyle bir amaç için Arttırılmış Gerçekliğin tercih edilmesi,

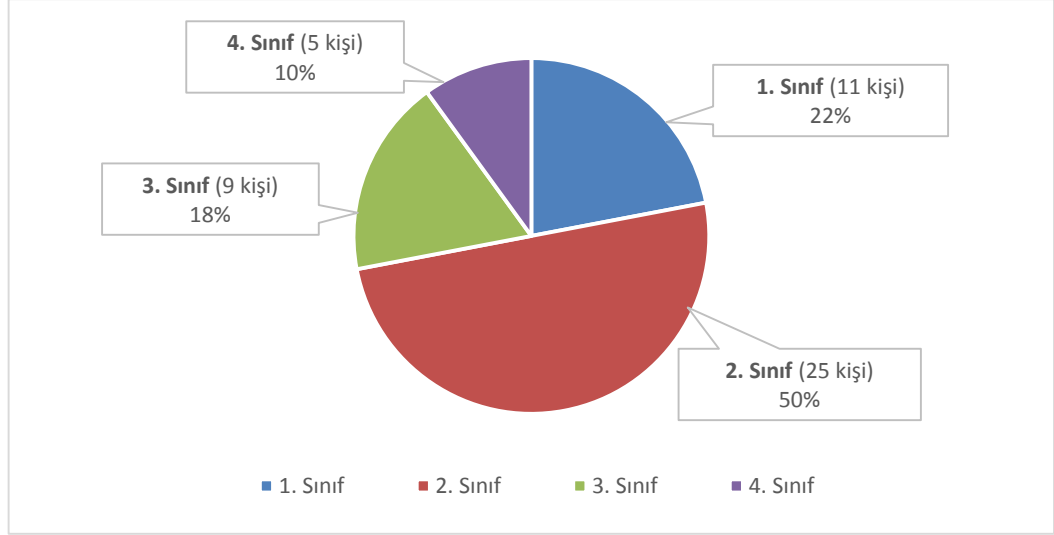
Bu anket sonucunda elde edilen veriler aşağıda sıralanmıştır:

Anketin uygulandığı okullar ve sınıflar



Şekil 4. 52 Yapılan anket çalışmasının okullara göre dağılımı.

Anket; Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi (**%48**) ve İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Mimarlık Fakültesi'nde (**%52**), yaklaşık eşit sayıdaki öğrenci gruplarıyla yapılmıştır.

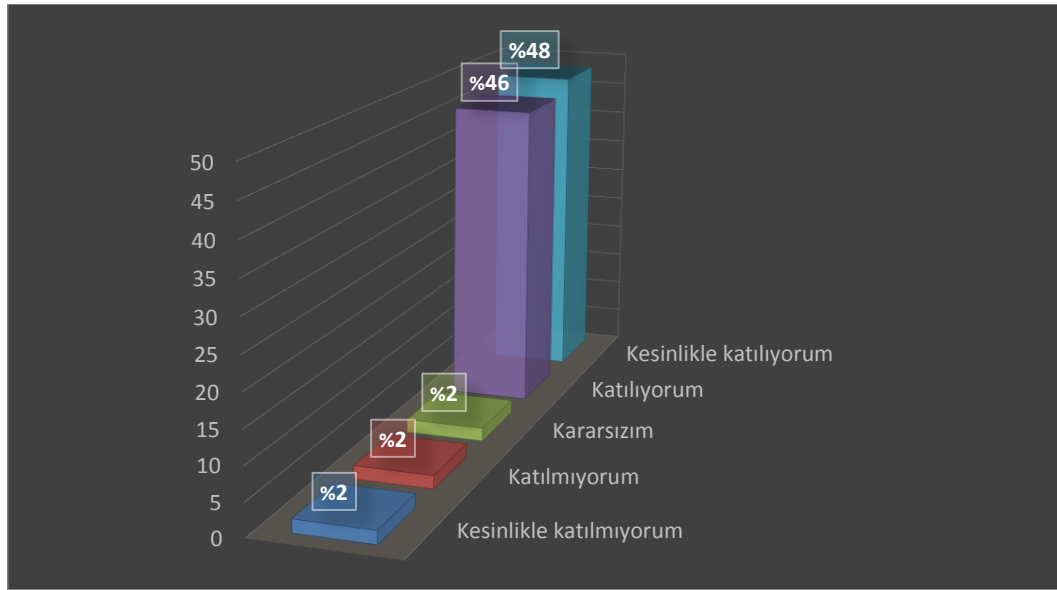


Şekil 4. 53 Yapılan anket çalışmasının sınıflara göre dağılımı

Yapılan anket çalışmasında katılımcıların sınıflara göre dağılımı yukarıdaki şekilde gösterilmiştir. Grupta çoklukla mimarlık fakültesinin ilk sınıfları olan 1. sınıflar (**%22**) ve 2. sınıflar (**%50**) tercih edilmiştir. Bununla birlikte, kontrol grubu olarak 3. sınıflar (**%18**) ve 4. sınıflardan (**%10**) öğrencilere de anket uygulanarak homojen bir denek grubu oluşturulmaya çalışılmıştır.

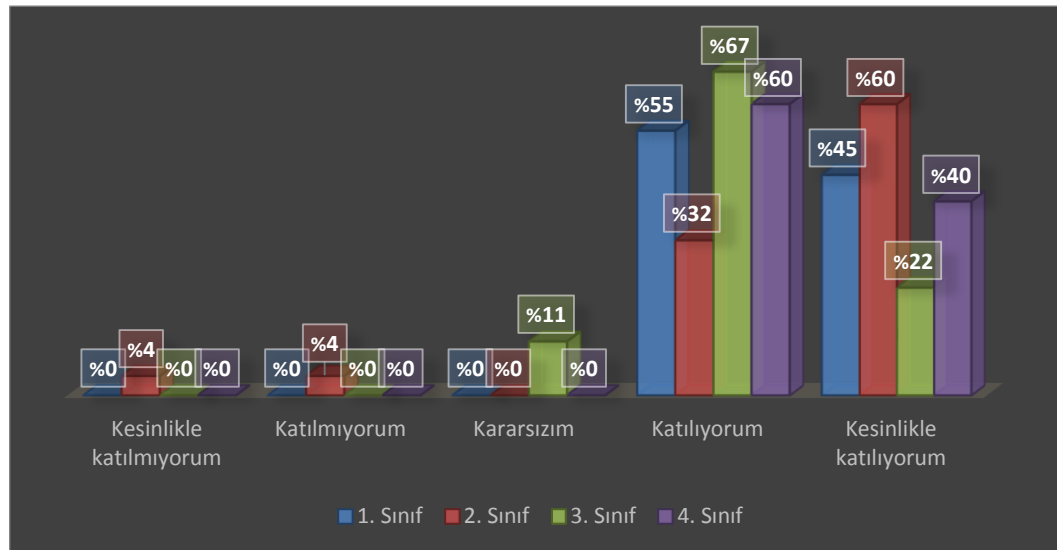
Ankette sorulan 10 soru ve bu soruların şekiller eşliğindeki değerlendirmeleri, soru başlıklarından oluşan alt başlıklarla aşağıda sıralanmıştır:

SORU 1: “Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta başarılıdır.”



Şekil 4. 54 Birinci sorudaki önermesine verilen cevapların yüzdelik dilimi.

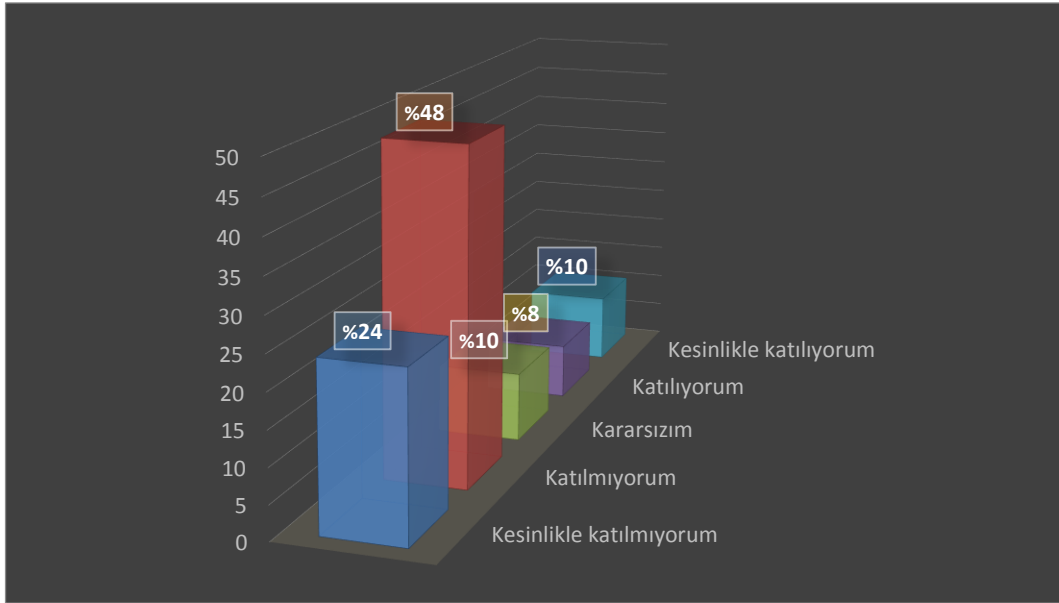
Yapılan değerlendirmede, bu önermeye katılımcıların toplamda **%94**’ünün katıldığı, **%4**’ünün katılmadığı ve **%2**’sinin de çekimser kaldığı ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. 55 Birinci soruya verilen cevapların sınıflara göre çaprazlanması.

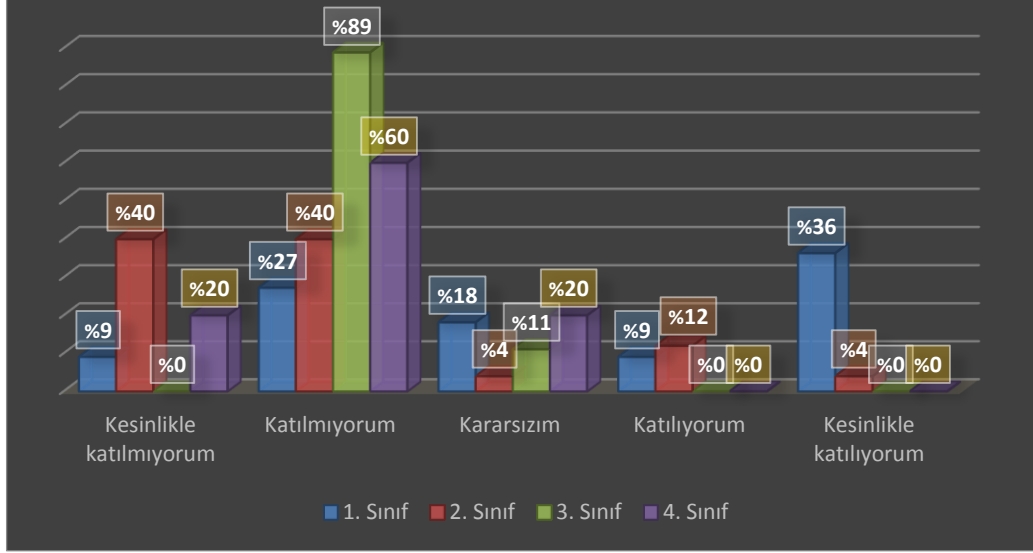
Yukarıdaki değerdendimeye ek olarak bu soru ile cevapların sınıflara göre dağılım yüzdesi çaprazlanmıştır. Şekilde de görüldüğü üzere, farklı sınıflardan yazılımın temel işlevini başarılı bulanların yüzdesi yaklaşık olarak birbirine eşit çıkmıştır.

SORU 2: “Planın, yazılımı kullanmadan önceki zihnimde oluşan tahmini 3B görüntüsü ile yazılımın ürettiği gerçek 3B görüntüsü birbirinden farklıdır.”



Şekil 4. 56 “Planın, yazılımı kullanmadan önceki zihnimde oluşan tahmini 3B görüntüsü ile yazılımın ürettiği gerçek 3B görüntüsü birbirinden farklıdır.” önermesine verilen cevapların yüzdelik dilimi.

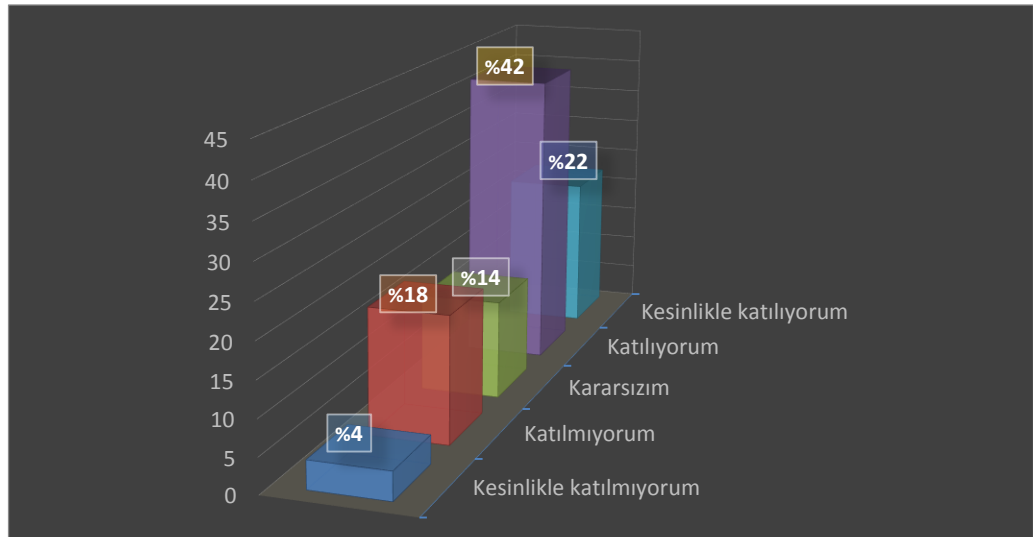
İkinci sorudaki önermede, katılımcıların kâğıt düzlemine yaptıkları 2B plan eskizlerini, 3B olarak hayal etmelerine, yazılımın katkısının olup olmadığı sorgulanmıştır. Bu soruya öğrencilerin toplamda **%18**’inin katıldığı, **%72**’sinin katılmadığı ve **%10**’unun da kararsız kaldığı görülmüştür.



Şekil 4. 57 İkinci soruya verilen cevapların sınıflara göre çaprazlaması.

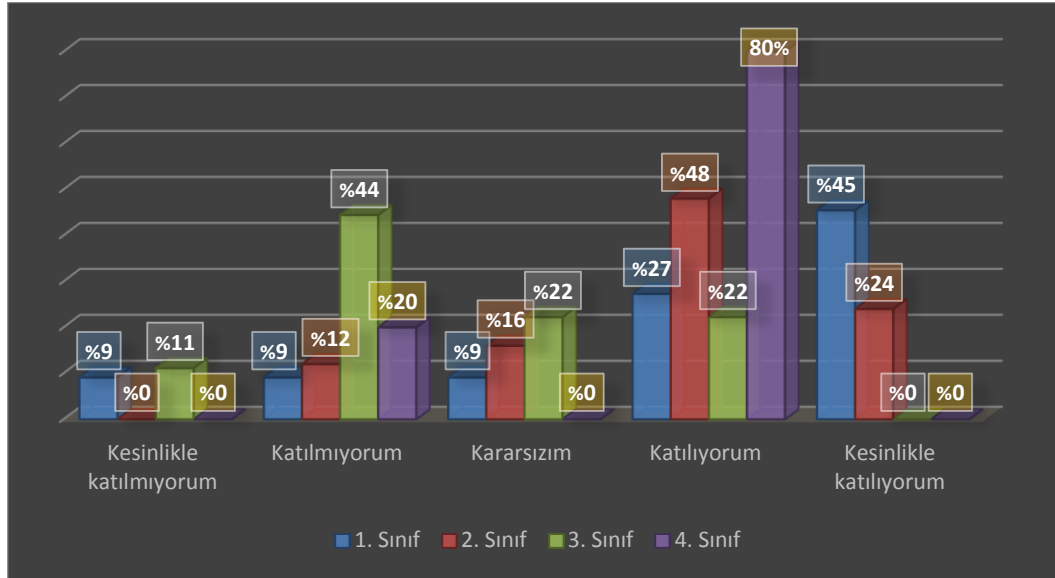
Buna ek olarak bu soruya verilen cevapların farklı sınıflara göre çaprazlaması yapılmıştır. Yukarıdaki şekilde de görüldüğü üzere; 1. sınıflardan bu önermeye katılanların toplamı **%45**, 2. sınıflardan katılanların toplamı **%16**, 3. sınıflardan katılanların toplamı **%0** ve 4. sınıflardan katılanların toplamı **%0** olarak tespit edilmiştir.

SORU 3: “Yazılımın ürettiği 3B görüntüyü incelediğimde, tasarladığım planda tadilat yapma fikri uyandı.”



Şekil 4. 58 “Yazılımın ürettiği 3B görüntüyü incelediğimde, tasarladığım planda tadilat yapma fikri uyandı.” önermesine verilen cevapların yüzdelik dilimi.

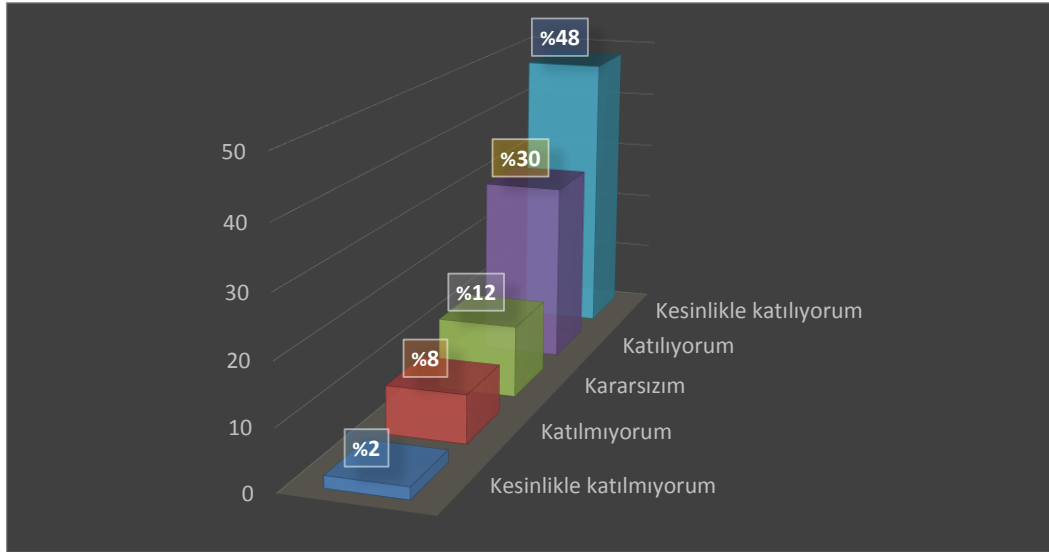
Üçüncü soru, ikinci sorudaki amaca benzer şekilde, yazılımın öğrencinin 3B algısına katkısını sorgulamaktadır. Bu soru ile öğrencilerin mimari tasarım yetilerine geliştirilen yazılımın etkisi/katkısı da ayrıca sorgulanmaktadır. Sonuçlara göre bu önermeye öğrencilerin toplamda **%64**'ünün katıldığı, **%22**'sinin katılmadığı ve **%14**'ünün de çekimser kaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4. 59 Üçüncü soruya verilen cevapların sınıflara göre çaprazlaması.

Cevaplar sınıflara göre çaprazlandığında, 1. sınıfların **%72**'sini, 2. sınıfların **%72**'sinin, 3. sınıfların **%22**'sinin ve 4. sınıfların **%80**'inin toplamda bu önermeye katıldığı sonucu ortaya çıkmıştır.

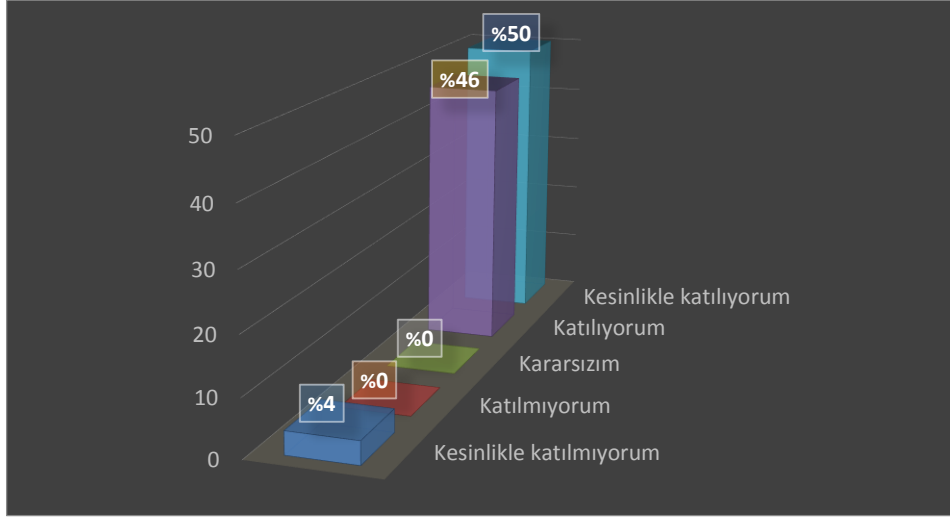
SORU 4: “Eskizi 3B modele dönüştürme işlemi, standart modelleme programlarıyla çok daha uzun sürerdi.”



Şekil 4. 60 “Eskizi 3B modele dönüştürme işlemi, standart modelleme programlarıyla çok daha uzun sürerdi.” önermesine verilen cevapların yüzdelik dilimleri.

Bu önerme ile öğrencilerin, 3D Studio Max gibi standart 3B modelleme programlarıyla tez kapsamında geliştirilen yazılımın sonuca varma hızlarını kıyaslaması beklenmiştir. Sonuçlara göre öğrencilerin **%78**'inin bu önermeye katıldığı, **%10**'unun katılmadığı ve **%12**'sinin de çekimser kaldığı ortaya çıkmıştır.

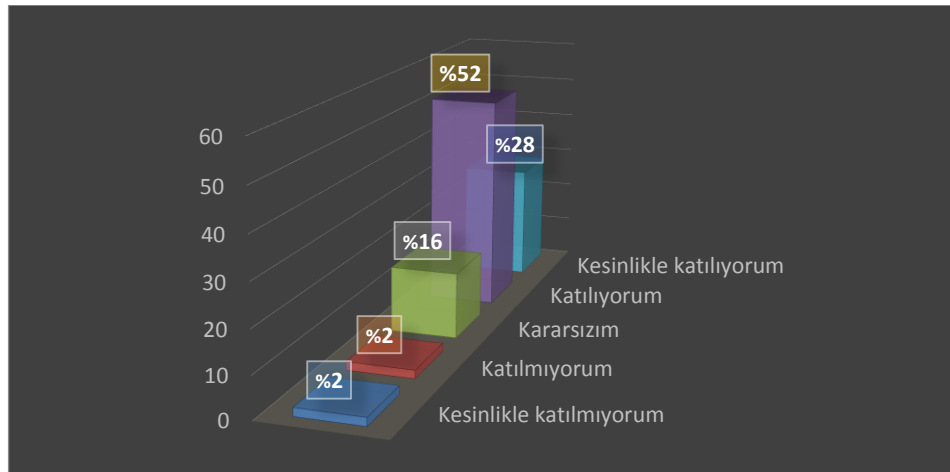
SORU 5: “Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta yeterince hızlı çalışmaktadır.”



Şekil 4. 61 “Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta yeterince hızlı çalışmaktadır.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.

Bu önerme ile eskizleri üçüncü boyuta dönüştürmede yazılımın hızı hakkında öğrencilerin fikirleri alınmak istenmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi, öğrencilerin %96’sı yazılımı yeterince hızlı bulurken %4’ü yavaş bulmuştur.

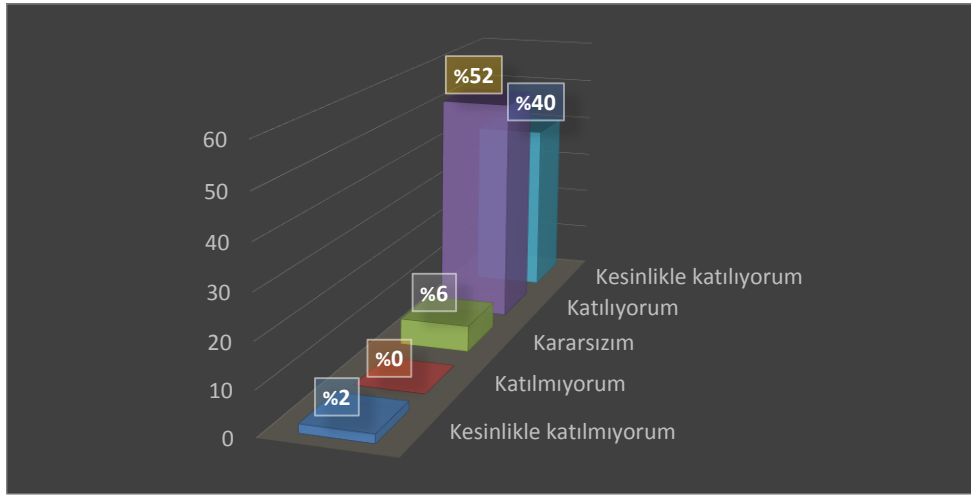
SORU 6: “Yazılım, tefriş elemanlarını ortama eklemede başarılıdır.”



Şekil 4. 62 “Yazılım, tefriş elemanlarını ortama eklemede başarılıdır.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimleri.

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi yazılım, eskiz karalamalarını üçüncü boyuta taşımanın yanında, sisteme eklenen marker'lara göre önceden belirlenen tefriş elemanını da sahneye ekleyebilmektedir. Bu önerme ile yazılımın bu özelliğinin başarısı hakkında öğrencilerin fikri alınmak istenmiştir. Sonuçlara göre öğrencilerin **%80**'inin yazılımın bu özelliğini başarılı bulurken, **%4**'ünün başarısız bulduğu ve **%16**'sının da bu önermeye çekimser kaldığı ortaya çıkmıştır.

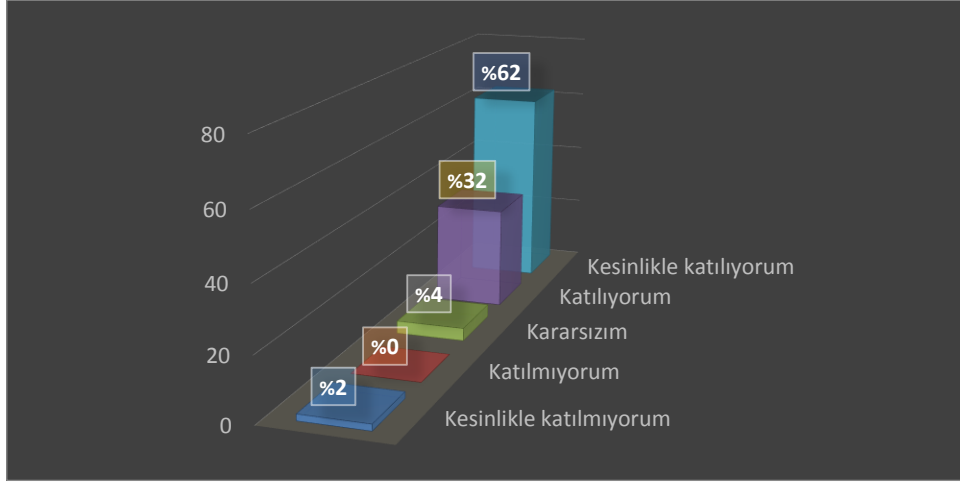
SORU 7: “Arttırılmış Gerçeklik, bu çeşit bir mimari uygulama için uygun bir ortamdır.”



Şekil 4. 63 “Arttırılmış Gerçeklik, bu çeşit bir mimari uygulama için uygun bir ortamdır.” önermesine verilen cevapların yüzdeler dilimi.

Bu önerme ile öğrencilerin AG’i mimarlık bağlamında değerlendirmeleri beklenmiştir. Anket sırasında öğrencilerin bir çoğunun bu ortamı ilk kez gördüğü veya deneyimlediği izlenmiştir. Değerlendirme sonrasında bu önermeye, toplamda öğrencilerin **%92**’sinin katıldığı, **%2**’sinin katılmadığı ve **%6**’sının da çekimser kaldığı sonucu çıkmıştır.

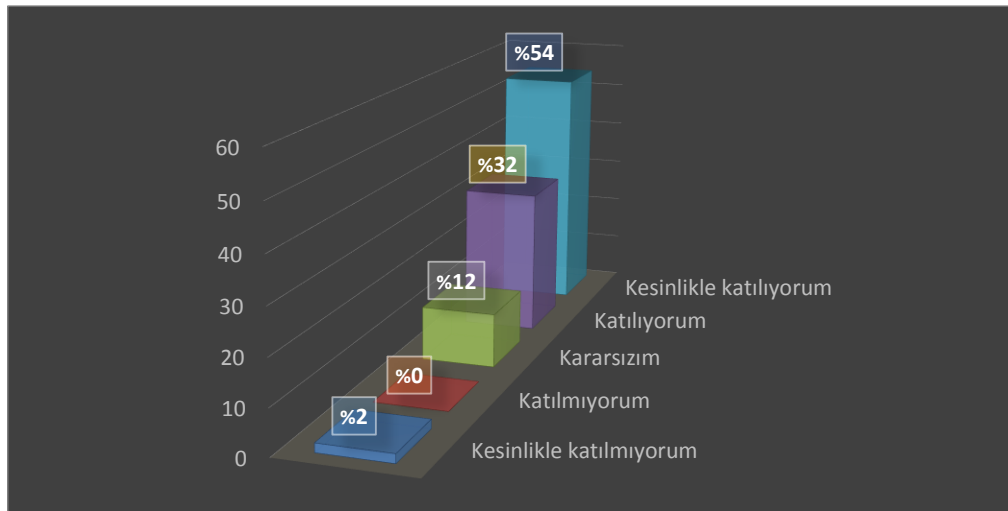
SORU 8: “Yazılım, mimarlık eğitimine katkı sağlayabilir.”



Şekil 4. 64 “Yazılım, mimarlık eğitimine katkı sağlayabilir.” önermesine verilen cevapların yüzdelik dilimi.

Bu önerme ile geliştirilen yazılımın mimarlık eğitimine katkısı hakkında öğrencilerin düşüncesi öğrenilmeye çalışılmıştır. Şekilde de görüldüğü gibi, bu önermeye toplamda öğrencilerin **%94**’ünün katıldığı, **%2**’sinin katılmadığı ve **%4**’ünün de kararsız kaldığı ortaya çıkmıştır.

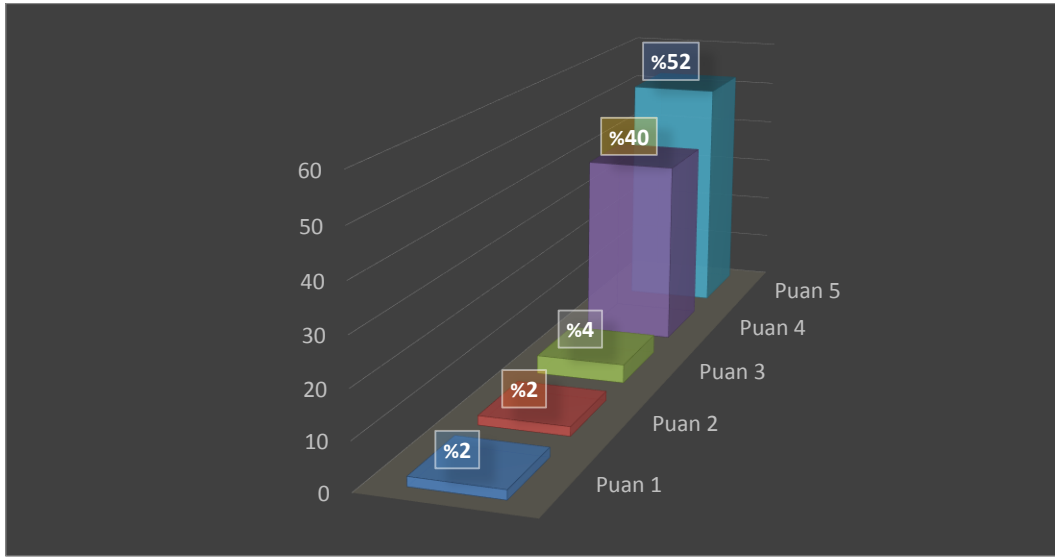
SORU 9: “Yazılım, aktif mimarlıkta kullanılabilir.”



Şekil 4. 65 “Yazılım, aktif mimarlıkta kullanılabilir.” önermesine verilen cevapların yüzdelik dilimi.

Bu önerme ile yazılımın aktif mimarlıkta kullanılabilirliği hakkındaki öğrencilerin öngörülerini alınmaya çalışılmıştır. Öğrencilerin **%86'sı** yazılımı aktif mimarlıkta kullanılabilir bulurken, **%2'sinin** kullanılabilir bulmadığı ortaya çıkmıştır. Grupların **%12'lik** kısmı ise bu önermeye kararsız kalmıştır.

SORU 10: “Denediğiniz yazılımı, mimarlık dünyasına yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız.”



Şekil 4. 66 “10. Denediğiniz yazılımı, mimarlık dünyasına yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız.” önermesine verilen cevapların yüzdelik dilimi.

Son soru olan 10. soruda, ankete katılan katılımcılardan denedikleri yazılımı mimarlık dünyasına yapabileceği potansiyel katkıyı göz önüne alarak “1” ile “5” değerleri arasında puanlamaları istenmiştir. Bu sorudan amaç, henüz mimarlık bölümünde öğrenci olan katılımcıların mimarlığın geleceğiyle ilgili vizyonlarında, tez kapsamında geliştirilen yazılımın yer edip edemeyeceğidir. Yazılıma katılımcıların **%52'si** “5” puan, **%40'ı** “4” puan, **%4'ü** “3” puan, **%2'si** “2” puan ve **%2'si** “1” puan vermiştir.

Anket Sonuçların Analizi

Anketin 1. sorusuna göre; SketchAR'ın temel fonksiyonunu olan 2B eskiz karalamaları 3B'ye çevirmesindeki toplam başarı **%94** ve **anketin 5. sorusuna göre;** 3B'ye çevirmedeki hızı **%96** olarak ölçülmüş ve bu cevaplara göre **SketchAR**'ın amacına ulaştığı kanaatine varılmıştır. Bunun yanında **SketchAR**'ın 3B'ye çevirme başarıları sınıflara göre çaprazlanmış ve başarı yüzdesi neredeyse birbirine eşit çıkmıştır. Buradan, **SketchAR**'ın üst sınıf öğrencilerin de dikkatini çektiği ve mimarlık dünyasına daha geniş çapta hizmet edebileceği öngörüsü oluşmuştur.

Anketin 2. soru ile sorguladığı diğer bir konu da; öğrencinin eskiz karalaması sırasında zihninde oluşan 3B görüntü ile yazılımın ürettiği gerçek 3B görüntünün benzerliğidir. Yani öğrenciden hayal ettiğinin gerçekle uyuşmasının sorgusu yapılmıştır. Bu sorguya öğrenciler, **%72**'lik bir oranda katılmamakla, 2B eskizlerini **SketchAR** olmadan da 3B olarak hayal edebildiklerini ifade etmişlerdir. Elbette burada öğrencilerin aldığı eğitimin kalitesi de sonuca etki eden bir parametre olduğu ortadadır. Ancak bu önerme, sınıflara göre çaprazlandığında; 1. sınıfların **%45**, 2. sınıfların **%16**, 3 ve 4. sınıfların ise **%0** oranında bu önermeye katıldığı ortaya çıkmıştır. Küçükten büyüğe doğru azalan bu sonuca göre yazılımın mimarlık başlangıç sınıflarının 3B görme ve düşünmesine daha çok katkı sağlayabileceğini sonucuna varılmıştır.

Anketin 3. sorusu ise; SketchAR'ın mimari tasarıma katkısı yönündedir. Öğrencilere, kullanım sonrasında **SketchAR**'ın eskizlerinde tadilat yapma eğilimi oluşturup oluşturmadığı sorulmuştur. Cevaplara göre öğrencilerin **%64**'ünde tadilat eğilimi görülmüştür. Buradan **SketchAR**'ın mimari tasarım ve eğitimi üzerindeki potansiyel katkısı ortaya çıkmıştır.

Anketin 4. sorusu; SketchAR ile standart 3B modelleme programlarının hız karşılaştırması yönündedir. Sonuçlara göre öğrencilerin **%78**'i SketchAR'ı daha hızlı bulmaktadır. Buradan **SketchAR**'ın ilerleyen zamanlarda alternatif ve seri bir mimari modelleme yöntemi olabileceğinin de ilk sinyalleri alınmıştır.

Anketin 6. sorusu ile tefriş elemanlarının ortama eklenmesindeki yazılımsal başarı sorgulanmıştır. Öğrencilerin **%80**'ine göre **SketchAR**'ın bu modülü başarılı bulunmuştur. Bu modül **SketchAR**'ın mimari tasarıma katkısı açısından önemsenmiş ve cevaplar ümit verici bulunmuştur.

Anketin 7. sorusu ile, AG ortamının mimarlığa yönelik böyle bir 3B'ye çevirme işlemi için uygunluğu sorgulanmıştır. Öğrencilerin **%92**'sinin AG'in uygunluğunu onaylaması hem **SketchAR** hem de AG'in ortak bir başarısı olarak algılanmıştır. Ortaya çıkan yüzdeye göre bu tezin: "Gelecekte AG üzerinde mimarlık bağlamı daha çok çalışmalar yapılmalıdır." öngörüsüne öğrenciler tarafından ciddi bir destek sağlanmıştır.

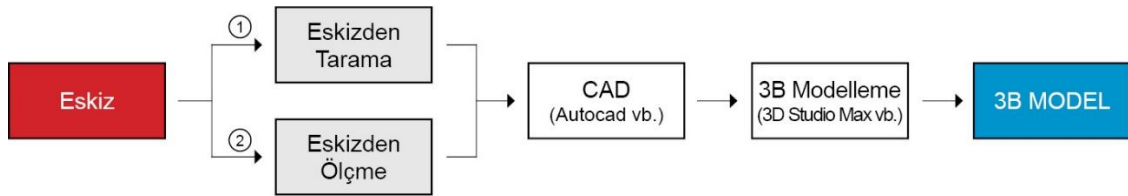
Anketin 8. sorusu ise SketchAR'ın mimarlık eğitime katkı sağlayıp sağlamayacağı yönündedir. Öğrencilerin **%94**'ü bu önermeye katılmıştır. Henüz mimarlık eğitimi devam eden bir denek grubunun **SketchAR**'ı kullanmaları sonucunda verdikleri bu cevap, yazılımın temel hedeflerinden birini ve ayrıca hipotezini doğrular nitelikte değerlendirilmiştir.

Anketin 9. sorusu ile, öğrencilere yazılımın aktif mimarlıktaki kullanılabilirliği sorulmuş, gelecek hakkındaki ön görüşleri alınmak istenmiştir. Öğrencilerin **%86**'sı **SketchAR**'ı kullanılabilir bulmaktadır. Bu sonuçlara göre **SketchAR**'ın, tezin hipotezini ve eğitim bağlamını aşabileceği potansiyeline dikkat çekilerek, müşteri-mimar ilişkisini kurmada yardımcı olabileceği gibi öngörüler ortaya atılabilir.

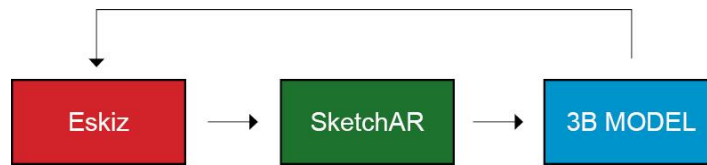
Anketin son sorusunda ise; katılımcılardan SketchAR'ı mimarlık dünyasına yapabileceği potansiyel katkı açısından **"1"** ile **"5"** değerleri arasında puanlamaları istenmiştir. **"4"** (**%40**) ve **"5"** (**%52**) puanlarının toplamı **%92** olarak hesaplanmıştır. Bu sonuca göre henüz mimarlık öğrencisi olan katılımcıların mimarlığın geleceğiyle ilgili vizyonlarında, **SketchAR**'ın yer alabileceği yönünde ümit verici bir tablo ortaya çıkmıştır.

Dördüncü bölümün genel bir değerlendirmesi olarak; hipotez kısmında tamınlanan sorun ve temel hedefler doğrultusunda **SketchAR**'ın başarıyla geliştirilebiliği söyleyebilir. Bu temel hedeflerin yanında **SketchAR** ile mimari tasarımın standart ön süreçlerine AG tabanlı bir destek sağlamak da ayrıca hedeflenmiştir. Bu alt hedef doğrultusunda, “3.1. Mimari Tasarım Süreçleri” başlığı altında, bir takım mimari tasarım süreç tipleri incelenmiş ve çeşitli belirlemeler yapılmıştır.

SketchAR'ın geliştirilme çalışmalarıyla birlikte, mimari tasarım süreçlerindeki potansiyel yeri ve katkısı da, aşağıdaki şemalarda görüleceği gibi belirmeye başlamıştır:



Şekil 4. 67 “4.1.1 Mimari Ön Tasarım Süreci” başlığı altında detaylandırılan; “Eskizden tarama” ve “Eskizden ölçme” yöntemleriyle 2B eskizlerin 3B’ye dönüşümün gösteren “Mimari standart ön tasarım süreci”



Şekil 4. 68 Tez kapsamında geliştirilen “SketchAR” yazılımlıya 2B eskizlerin 3B’ye gerçekzamanlı dönüşümünü gösteren “AG destekli mimari ön tasarım süreci”.

Yukarıdaki iki şemadan karşılaştırılabileceği gibi, **SketchAR** ile, standart mimari ön tasarım sürecindeki “ölçme”, “tarama”, “CAD ile 2B çizme” ve “3B sayısal modelleme” gibi zahmetli ve uzun süreli işlemler atlanarak süreç kısaltılmıştır.

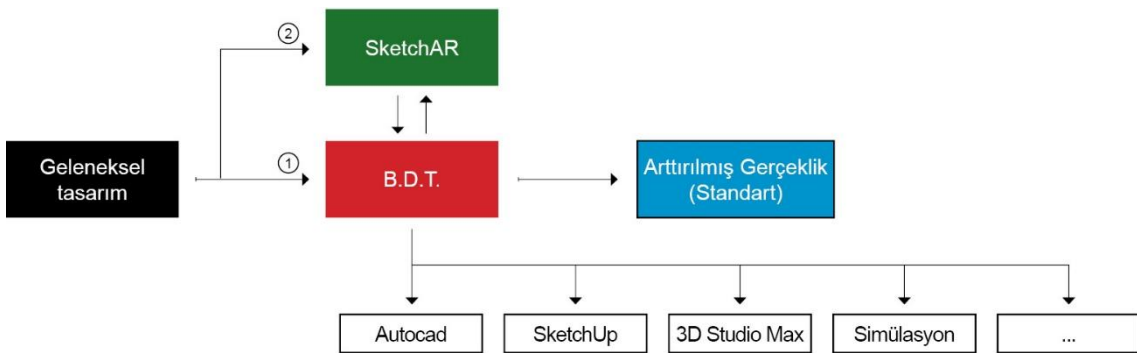
Özellikle eğrisel ya da açılı çizgilerden oluşan formları içeren eskizlerin standart mimari ön tasarım süreci ile 3B’ye dönüştürülmesi oldukça zordur. Bu çizgilerin ölçülmesinde açı ölçer ve yerine göre bazen esnek eğri cetvelden yararlanmak gerekir. **SketchAR** ile,

[EK-4]'deki örnek dönüşümlerde de görüldüğü gibi, çizgi tipi ve açısı her ne olursa olursa olsun, 2B karalamalar 3B'ye zahmetsizce dönüştürülebilmektedir.

Bunun yanında; bireysel tecrübe ve bilgi birikimi gerektiren 3B modelleme programlarına her mimarın, ya da mimarlık öğrencisinin aynı seviyede hakim olması beklenemez. **SketchAR**, mimari ön tasarım için 3B modelleme bilgisinin gerekliliğini de ortadan kaldırarak mimarlık dünyasına yeni giren, CAD programlarını henüz öğrenememiş mimarlık öğrencilerine dahi hizmet sunabilmektedir.

Bilindiği üzere mimari ön tasarım, yapı üzerinde ilk kıvılcımın yani ilk mimari fikirlerin ortaya atıldığı esnek bir süreçtir. Bu süreçte mimar ya da mimarlık öğrencisi bir çok alternatifli karalamalar yapar. Her bir alternatifin yeniden 3B'ye dönüştürülmesi standart süreç ile çoğu zaman mümkün değildir. Buna karşın **SketchAR** ile sınırsız sayıda alternatif karalamanın gerçekzamanlı olarak 3B görüntüsü elde edilebilir.

“3.1. Mimari Tasarım Süreçleri” başlığı altında yapılan incelemelerde, hemen hemen her sürecin erken ya da gelişmiş “**ön tasarım**” adımını içerdiği gözlenmiştir. Yapılan değerlendirmelerde tüm süreç tiplerinde **SketchAR**'ın, özellikle “**analiz**” ve “**sentez**” adımlarını içeren “**ön tasarım**” aşamasını zenginleştirebileceği ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. 69 SketchAR'ın “Geleneksel tasarım” ve BDT'la arasındaki pozisyonunu öneren deneysel şema.

Yukarıdaki deneysel şemada da görüleceği gibi **BDT** ve **SketchAR** temel verileri aynı kanaldan, yani geleneksel el çizimlerinden almaktadır. Bu yönüyle **SketchAR**, standart

AG uygulamalarından farklılaşarak, **BDT**'la arasındaki pozisyonunu “alternatif bir kanal” olarak değiştirmektedir.

SketchAR ile karalamalardan 3B duvar nesnelerini oluşturmanın yanında, sınırsız sayıda tefriş elemanı da sahnedeki bu duvar nesnelerinin arasına eklenebilmektedir. Tekil markerlara konumlandırılan elemanlar, markerların hareket ettirilmesiyle yeni tasarım alternatiflerini kullanıcıya pratik bir yöntemle sunabilmektedir. Mimari tasarımda tefrişin önemi dikkate alındığında bu özelliği ile **SketchAR**'ın mimarlık için taşıyabileceği değer ortaya çıkmaktadır. **SketchAR**'ın tefriş elemanlarıyla ilgili bu fonksiyonu, incelenen mimari tasarım örneklerinden **Hirokazu Kato**'nun geliştirdiği yazılımın tarzına benzer yaklaşımlarla geliştirilerek daha da etkin şekle getirilebilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

AG yazılım teknolojisini “tanım”, “tarihçe”, “uygulama alanları” ve “teknolojik bileşenler” temelleriyle incelemeye başlayan bu tez çalışması, özellikle mimarlık başlangıç sınıflarının 2B eskizleri 3B görme ve algılama yeteneklerine katkı sağlamayı hedefleyen “**SketchAR**” isimli bir Arttırılmış Gerçeklik yazılımının geliştirilmesiyle sonuçlanmıştır.

Geliştirilen bu yazılımla, standart AG kütüphanelerine “**kenar belirleme**” ve “**vektörizasyon**” gibi algoritmalarla beslemeler yapılmış ve sonuçta AG ortamında pratik, etkin ve gerçek zamanlı bir mimari tasarım yardımcısının ilk adımları, tezin hipotezi doğrultusunda atılmıştır.

SketchAR iki farklı mimarlık fakültesinde, toplamda 50 öğrenci üzerinde denenmiş ve arkasından yapılan 10 soruluk bir anketle öğrenci yorumları elde edilmiştir. Anket sonuçlarına göre **SketchAR**’ın, %90’ın üzerindeki bir başarı oranı ile mimari tasarım alanında kullanılabilecek etkin bir yazılım olabileceği ortaya koyulmuştur.

Bu anket çalışmasına ek olarak ileride öğretim elemanları yani masanın öbür tarafıyla da çeşitli anket çalışmaları yapılmalı ve böylelikle ihtiyaçlar bu kaynaktan da tespit edilmelidir. Ayrıca **SketchAR**’ın mimari tasarım stüdyolarında daha geniş zamanlı uygulanarak öğrenci dönüşlerinin alınması, çalışmanın ilerideki seyri açısından önemli olabilir.

Tez kapsamında çeşitli mimari tasarım süreçleri incelenmiştir. Süreçlerin adımları içinde **SketchAR**'ın “ön tasarım” aşaması başta olmak üzere, tüm mimari tasarım süreçlerine eklenilerek zenginleştirilebileceği sonucuna varılmıştır.

SketchAR ile standart mimari ön tasarım sürecindeki “ölçme”, “tarama”, “CAD ile 2B çizme” ve “3B sayısal modelleme” gibi zahmetli ve uzun süreli işlemler atlanarak süreç kısaltılmaktadır. Böylelikle eskizden 3B modele başka herhangi bir ek yöntem veya yazılım gerekmeden erişilen yeni ve kısa bir mimari ön tasarım süreç önerisi ortaya konulmuştur.

Ayrıca **SketchAR** bu tezde, BDT'a alternatif ve yeni bir “sayısal görselleştirme” ya da “sayısal modelleme” yöntemi olarak önerilmektedir. BDT, verileri “geleneksel tasarım” olan el çizimlerinden alırken, **SketchAR** da verileri aynı kaynak olan eskizlerden almaktadır. Özellikle bu yönüyle **SketchAR**'ın mimarlık ve sayısal görselleştirme dünyası için inovatif bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

Günden güne gelişen donanım teknolojilerinin bir ucu olan AG gözlükleri, artık günümüzde **Google** gibi öncü firmalar tarafından üretilmektedir. **SketchAR**, şuan için sonuç ürününü iki boyutlu bir medya olan “ekran”da vermektedir. Ancak ilerleyen zamanlarda **SketchAR**'ın, AG gözlüklerine uygun şekilde yeniden geliştirilerek 3B medya düzeyine de çıkartılması hedeflenmektedir.

SketchAR kullanıcıya; iki boyutlu düşünerek çizdiği mekanın içini simüle ederek sunmak ve mekansal algıyı deneyimleme şansını vermekde ilk adımı oluşturmuştur. Şuan elbette kullanıcıyı o mekansal deneyimin içine tamamen sokmamakta; sadece zemine çizilen karalamaları kamera bakışına göre 3B perspektif çizimler düzeyine çıkartmakta ve tefriş elemanlarını bu 3B çizimler arasına eklemektedir. Psikolog Jean Piaget'in “Mekan en iyi deneyimle algılanır” mottosunda da belirttiği gibi mekan algısı için “deneyim”in önemi ortadadır. **SketchAR**, yukarıda belirtilen AG gözlükleri gibi donanımsal aygıtların da desteğiyle kullanıcıyı ileride o deneyimin içine sokabildiği zaman, yaptığı eskiz ile kullanıcıya mekan kurgusunu, mekansal ilişkileri veya mekanın niteliğini değerlendirme gibi fırsatları tanıyacaktır. **SketchAR**, bu referanslarla geliştirildiğinde daha değerli bir noktaya doğru ilerlemiş olacaktır.

Yukarıda değinildiği gibi **SketchAR**, tez kapsamında belirli bir düzeye kadara geliştirilmiş ve bir mimari tasarım yönteminin ilk adımı olarak ortaya koyulmuştur. Ancak üzerinde yeni yazılımsal çalışmaların yapılması ve yeni fonksiyonların tanımlanmasıyla zeninleştirilebileceği açıktır. Örneğin “Settings” arayüzündeki karmaşık fonksiyonlar çeşitli “marker”lara atanarak gruplandırılabilir ve böylelikle sadeleştirilebilir. Bunun yanında duvar ve tefriş elemanlarının boyutlarının ayarlanması da tamamen “marker”lar tarafından sağlanabilir. Ayrıca şuan çizgi tabanlı çalışan **SketchAR**, ileride geliştirilerek -SketchUP modelleme yazılımı gibi- hacim tabanlı çalışan bir düzeye getirilebilir ve böylelikle duvar, giriş, kolon, döşeme vb. elemanların tanımlı hacimler üzerinden üretilmesi, düzenlenmesi ve renklendirilmesi de daha başarılı olarak sağlanabilir. Bunun yanında temel çalışma prensibi sabit tutularak **SketchAR**, gelişmiş modelleme yazılımlarının altında çalışan bir plugin şekline de dönüştürülebilir.

Tezin önemli bir sonucu da; “**Arttırılmış Gerçeklik**” alanının mimarlık dünyası için önemini ortaya konmasıdır. Gerçek zamanlı, ucuz ve pratik yapısıyla AG, mimarlık ve eğitimi için üzerinde çok daha detaylı çalışmalar yapmaya elverişli bir alandır.

MIT (Massachusetts Institute of Technology), AG’in mobil çevredeki etkisini öngörmüş ve mobil AG’in “endüstri”, “bilimsel araştırma alanları” ve “bireysel yaşam tarzı”nı değiştirebilecek teknolojilerden biri olduğunu yıllık teknoloji incelemelerinde tahmin etmiştir. **Gartner** ise mobil AG’i, gelecek neslin konum duyarlı servisilerindeki ana faktörlerden biri olacağını tespit etmiştir. [8] Tez kapsamında bir masaüstü uygulaması olarak geliştirilen **SketchAR**, yukarıdaki referanslarla değerlendirilmiş ve ilerleyen zamanlarda, mobil aygıtlara yönelik geliştirilmesine devam edilmesi planlanmıştır.

The New Media Consortium’un eğitim teknolojileriyle ilgili yayınladığı **The Horizon Report** isimli raporları; **Gartner**’ın **Hype-Cycle**’larındaki öngörüler; **Prof. Dr. Karen Hamilton** gibi eğitim bilimcilerin, AG’in geleceğin eğitim dünyasındaki kullanımına dönük tahminleri ve bazı ticari internet sitelerinin AG’i internet satışlarında kullanması gibi referanslar birleştirilerek dikkate alındığında AG’in **mimarlıkta uzaktan eğitim** alanına da katkı sağlayabileceği ve bu alanda da uygulamaların geliştirilmesinin gerektiği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Keppler, S., (2007), Augmented Reality - Display Systems, http://campar.in.tum.de/twiki/pub/Chair/TeachingSs07ArProseminar/1_Display-Systems_Klepper_Report.pdf, 12 Eylül 2014.
- [2] Azuma, R., (1997). "A Survey of Augmented Reality", Teleoperators and Virtual Environments 6: 355-385.
- [3] Milgram, P. ve Kishino, F., (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays, IEICE Transactions on Information Systems, E77-D: 12.
- [4] Bimler, O. ve Raskar, R. (2005). Spatial Augmented Reality Merging Real and Virtual Worlds, A K Peters, Ltd., ABD.
- [5] Ismar, <http://ismar.vgtec.org/>, 12 Eylül 2014.
- [6] Gartner, <http://en.wikipedia.org/wiki/Gartner>, 12 Eylül 2014.
- [7] Hype cycle, http://en.wikipedia.org/wiki/Hype_cycle, 12 Eylül 2014.
- [8] Siltanen, S., (2012). Theory and Applications of Marker-based Augmented Reality, VTT Technical Research Centre of Finland, Finlandiya.
- [9] Augmented reality, http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality, 12 Eylül 2014.
- [10] Barrilleaux, J., Experiences and Observations in Applying Augmented Reality to Live Training, <http://imbaai.com/vwsim99/vwsim99.html>, 12 Eylül 2014.
- [11] Raskar, R., vd. (1998). Spatially Augmented Reality, First International Workshop on Augmented Reality, 1 Kasım 1998, San Francisco.
- [12] The Lawnmower Man, <http://www.imdb.com/title/tt0104692/>, 12 Eylül 2014.
- [13] Sung, D., (2011). The History of Augmented Reality, <http://www.pocket-lint.com/news/38803/the-history-of-augmented-reality>, 12 Eylül 2014.
- [14] Who Framed Roger Rabbit (1988), <http://www.imdb.com/title/tt0096438/>, 12 Eylül 2014.
- [15] Lamb, P., ARToolKit, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/>, 12 Eylül 2014.
- [16] ARQuake, <http://en.wikipedia.org/wiki/ARQuake>, 12 Eylül 2014.

- [17] Piekarski W., (2004). Interactive 3D Modelling in Outdoor Augmented Reality Worlds, Doktora Tezi, School of Computer and Information Science Division of Information Technology, Engineering, and the Environment, The University of South Australia, Avustralya.
- [18] Thomas, B., ARQuake: Interactive Outdoor Augmented Reality Collaboration System, <http://wearables.unisa.edu.au/projects/arquake/>, 12 Eylül 2014.
- [19] Simülasyon, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Simülasyon>, 12 Eylül 2014.
- [20] Simülasyon Nedir?, <http://bilgibirikimi.tripod.com/simulasyon.htm>, 12 Eylül 2014.
- [21] Baudrillard, J., (1995). Kötülüğün Şeffaflığı, Ayrıntı Yayınları, İstanbul.
- [22] Göktaş H.H., vd., (2006). "Simülasyon Sistemleri İçin 3 Boyutlu Sanal Şehirlerin GIS Haritaları Üzerinde Oluşturulması", Z.K.Ü. Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Teknoloji Dergisi, 9: 27-39.
- [23] Simulation, <http://en.wikipedia.org/wiki/Simulation>, 12 Eylül 2014.
- [24] Three types of simulations, University of Central Florida, Institute for Simulation & Training, <http://www.ist.ucf.edu/background.htm>, 12 Eylül 2014.
- [25] Sanal Gerçeklik, http://tr.wikipedia.org/wiki/Sanal_gerçeklik, 12 Eylül 2014.
- [26] Sood, R., (2012). Pro Android Augmented Reality, Apress, New York.
- [27] Azuma, R., (1997). "A Survey of Augmented Reality", Teleoperators and Virtual Environments 6: 355-385.
- [28] Augmented Reality, http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_reality, 12 Eylül 2014.
- [29] Redondo, E., vd., (2013). "Augmented Reality on Architectural and Building Engineering Learning Processes. Two Study Cases", 2013 International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education, 52–61, İspanya.
- [30] Virtual Reality & Augmented Reality Market Forecast by Product (HMD, HUD, Tablet PC, Smartphone) for Gaming, Automotive, Medical, Advertisement, Defense, E-learning & GPS Applications (2011 - 2016), <http://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/reality-applications-market-458.html>, 12 Eylül 2014.
- [31] Gartner Hype Cycle, <http://www.gartner.com/technology/research/methodologies/hype-cycle.jsp>, 12 Eylül 2014.
- [32] L. Frank Baum, http://en.wikipedia.org/wiki/L._Frank_Baum, 12 Eylül 2014.
- [33] Augmented-Reality, <http://market-analyst.biz/2013/03/05/augmented-reality/>, 12 Eylül 2014.
- [34] The Father of Virtual Reality, <http://www.mortonheilig.com/>, 12 Eylül 2014.
- [35] Morton_Heilig, http://en.wikipedia.org/wiki/Morton_Heilig, 12 Eylül 2014.
- [36] Sensorama, <http://en.wikipedia.org/wiki/Sensorama>, 12 Eylül 2014.

- [37] Head Mounted Display, http://en.wikipedia.org/wiki/Head-mounted_display, 12 Eylül 2014.
- [38] Ivan Sutherland, http://en.wikipedia.org/wiki/Ivan_Sutherland, 12 Eylül 2014.
- [39] Myron Krueger, http://en.wikipedia.org/wiki/Myron_Krueger, 12 Eylül 2014.
- [40] Heim, M., (1993). The Metaphysics of Virtual Reality, Oxford University Press, New York.
- [41] Appleyard, B., (2010), Jaron Lanier: The father of virtual reality, <http://www.webcitation.org/5x02vMGk3>, 12 Eylül 2014.
- [42] Kangdon, L. (2012). "Augmented Reality in Education and Training". TechTrends: Linking Research & Practice To Improve Learning, 56:2, 13.
- [43] Rosenberg, L. B., (1993). "The Use of Virtual Fixtures to Enhance Operator Performance in Telepresence Environments", Telemanipulator Technology and Space Telerobotics, (10-21 Kasım 1993).
- [44] Feiner, S., Knowledge-based Augmented Reality for Maintenance Assistance (KARMA), <http://graphics.cs.columbia.edu/projects/karma/karma.html>, 12 Eylül 2014.
- [45] Association for Computing Machinery, http://en.wikipedia.org/wiki/Association_for_Computing_Machinery, 12 Eylül 2014.
- [46] Communications of the ACM, http://en.wikipedia.org/wiki/Communications_of_the_ACM, 12 Eylül 2014.
- [47] Wellner, P., vd., (1993). Back to The Real World, Communications of the ACM, 36:7, 24-26, New York.
- [48] Loral Corporation, http://en.wikipedia.org/wiki/Loral_Corporation, 12 Eylül 2014.
- [49] The Human Interface Technology Lab (HITLab), <http://www.hitl.washington.edu/home/>, 12 Eylül 2014.
- [50] SIGGRAPH, <http://en.wikipedia.org/wiki/SIGGRAPH>, 12 Eylül 2014.
- [51] ARToolKit, <http://en.wikipedia.org/wiki/ARToolKit>, 12 Eylül 2014.
- [52] ARToolKit - Feature List, <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/documentation/features.htm>, 12 Eylül 2014.
- [53] First-person Shooter, http://en.wikipedia.org/wiki/First-person_shooter, 12 Eylül 2014.
- [54] HTC Dream, http://en.wikipedia.org/wiki/HTC_Dream, 12 Eylül 2014.
- [55] Wikitude, <http://www.wikitude.com/>, 12 Eylül 2014.
- [56] FLARToolKit, <http://www.libspark.org/wiki/sagoosha/FLARToolKit/en>, 12 Eylül 2014.

- [57] Saqoosha, <http://saqoo.sh/a/>, 12 Eylül 2014.
- [58] Augmented Browsing, http://en.wikipedia.org/wiki/Augmented_browsing, 12 Eylül 2014.
- [59] <http://www.t-immersion.com/>, 12 Eylül 2014.
- [60] Indoor Modeling and Tracking for Augmented Reality, <http://www.icg.tugraz.at/project/indoorar>, 12 Eylül 2014.
- [61] Google Glass, http://en.wikipedia.org/wiki/Google_Glass, 12 Eylül 2014.
- [62] Spaceglasses, <https://www.spaceglasses.com/>, 12 Eylül 2014.
- [63] Caspari, M., Augmented Reality Landscape, <http://augmentedrealitybiz.com/augmented-reality-landscape/>, 12 Eylül 2014.
- [64] Eve, S., (2012). "Augmenting Phenomenology: Using Augmented Reality to Aid Archaeological Phenomenology in the Landscape", Journal of Archaeological Method and Theory, 19:4, 582-600.
- [65] Panagiotis D. R., vd., (2002) "Mobile Augmented Reality Archaeological Reconstruction", 30th Anniversary of the UNESCO World Heritage Convention - Virtual Congress: Architecture, Tourism and World Heritage, Çin.
- [66] Dähne, P. ve Karigiannis, J., N., (2002). "Archeoguide: System Architecture of a Mobile Outdoor Augmented Reality System", International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) 2002, 263-264.
- [67] <http://www.junaio.com/>, 12 Eylül 2014.
- [68] Augmented Reality in archaeology - Junaio on iPad 2, <http://www.youtube.com/watch?v=xO9661vHGFw>, 12 Eylül 2014.
- [69] Chayka, K., (2011). How Augmented Reality Is Going Viral in the Art World, From the Omi Sculpture Park to a 9/11 Memorial, <http://www.artinfo.com/news/story/38499/how-augmented-reality-is-going-viral-in-the-art-world-from-the-omi-sculpture-park-to-a-911-memorial>, 12 Eylül 2014.
- [70] Eyewriter, <http://www.eyewriter.org/>, 12 Eylül 2014.
- [71] Augment Pro, <http://apple.vshare.com/577836357.html>, 12 Eylül 2014.
- [72] Augmented Reality for art & posters sites, by Augment, <http://www.youtube.com/watch?v=sPHABKffYEU>, 12 Eylül 2014.
- [73] Voleti, K, (2012). Visualize 3D products in Augmented Reality, <http://www.realareal.com/visualize-3d-products-in-augmented-reality>, 12 Eylül 2014.
- [74] Konstruct AR 3D Sculpture App, <http://apps.augmatic.co.uk/konstruct>, 12 Eylül 2014.
- [75] Jones, M., (2010). Media Surfaces: The Journey, <http://berglondon.com/blog/tag/dentsu-london/>, 12 Eylül 2014.

- [76] Suwappu, <http://berglondon.com/projects/suwappu/>, 12 Eylül 2014.
- [77] Spatial augmented reality for drawing, <http://www.youtube.com/watch?v=ZBndzLAM5l8>, 12 Eylül 2014.
- [78] Laviole, J. ve Hachet, M., (2012). "Spatial Augmented Reality for Physical Drawing", 25th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST). 9-10.
- [79] Lego, <http://www.lego.com/>, 12 Eylül 2014.
- [80] Animated Lego Digital Box at Downtown Disney Orlando, <http://www.youtube.com/watch?v=8UxWkZtUKal>, 12 Eylül 2014.
- [81] Augmented reality LEGO machines to appear in toy stores soon, <http://www.geek.com/articles/gadgets/augmented-reality-lego-machines-to-appear-in-toy-stores-soon-20090123/>, 12 Eylül 2014.
- [82] D'Fusion Studio Suite, <http://www.t-immersion.com/products/dfusion-suite>, 12 Eylül 2014.
- [83] Augmented Reality Projects Gallery, <http://www.t-immersion.com/projects>, 12 Eylül 2014.
- [84] E-Bay Fashion App Demo, <http://www.youtube.com/watch?v=FmYZ1YImWlw>, 12 Eylül 2014.
- [85] Springfield Shop Online, <http://spf.com/>, 12 Eylül 2014.
- [86] Springfield Virtual Dressing Room at Home, <http://www.consumerlab.es/springfield-virtual-dressing-room-at-home/>, 12 Eylül 2014.
- [87] Ray-ban, <http://www.ray-ban.com>, 12 Eylül 2014.
- [88] Tissot, <http://www.tissot.ch/>, 12 Eylül 2014.
- [89] Tissot goes virtual with reality website application, http://www.moodiereport.com/document.php?c_id=1134&doc_id=24028, 12 Eylül 2014.
- [90] Nooka, <http://www.nooka.com/>, 12 Eylül 2014.
- [91] Arild Orholm: Nooka Augmented Reality Accessorizer, <http://www.designboom.com/design/arild-orholm-nooka-augmented-reality-accessorizer/>, 12 Eylül 2014.
- [92] Virtual Mirror, <http://www.ray-ban.com/turkey/science/virtual-mirror>, 12 Eylül 2014.
- [93] Pringles, <http://www.pringles.com.tr/>, 12 Eylül 2014.
- [94] Pringles Wins International Attention, <http://www.t-immersion.com/project-gallery/pringles-wins-international-attention>, 12 Eylül 2014.
- [95] Karen Hamilton, <http://ca.linkedin.com/in/k3hamilton>, 12 Eylül 2014.
- [96] The New Media Consortium, <http://www.nmc.org/>, 12 Eylül 2014.

- [97] Simple Augmented Reality : 2010 NMC Horizon Report, <http://www.youtube.com/watch?v=I9YPMGWKyAU>, 12 Eylül 2014.
- [98] Hamilton, K., E., (2012). Augmented Reality in Education, <http://augmented-reality-in-education.wikispaces.com/>, 12 Eylül 2014.
- [99] Hamilton, K., E., (2012). Implications for Education, <http://augmented-reality-in-education.wikispaces.com/Implications+for+Education>, 12 Eylül 2014.
- [100] Discovery Learning, http://en.wikipedia.org/wiki/Discovery_learning, 12 Eylül 2014.
- [101] Hamilton, K., E., (2012). Discovery Based Learning and AR, <http://augmented-reality-in-education.wikispaces.com/Discovery+Based+Learning+and+AR>, 12 Eylül 2014.
- [102] uTourX, <http://www.appover.com/search/utourx/333723230/>, 12 Eylül 2014.
- [103] Popartoy, <https://popartoy.com/>, 12 Eylül 2014.
- [104] Kozayayin, <http://www.kozayayin.com.tr/>, 12 Eylül 2014.
- [105] Rotasoft, <http://www.rotasoft.com.tr>, 12 Eylül 2014.
- [106] Nanobiz, <http://www.nanobiz.com.tr/TR/home.aspx>, 12 Eylül 2014.
- [107] Canlikitap, <http://www.canlikitap.com.tr/>, 12 Eylül 2014.
- [108] ODTÜ Teknokent, <http://www.metutech.metu.edu.tr/cms/>, 12 Eylül 2014.
- [109] Canlı kitap" dönemi başladı, (2008). <http://www.cnnturk.com/2008/bilim.teknoloji/teknoloji/11/19/canli.kitap.donemi.basladi/501196.0/index.html>, 12 Eylül 2014.
- [110] Canlı Kitap ATV 08 Mayıs 2012 Haber /Augmented Realty Book, (2012). <http://www.youtube.com/watch?v=bDa1jYpqJl>, 12 Eylül 2014.
- [111] Canlı Kitap TRT Çocuk, (2012). <http://www.youtube.com/watch?v=mqHRRXyOefQ>, 12 Eylül 2014.
- [112] Augmented Natural Shapes, (2009). <http://www.youtube.com/watch?v=ie8SihypYA4>, 12 Eylül 2014.
- [113] Nagbi, N., (2008). "Shape Recognition and Pose Estimation For Mobile Augmented Reality", (8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality). Orlando, ABD.
- [114] E-learning, <http://en.wikipedia.org/wiki/E-learning>, 12 Eylül 2014.
- [115] SSAT, <http://www.ssaturk.co.uk/about/>, 12 Eylül 2014.
- [116] LearnAR, <http://www.learnar.org/>, 12 Eylül 2014.
- [117] The Scripps Research Institute, <http://www.scripps.edu/>, 12 Eylül 2014.
- [118] Arthur J. Olson, Ph.D., <http://mgl.scripps.edu/people/olson>, 12 Eylül 2014.
- [119] Augmented Reality for Chemists, (2011). <http://www.youtube.com/watch?v=gZxK6j4JTHQ>, 12 Eylül 2014.

- [120] Spatial skills training and augmented reality technology, (2010).
<http://www.youtube.com/watch?v=H5kiZvvEVzk>, 12 Eylül 2014.
- [121] Steve Henderson, <http://www.cs.columbia.edu/~henderso/>, 12 Eylül 2014.
- [122] Steven K. Feiner, <http://www.cs.columbia.edu/~feiner/>, 12 Eylül 2014.
- [123] Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR),
<http://graphics.cs.columbia.edu/projects/armar/index.htm>, 12 Eylül 2014.
- [124] Henderson, S., Feiner S., (2007). "Augmented Reality for Maintenance and Repair (ARMAR)", Final Report for June 2005 to August 2007.
- [125] EyeTap, <http://en.wikipedia.org/wiki/EyeTap>, 12 Eylül 2014.
- [126] Steve Mann, http://en.wikipedia.org/wiki/Steve_Mann, 12 Eylül 2014.
- [127] Mistry, P. ve Maes, P., (2009). "SixthSense - A Wearable Gestural Interface", SIGGRAPH Asia 2009, Sketch, Japonya.
- [128] Sprxmobile, <http://www.sprxmobile.com/>, 12 Eylül 2014.
- [129] Layar nedir? Nasıl kullanılır?, (2010).
<http://www.maxicep.com/forum/konu/layar-nedir-nasil-kullanilir.411931/>, 12 Eylül 2014.
- [130] Layar, <http://www.layar.com/>, 12 Eylül 2014.
- [131] Wikipedia, <http://www.wikipedia.org/>, 12 Eylül 2014.
- [132] Enrich Print Material With Engaging Digital Experiences,
<http://www.layar.com/what-is-layar/>, 12 Eylül 2014.
- [133] Layar - Augmented Reality, <https://itunes.apple.com/tr/app/layar-augmented-reality/id334404207?l=tr&mt=8>, 12 Eylül 2014.
- [134] Layar, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.layar&hl=tr>, 12 Eylül 2014.
- [135] Wang, Z. vd., (2009). "Assembly Design and Evaluation in an Augmented Reality Environment", CyberWorlds International Conference, Bredford, İngiltere.
- [136] Noelle, S. (2002). "Stereo Augmentation of Simulation Results on a Projection Wall", International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR 2002). 30 Eylül - 1 Ekim 2002, Darmstadt, Almanya.
- [137] Arcane Technologies, <http://www.arcane-technologies.com/en>, 12 Eylül 2014.
- [138] Mirage™, <http://www.arcane-technologies.com/en/home.html?section=products&sub=miragelrhr>, 12 Eylül 2014.
- [139] Industrial Design, http://www.arcane-technologies.com/en/home.html?section=demo&sub=demo_inddesign.htm, 12 Eylül 2014.

- [140] Industrial Application, http://www.arcane-technologies.com/en/home.html?section=demo&sub=demo_industrial.htm, 12 Eylül 2014.
- [141] BMW research projects - workshop applications at BMW, http://www.bmw.com/com/en/owners/service/augmented_reality_workshop_1.html, 12 Eylül 2014.
- [142] Medarpa, http://www.medcom-online.de/projects/medarpa/medarpa_finished.htm, 12 Eylül 2014.
- [143] About mbits, <http://www.mobile-med.de/>, 12 Eylül 2014.
- [144] SurgeryPad - Surgical navigation using tablet computers, <http://mes.mitk.org/surgerypad.php>, 12 Eylül 2014.
- [145] Miracle, <http://www.miracle.de/>, 12 Eylül 2014.
- [146] Posters Program, <http://conferences.computer.org/vr/2012/prog-posters.html>, 12 Eylül 2014.
- [147] Medical Applications, http://www.arcane-technologies.com/en/home.html?section=demo&sub=demo_medical1.htm, 12 Eylül 2014.
- [148] Head-up Display, http://en.wikipedia.org/wiki/Head-up_display, 12 Eylül 2014.
- [149] Sanal Gösterge Paneli (Head-Up Display) Nedir?, <http://www.aracbilgisi.com/arac-donanimi/73-arac-tamiri/1639-sanal-gosterge-paneli-head-up-display-nedir.html>, 12 Eylül 2014.
- [150] Perdue, T., Applications of Augmented Reality, <http://newtech.about.com/od/softwaredevelopment/a/Applications-Of-Augmented-Reality.htm>, 12 Eylül 2014.
- [151] Jhmcsii, <http://jhmcsii.com/>, 12 Eylül 2014.
- [152] JHMCS II Worldwide Leader in Helmet-Mounted Display For Fixed-Wing Aircraft, <http://jhmcsii.com/press-room/>, 12 Eylül 2014.
- [153] Steward, T., (2012). "Augmented Reality and Military Applications", <http://www.clearancejobs.com/defense-news/911/augmented-reality-and-military-applications>, 12 Eylül 2014.
- [154] Sood, R., (2012). Pro Android Augmented Reality, Apress, New York.
- [155] Cameron, C., (2010). Military-Grade Augmented Reality Could Redefine Modern Warfare, http://readwrite.com/2010/06/11/military_grade_augmented_reality_could_redefine_modern_warfare, 12 Eylül 2014.
- [156] Sandia National Laboratories, <http://www.sandia.gov/index.html>, 12 Eylül 2014.
- [157] Umbra, <http://umbra.sandia.gov/products.html#umbra>, 12 Eylül 2014.

- [158] Augmented Reality for Close Quarters Combat (CQB) - Umbra Simulation Framework, (2011). <http://www.youtube.com/watch?v=ja6oy3l1rdw>, 12 Eylül 2014.
- [159] Griggs, B., (2012). Augmented-reality windshields and the future of driving, <http://edition.cnn.com/2012/01/13/tech/innovation/ces-future-driving/index.html>, 12 Eylül 2014.
- [160] Route 66 Gezinti, <http://www.66.com/TR/anasayfa/>, 12 Eylül 2014.
- [161] ARnav - navigation in Augmented Reality, <http://arnav.eu/>, 12 Eylül 2014.
- [162] Augmented Reality: Here to Stay In Sports, (2012). <http://www.sporttechie.com/2012/10/17/augmented-reality-here-to-stay-in-sports/>, 12 Eylül 2014.
- [163] Azuma, R. vd., (2001) "Recent Advances in Augmented Reality", IEEE Computer Graphics and Applications (21 Kasım, 6 Aralık 2001), 34-47.
- [164] Eyeplay, <http://www.eyeplay.com/>, 12 Eylül 2014.
- [165] Hamilton, K., E., (2012). Augmented Reality in Sports, <http://augmented-reality-in-education.wikispaces.com/Augmented+Reality+in+Sports>, 12 Eylül 2014.
- [166] Ganapati, P., (2009). How it Works: Augmented Reality, <http://www.wired.com/gadgetlab/2009/08/total-immersion/>, 12 Eylül 2014.
- [167] Azuma, R., (1997). "A Survey of Augmented Reality", Teleoperators and Virtual Environments 6, 355-385.
- [168] Miles, S., (2011). Top 10 uses of augmented reality in the movies, <http://www.pocket-lint.com/news/38805/best-augmented-reality-in-movies>, 12 Eylül 2014.
- [169] Storylines - Location Based Storytelling Using AR, <http://www.sndrv.nl/storylines/>, 12 Eylül 2014.
- [170] Augmented Reality Cinema, (2011). <http://www.youtube.com/watch?v=R6c1STmvNJc>, 12 Eylül 2014.
- [171] Tamarjan, D., (2012). Augmented Reality Movies and Their Challenging Future, <http://augmentedtomorrow.com/augmented-reality-movies-and-their-challenging-future/>, 12 Eylül 2014.
- [172] Word Lens, <http://www.crunchbase.com/product/word-lens>, 12 Eylül 2014.
- [173] Kuru, M. F., A Script Based Modular Game Engine Framework For Augmented Reality Applications, (2009). Yüksek Lisans Tezi, Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.
- [174] Siltanen, S., (2012). Theory and Applications of Marker-based Augmented Reality, VTT Technical Research Centre of Finland, Finlandiya.
- [175] Hamilton, K., E., (2012). Augmented Reality Presentations, <http://augmented-reality-in-education.wikispaces.com/Augmented+Reality+Presentations>, 12 Eylül 2014.

- [176] Augmented Reality: A Human Interface for Ambient Intelligence, (2009). http://readwrite.com/2009/08/12/augmented_reality_human_interface_for_ambient_intelligence#awesm=~okxtspm5QTCGPj, 12 Eylül 2014.
- [177] Kato, I.P.H., ve Billinghurst, M., (2000). ARToolkit User Manual Version 2.33, Human Interface Technology Lab, University of Washington, Washington.
- [178] Markerless Augmented Reality, <http://www.arlab.com/blog/markerless-augmented-reality/>, 12 Eylül 2014.
- [179] Augmented Reality: Marker vs Markerless AR, <http://researchguides.dartmouth.edu/content.php?pid=227212&sid=1891183>, 12 Eylül 2014.
- [180] List of Augmented Reality Software, http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_augmented_reality_software, 12 Eylül 2014.
- [181] Developer Tools, <http://www.augmentedplanet.com/resources/developer-tools/>, 12 Eylül 2014.
- [182] Azuma, R., (1993). "Tracking Requirements for Augmented reality", Communications of the ACM. (7 Temmuz 1993) 7, 50-51.
- [183] Obst, B., Tröller, L. (2009). "Augmented reality", Innovations Forum, Berlin.
- [184] Metz, R., (2012). Augmented Reality Is Finally Getting Real, <http://www.technologyreview.com/news/428654/augmented-reality-is-finally-getting-real/>, 12 Eylül 2014.
- [185] Display, <http://en.wikipedia.org/wiki/Display>, 12 Eylül 2014.
- [186] Bilgisayar Monitörü, http://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgisayar_monitörü, 12 Eylül 2014.
- [187] Ergün, U., (2004). İki Boyutlu Medyalarda İleri Üç Boyutlu Anlatım ve Mimarlık, Yüksek Lisans tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [188] Manjoo, F., (2012). You Will Want Google Goggles, <http://www.technologyreview.com/review/428212/you-will-want-google-goggles/>, 12 Eylül 2014.
- [189] Webcam, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Webcam>, 12 Eylül 2014.
- [190] Webcam, <http://en.wikipedia.org/wiki/Webcam>, 12 Eylül 2014.
- [191] Englander, I., (2009). The Architecture of Computer Hardware, System Software and Networking, Wiley Yayıncılık, ABD.
- [192] Camera Phone, http://en.wikipedia.org/wiki/Camera_phone, 12 Eylül 2014.
- [193] İzgi U., (1999). Mimarlıkta Süreç Kavramlar - İlişkiler, Yem Yayınları, İstanbul.
- [194] Birol, G., Mimari Tasarım, Kuram ve Yöntemleri Ders Notları, Balıkesir Üniversitesi.
- [195] İncaoğlu, M. ve İncaoğlu, N., (2004). Mimarlıkta Söylem Kuram ve Uygulama, Tasarım Yayın Grubu, İstanbul.

- [196] Tunalı, İ., (2004). Tasarım Felsefesine Giriş, Yem Yayınları, İstanbul.
- [197] Fraser, R. R., (1972). Design in The Built Environment, Edward A. Publication, Londra.
- [198] Jones, J. C., (1970). Design Methods: Seeds of Human Futures, Wiley-Interscience, Londra.
- [199] Lawson, B., (2005). How Designers Think: The Design Process Demystified, Architectural Press, İngiltere.
- [200] Snyder, J. C., (1970). Introduction to Architecture, McGraw-Hill Publication, New York.
- [201] Kalay, Y. E., (1985). Redefining the Role of Computers in Architecture: From Drafting/Modelling Tools to Knowledge-Based Design Assistants, Butterworth & co Publishers Ltd., İngiltere.
- [202] İnan, N. ve Yıldırım, T., (2009). "Mimari Tasarım Sürecinde Disiplinlerarası İlişkiler ve Eşzamanlı - Dijital Ortam Tasarım Olanakları", Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 24:4.
- [203] Erbaş, S., (2013). "Mimaride Parametrik Tasarım ve Eğitimi", Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 2:4.
- [204] 3 Boyutlu Baskı, <http://www.prototip.org/3d-printing-2/>, 12 Eylül 2014.
- [205] Akipek, F. ve İnceoğlu, N., (2007). "Bilgisayar Destekli Tasarım Ve Üretim Teknolojilerinin Mimarlıktaki Kullanımları", Megaron YTÜ, Mim. Fak. Dergisi, 2:2.
- [206] Çıltık, A., (2003). Sayısal Tasarım Kavramları ve Algoritmik Düşüncenin Mimari Tasarıma Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul
- [207] Aliakseyeu, D., (2003). Computer Support Tool for the Early Stages of Architectural Design, Doktora Tezi, Eindhoven Teknik Üniversitesi, Hollanda.
- [208] Köymen, E. ve Tong, T., (2013). "Arttırılmış Gerçeklik Ortamının Mimari Ön Tasarımda Kullanımına Dair Bir Uygulama: AG Ortamında Çoklu Model", VII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- [209] Topçuoğlu, Ş., (2007). Sayısal Tasarım teknolojilerinde Üç Boyutlu Donanımların Mimarlık Eğitimine Katkıları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [210] Wearable Computer, http://en.wikipedia.org/wiki/Wearable_computer, 12 Eylül 2014.
- [211] See Pixel: Computational + Visual Processing for Design Drawing, <http://seepixel.wordpress.com>, 12 Eylül 2014.
- [212] Parametrik Tasarım AİBÜ'de, <http://www.ibu.edu.tr/index.php/tr/haberler-tr/1136-parametrik-tasarim-aibude->, 12 Eylül 2014.
- [213] Ertaş, H. (2011). "Mimarlıkta Parametrik Dönüşüm Tasarım Sürecine ve Eğitimine Nasıl Yansıyor?", XXI Dergisi, Söyleşi, Mayıs 2011, 32-38.

- [214] AR-media™ Plugin for Trimble SketchUp™, http://www.inglobetechnologies.com/en/new_products/arplugin_su/info.php, 12 Eylül 2014.
- [215] Mottle, J., (2012). IKEA's New Augmented Reality Catalog, <http://www.cgarchitect.com/2012/07/a-new-kind-of-catalog---ikea-introduces-augmented-reality>, 12 Eylül 2014.
- [216] IKEA Kataloğu, <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ikea.catalogue.android&hl=tr>, 12 Eylül 2014.
- [217] Höhl, W., (2009). "Interactive Environments with Open-Source Software: 3D Walkthroughs and Augmented Reality for Architects with Blender 2.43, DART 3.0 and ARToolKit 2.72", Springer, Wien.
- [218] Wolfgang Hoehl, <http://www.blendernetwork.org/wolfgang-hoehl>, 12 Eylül 2014.
- [219] Schiller J. ve Voisard, A., (2004). Location-Based Services, Morgan Kaufmann Publishers, ABD.
- [220] Goetz, A., (2011). Discover Philadelphia's Past On Top Of Its Present With Phillyhistory AR, <https://www.layar.com/news/blog/2011/05/20/discover-phildelphias-past-on-top-of-its-present-with-phillyhistory-ar/>, 12 Eylül 2014.
- [221] Augmented Reality and Landscape Architecture, <http://www.bitsketch.com/junaio.html>, 12 Eylül 2014.
- [222] Archinform, <http://eng.archinform.net/>, 12 Eylül 2014.
- [223] Cameron, C., (2010). Augmented Architecture from archINFORM Wins AR Developer Contest, http://readwrite.com/2010/08/10/augmented_architecture_from_archinform_wins_ar_developer_contest#awesm=~on2utznGIZA2JI, 12 Eylül 2014.
- [224] Introducing AR-works – 'Seeing is Believing', <http://www.ar-works.net/u/arworks/ar-works-dropdown.html>, 12 Eylül 2014.
- [225] Augmented Reality Sketching for Architectural Design - sketchand+, <http://technotecture.com/projects/sketchandplus>, 12 Eylül 2014.
- [226] Kato, H., (2000). "Virtual Object Manipulation of a Table-Top AR Environment" Proc. Int'l Symp. Augmented Reality (ISAR'00), 5-6 Ekim 2000, Münih.
- [227] Farnsworth House, <http://www.farnsworthhouse.org/>, 12 Eylül 2014.
- [228] Köymen, E., Tong, T., "Artırılmış Gerçeklik (Augmented Reality) Destekli bir Mimarlık Eğitim Modeli" VI. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu, Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Bursa.
- [229] Achten, H. vd., (2000). "Computational design research: the VR-DIS research programme." In Design Systems Reports, Design Research in the Netherlands. Eindhoven.

- [230] Do, Y. D., (1998). The Right Tool at Right Time: Investigation of Freehand Drawing as an Interface to Knowledge based Design Tools, Doktora Tezi, Georgia Institute of Technology, Atlanta.
- [231] Maket, <http://www.maketsehir.com.tr/maket,5449.html>, 12 Eylül 2014.
- [232] Modelleme Süreci, <http://www.mimarlikforumu.com/showthread.php?t=246>, 12 Eylül 2014.
- [233] Mercer, C., Media, D., How to Turn Scanned Hand Drawings Into AutoCAD Drawings, <http://smallbusiness.chron.com/turn-scanned-hand-drawings-autocad-drawings-47273.html>, 12 Eylül 2014.
- [234] Rivello, S. A., (2009), Augmented Reality Using A Webcam And Flash, http://www.adobe.com/devnet/flash/articles/augmented_reality.html, 12 Eylül 2014.
- [235] FLARSingleMarkerDetector, <http://www.libspark.org/browser/as3/FLARToolKit/trunk/src/org/libspark/flaretoolkit/detector/FLARSingleMarkerDetector.as>, 12 Eylül 2014.
- [236] Hirzer, M., (2008). "Marker Detection for Augmented Reality Applications", Computer Graphics and Vision Graz University of Technology, Technical Report, 27 Ekim 2008, Graz.
- [237] Sobel Operator, http://en.wikipedia.org/wiki/Sobel_operator, 12 Eylül 2014.
- [238] Canny Edge Detector, http://en.wikipedia.org/wiki/Canny_edge_detector, 12 Eylül 2014.
- [239] 3D Projection, http://en.wikipedia.org/wiki/3D_projection, 12 Eylül 2014.
- [240] Zatepyakin, E., (2011). CannyEdgeDetector, <https://code.google.com/p/in-spirit/wiki/CannyEdgeDetector>, 12 Eylül 2014.
- [241] Marching Squares, http://en.wikipedia.org/wiki/Marching_squares, 12 Eylül 2014.
- [242] Rosenstrom, S., (2009). Simple Shape Extruder using FP10 Drawing API, <http://www.sakri.net/blog/2009/03/10/simple-shape-extruder-using-fp10-drawing-api/>, 12 Eylül 2014.
- [243] Selinger, P. (2013). Potrace, <http://potrace.sourceforge.net/>, 12 Eylül 2014.
- [244] Ribbon3d, https://github.com/generative-design/Code-Package-Processing-2.x/blob/master/02_M/M_1_6_02_TOOL/Ribbon3d.pde, 12 Eylül 2014.
- [245] Drawing rectangle between two points with arbitrary width, <http://stackoverflow.com/questions/7854043/drawing-rectangle-between-two-points-with-arbitrary-width>, 12 Eylül 2014.
- [246] Triangulation, <http://en.wikipedia.org/wiki/Triangulation>, 12 Eylül 2014.
- [247] NyARToolkitCS, <http://nyatla.jp/nyartoolkit/wiki2/index.php?NyARToolkitCS.en>, 12 Eylül 2014.

SAMUEL ASHER RIVELLO'YA AİT "AUGMENTED REALITY 1.0" İSİMLİ AG UYGULAMASININ KODLARI

```
package {

//-----
// Imports
//-----
import flash.display.BitmapData;
import flash.display.Sprite;
import flash.events.Event;
import flash.media.Camera;
import flash.media.Video;
import flash.utils.ByteArray;

import org.libspark.flartoolkit.core.FLARCode;
import org.libspark.flartoolkit.detector.FLARSingleMarkerDetector;
import org.libspark.flartoolkit.pv3d.FLARBaseNode;
import org.libspark.flartoolkit.pv3d.FLARCamer3D;

import org.papervision3d.lights.PointLight3D;
import org.papervision3d.materials.shadematerials.FlatShadeMaterial;
import org.libspark.flartoolkit.core.param.FLARParam;
import org.libspark.flartoolkit.core.raster.rgb.FLARRgbRaster_BitmapData;
import org.libspark.flartoolkit.core.transmat.FLARTransMatResult;
import org.papervision3d.materials.utils.MaterialsList;
import org.papervision3d.objects.parsers.DAE;
import org.papervision3d.objects.primitives.Cube;
import org.papervision3d.render.BasicRenderEngine;
import org.papervision3d.scenes.Scene3D;
import org.papervision3d.view.Viewport3D;

//-----
// Class Definition
//-----
public class AugmentedReality extends Sprite
{

//-----
// Class Properties
//-----

// 1. WebCam
private var video : Video;
private var webcam : Camera;
```

```

// 2. FLAR Marker Detection
private var flarBaseNode          : FLARBaseNode;
private var flarParam             : FLARParam;
private var flarCode              : FLARCode;
private var flarRgbRaster_BitmapData : FLARRgbRaster_BitmapData;
private var flarSingleMarkerDetector : FLARSingleMarkerDetector;
private var flarCamera3D          : FLARCamera3D;
private var flarTransMatResult    : FLARTransMatResult;
private var bitmapData            : BitmapData;
private var FLAR_CODE_SIZE        : uint      = 16;
private var MARKER_WIDTH          : uint      = 80;

[Embed(source="./assets/FLAR/FLARPattern.pat",
mimeType="application/octet-stream")]
private var Pattern : Class;

[Embed(source="./assets/FLAR/FLARCameraParameters.dat",
mimeType="application/octet-stream")]
private var Params : Class;

// 3. PaperVision3D
private var basicRenderEngine : BasicRenderEngine;
private var viewport3D        : Viewport3D;
private var scene3D           : Scene3D;
private var collada3DModel    : DAE;

// Fun, Editable Properties
private var VIDEO_WIDTH          : Number = 640;           //Set 100
to 1000 to set width of screen
private var VIDEO_HEIGHT        : Number = 480;           //Set 100
to 1000 to set height of screen
private var WEB_CAMERA_WIDTH    : Number = VIDEO_WIDTH/2; //Smaller
than video runs faster
private var WEB_CAMERA_HEIGHT   : Number = VIDEO_HEIGHT/2; //Smaller
than video runs faster
private var VIDEO_FRAME_RATE    : Number = 30;           //Set 5 to
30. Higher values = smoother video
private var DETECTION_THRESHOLD : uint   = 80;           //Set 50
to 100. Set to detect marker more accurately.
private var DETECTION_CONFIDENCE : Number = 0.5;          //Set 0.1
to 1. Set to detect marker more accurately.
private var MODEL_SCALE         : Number = 0.0175;        //Set 0.01
to 5. Set higher to enlarge model

// Fun, Editable Properties: Load a Different Model
private var COLLADA_3D_MODEL    : String =
"./assets/models/tower/models/tower.dae";

//-----
// Constructor
//-----

/**
 * The constructor is the ideal place
 * for project setup since it only runs once.
 * Prepare A,B, & C before repeatedly running D.
 */
public function AugmentedReality ()
{
    // Prepare
    prepareWebCam();           //Step A
    prepareMarkerDetection();  //Step B
    preparePaperVision3D();    //Step C

```

```

        // Repeatedly call the loop method
        // to detect and adjust the 3D model.
        addEventListener(Event.ENTER_FRAME,
loopToDetectMarkerAndUpdate3D); //Step D
    }

//-----
//  Methods
//-----

/**
 * A. Access the user's webcam, wire it
 * to a video object, and display the
 * video onscreen.
 */
private function prepareWebCam () : void
{
    video = new Video(VIDEO_WIDTH, VIDEO_HEIGHT);
    webcam = Camera.getCamera();
    webcam.setMode(WEB_CAMERA_WIDTH, WEB_CAMERA_HEIGHT, VIDEO_FRAME_RATE);
    video.attachCamera(webcam);
    addChild(video);
}

/**
 * B. Prepare the FLAR tools to detect with
 * parameters, the marker pattern, and
 * a BitmapData object to hold the information
 * of the most recent webcam still-frame.
 */
private function prepareMarkerDetection () : void
{
    // The parameters file corrects imperfections
    // In the webcam's image. The pattern file
    // defines the marker graphic for detection
    // by the FLAR tools.
    flarParams = new FLARParam();
    flarParams.loadARParam(new Params() as ByteArray);
    flarCode = new FLARCode (FLAR_CODE_SIZE, FLAR_CODE_SIZE);
    flarCode.loadARPatt(new Pattern());

    // A BitmapData is Flash's version of a JPG image in memory.
    // FLAR studies this image every frame with its
    // marker-detection code.
    bitmapData = new BitmapData(VIDEO_WIDTH, VIDEO_HEIGHT);
    bitmapData.draw(video);
    flarRgbRaster_BitmapData = new FLARRgbRaster_BitmapData(bitmapData);
    flarSingleMarkerDetector = new FLARSingleMarkerDetector (flarParams,
flarCode, MARKER_WIDTH);
}

/**
 * C. Create PaperVision3D's 3D tools including
 * a scene, a base node container to hold the
 * 3D Model, and the loaded 3D model itself.
 */
private function preparePaperVision3D () : void
{
    // Basics of the empty 3D scene fit for
    // FLAR detection inside a 3D render engine.
    basicRenderEngine = new BasicRenderEngine();
    flarTransMatResult = new FLARTransMatResult();
    viewport3D = new Viewport3D();

```

```

        flarCamera3D          = new FLARCamera3D(flarParam);
        flarBaseNode          = new FLARBaseNode();
        scene3D               = new Scene3D();
        scene3D.addChild(flarBaseNode);

        // Load, scale, and position the model
        // The position and rotation will be
        // adjusted later in method D below.
        collada3DModel = new DAE ();
        collada3DModel.load(COLLADA_3D_MODEL);
        collada3DModel.scaleX = collada3DModel.scaleY = collada3DModel.scaleZ
= MODEL_SCALE;
        //collada3DModel.z = 5;           //Moves Model 'Up' a Line
        Perpendicular to Marker
        collada3DModel.rotationX = 90; //Rotates Model Around 2D X-Axis of
        Marker
        collada3DModel.rotationY = 0; //Rotates Model Around 2D Y-Axis of
        Marker
        collada3DModel.rotationZ = 45; //Rotates Model Around a Line
        Perpendicular to Marker

        // Add the 3D model into the
        // FLAR container and add the
        // 3D cameras view to the screen
        // so the user can view the result
        flarBaseNode.addChild(collada3DModel);
        addChild (viewport3D);
    }

    /**
     * D. Detect the marker in the webcam. If
     * found: move, scale, and rotate the
     * 3D model to composite it over the marker
     * in the user's physical space.
     */
    private function loopToDetectMarkerAndUpdate3D (aEvent : Event) : void
    {

        // Copy the latest still-frame of the webcam video
        // into the BitmapData object for detection
        bitmapData.draw(video);

        try {

            // Detect *IF* the marker is found in the latest still-frame
            if( flarSingleMarkerDetector.detectMarkerLite
(flarRgbRaster_BitmapData, DETECTION_THRESHOLD) &&
            flarSingleMarkerDetector.getConfidence() >
DETECTION_CONFIDENCE
            ) {

                // Repeatedly Loop and Adjust 3D Model to Match Marker

                flarSingleMarkerDetector.getTransformMatrix(flarTransMatResult);
                flarBaseNode.setTransformMatrix(flarTransMatResult);
                basicRenderEngine.renderScene(scene3D, flarCamera3D,
viewport3D);
            }
        } catch (error : Error) {}
    }
}
}

```

GELİŞTİRİLEN YAZILIMIN (SketchAR), PROGRAM DÖNGÜSÜ VE DUVAR ÇİZİMİNİ GERÇEKLEYEN KODLARINDAN BİR KISMI

...

```

public override void Loop()
{
    if (Settings.Instance.DirectShowCamera == null ||
        Settings.Instance.MarkerSystem == null ||
        Settings.Instance.D3DRender == null)
        return;
    lock (Settings.Instance.DirectShowCamera)
    {
        Settings.Instance.MarkerSystem.update(Settings.Instance.DirectShowCamera);
        Device.BeginScene();
        Device.Clear(ClearFlags.Target | ClearFlags.ZBuffer, Color.Black, 1.0f,
0);
        Settings.Instance.D3DRender.drawBackground(Device,
Settings.Instance.DirectShowCamera.getSourceImage());

        //Draw wall
        if (Settings.Instance.WallMarkerIndex != -1 &&
Settings.Instance.MarkerSystem.isExistMarker(Settings.Instance.WallMarkerIndex
))
        {
            DrawWall();
        }
        Device.EndScene();
        Device.BeginScene();
        //Draw meshes
        foreach (var markerBase in Settings.Instance.MarkerList)
        {
            if (!markerBase.MeshVisible || markerBase.Mesh == null ||
!Settings.Instance.MarkerSystem.isExistMarker(markerBase.MarkerIndex))
                continue;

            var transformMat = Matrix.Scaling((float)markerBase.MeshScale,
(float)markerBase.MeshScale, (float)markerBase.MeshScale);
            transformMat *= Matrix.Translation(markerBase.MeshOffset);
            transformMat *=
Matrix.RotationX(Geometry.DegreeToRadian(markerBase.MeshRotation.X));
            transformMat *=
Matrix.RotationY(Geometry.DegreeToRadian(markerBase.MeshRotation.Y));

```

```

        transformMat *=
Matrix.RotationZ(Geometry.DegreeToRadian(markerBase.MeshRotation.Z));
        transformMat *=
Settings.Instance.MarkerSystem.getD3dMarkerMatrix(markerBase.MarkerIndex);
        Device.SetTransform(TransformType.World, transformMat);

        for (var i = 0; i < markerBase.Materials.Length; i++)
        {
            // Set the material and texture for this subset.
            Device.Material = markerBase.Materials[i];
            if (markerBase.Textures[i] != null)
                Device.SetTexture(0, markerBase.Textures[i]);

            // Draw the mesh subset.
            markerBase.Mesh.DrawSubset(i);
        }
    }

    _arialBold.DrawText(null, string.Format("{0} FPS", CalculateFrameRate()),
15, 15, Color.White);

    Device.EndScene();
}
Device.Present();

}

private void DrawWall()
{
    var markerMatrix =
Settings.Instance.MarkerSystem.getD3dMarkerMatrix(Settings.Instance.WallMarker
Index);
    Device.SetTransform(TransformType.World, Matrix.Identity);

    #region Edge Detect and Marching Square

    #endregion

    var coloredBitmap = ((NyARBitmapRaster)
(Settings.Instance.DirectShowCamera.getSourceImage())).getBitmap();
    Bitmap grayBitmap;
    using (Profiler.Trace("Convert To Grayscale: "))
    {
        var markerRect =
Settings.Instance.MarkerSystem.getMarkerVertex2D(Settings.Instance.WallMarkerI
ndex);

        var colorFiltering = new ColorFiltering();
        colorFiltering.FillColor = new RGB(Color.Black);
        // set color ranges to keep
        colorFiltering.Red = new IntRange(Settings.Instance.ColorFilterRMin,
Settings.Instance.ColorFilterRMax);
        colorFiltering.Green = new IntRange(Settings.Instance.ColorFilterRMin,
Settings.Instance.ColorFilterRMax);
        colorFiltering.Blue = new IntRange(Settings.Instance.ColorFilterRMin,
Settings.Instance.ColorFilterRMax);
        // apply the filter
        colorFiltering.ApplyInPlace(coloredBitmap);

        if (Settings.Instance.ApplyMedian)
        {
            var mediaFilter = new Median();
            // apply the filter
            mediaFilter.ApplyInPlace(coloredBitmap);
        }
    }
}

```

```

        var grayscaleFilter = new Grayscale(0.2125, 0.7154, 0.0721);
        grayBitmap = grayscaleFilter.Apply(coloredBitmap);
    }

    using (Profiler.Trace("Potrace"))
    {
        if (_potraceSkipFrameIndex == 0)
        {
            var matrix = Potrace.BitMapToBinary(
                grayBitmap,
                Settings.Instance.PoTraceTreshold);
            _listOfCurveArray = new ArrayList();
            Potrace.potrace_trace(matrix, _listOfCurveArray);

            _listOfCurveArray = optimizePoTraceCurves(_listOfCurveArray);
        }
        _potraceSkipFrameIndex++;
        if (_potraceSkipFrameIndex >= Settings.Instance.PoTraceSkipFrame)
            _potraceSkipFrameIndex = 0;
    }

    var arrayVertices = new List<CustomVertex.PositionColored>();
    var arrayIndices = new List<short>();

    var meshIndex = 0;
    foreach (ArrayList curveArray in _listOfCurveArray)
    {
        foreach (Potrace.Curve[] curves in curveArray)
        {
            foreach (var curve in curves)
            {
                var wallMarkerRect =
Settings.Instance.MarkerSystem.getMarkerVertex2D(Settings.Instance.WallMarkerIndex).Select(mr => new Vector2(mr.x, mr.y)).ToArray();
                wallMarkerRect = enlargeMarkerRect(wallMarkerRect,
Settings.Instance.MarkerPlaneEnlargement);

                if (IsPointInPolygon(wallMarkerRect, new Vector2((float)
curve.A.x, (float) curve.A.y)) &&
                    IsPointInPolygon(wallMarkerRect, new Vector2((float)
curve.B.x, (float) curve.B.y)))
                    continue;

                var inOtherMarkers = false;
                foreach (var markerBase in Settings.Instance.MarkerList)
                {
                    var markerBaseRect =
Settings.Instance.MarkerSystem.getMarkerVertex2D(markerBase.MarkerIndex).Select(mr => new Vector2(mr.x, mr.y)).ToArray();
                    markerBaseRect = enlargeMarkerRect(markerBaseRect,
Settings.Instance.MarkerPlaneEnlargement);
                    if (IsPointInPolygon(markerBaseRect, new Vector2((float)
curve.A.x, (float) curve.A.y)) &&
                        IsPointInPolygon(markerBaseRect, new Vector2((float)
curve.B.x, (float) curve.B.y)))
                    {
                        inOtherMarkers = true;
                        break;
                    }
                }
                if (inOtherMarkers)
                    continue;

                var p1 = new Vector3();

```



```

Settings.Instance.MarkerSystem.getMarkerPlanePos(Settings.Instance.WallMarkerIndex, (int)curve.A.x, (int)curve.A.y,
    ref p1);
var p2 = new Vector3();

Settings.Instance.MarkerSystem.getMarkerPlanePos(Settings.Instance.WallMarkerIndex, (int)curve.B.x, (int)curve.B.y,
    ref p2);

var rect = extrudeLineToRectangle(p1, p2,
Settings.Instance.WallWidth);

var startPoint3DBottomLeft = to3DWorldPoint(new Vector3(rect[0].X
+ 5, rect[0].Y + 5, p1.Z),
    markerMatrix);
var startPoint3DTopLeft =
    to3DWorldPoint(new Vector3(rect[0].X + 5, rect[0].Y + 5, p1.Z
+ Settings.Instance.WallHeight), markerMatrix);
var startPoint3DBottomRight = to3DWorldPoint(new Vector3(rect[1].X
+ 5, rect[1].Y + 5, p1.Z),
    markerMatrix);
var startPoint3DTopRight =
    to3DWorldPoint(new Vector3(rect[1].X + 5, rect[1].Y + 5, p1.Z
+ Settings.Instance.WallHeight), markerMatrix);

var endPoint3DBottomLeft = to3DWorldPoint(new Vector3(rect[2].X +
5, rect[2].Y + 5, p2.Z), markerMatrix);
var endPoint3DTopLeft =
    to3DWorldPoint(new Vector3(rect[2].X + 5, rect[2].Y + 5, p2.Z
+ Settings.Instance.WallHeight), markerMatrix);
var endPoint3DBottomRight = to3DWorldPoint(new Vector3(rect[3].X +
5, rect[3].Y + 5, p2.Z), markerMatrix);
var endPoint3DTopRight =
    to3DWorldPoint(new Vector3(rect[3].X + 5, rect[3].Y + 5, p2.Z
+ Settings.Instance.WallHeight), markerMatrix);

var wallColor = Settings.Instance.WallColor.ToArgb();
arrayVertices.AddRange(new[]
{
    new CustomVertex.PositionColored(startPoint3DBottomLeft,
wallColor), // 0
    new CustomVertex.PositionColored(startPoint3DBottomRight,
wallColor), // 1
    new CustomVertex.PositionColored(startPoint3DTopLeft,
wallColor), // 2
    new CustomVertex.PositionColored(startPoint3DTopRight,
wallColor), // 3
    new CustomVertex.PositionColored(endPoint3DBottomLeft,
wallColor), // 4
    new CustomVertex.PositionColored(endPoint3DBottomRight,
wallColor), // 5
    new CustomVertex.PositionColored(endPoint3DTopLeft,
wallColor), // 6
    new CustomVertex.PositionColored(endPoint3DTopRight,
wallColor), // 7
});

#region old

#endregionregion

var leftbottomfront = (short) (0 + meshIndex*8);
var rightbottomfront = (short) (1 + meshIndex*8);
var lefttopfront = (short) (2 + meshIndex*8);

```

```

var righttopfront = (short) (3 + meshIndex*8);
var leftbottomback = (short) (4 + meshIndex*8);
var rightbottomback = (short) (5 + meshIndex*8);
var lefttopback = (short) (6 + meshIndex*8);
var righttopback = (short) (7 + meshIndex*8);

meshIndex++;

arrayIndices.AddRange(new[]
{
    // Left faces
    lefttopfront, lefttopback, leftbottomback, // 0
    leftbottomback, leftbottomfront, lefttopfront, // 1

    // Front faces
    lefttopfront, leftbottomfront, rightbottomfront, // 2
    rightbottomfront, righttopfront, lefttopfront, // 3

    // Right faces
    righttopback, righttopfront, rightbottomfront, // 4
    rightbottomfront, rightbottomback, righttopback, // 5

    // Back faces
    leftbottomback, lefttopback, righttopback, // 6
    righttopback, rightbottomback, leftbottomback, // 7

    // Top faces
    righttopfront, righttopback, lefttopback, // 8
    lefttopback, lefttopfront, righttopfront, // 9

    // Bottom faces
    leftbottomfront, leftbottomback, rightbottomback, // 10
    rightbottomback, rightbottomfront, leftbottomfront // 11
});

#region old

    #endregion
}
}

if (arrayIndices.Count != 0 && arrayVertices.Count != 0)
{
    var mesh = new Mesh(arrayIndices.Count/3, arrayVertices.Count,
        MeshFlags.Managed,
        CustomVertex.PositionColored.Format,
        Device);
    var attributeRange = new AttributeRange
    {
        AttributeId = 0,
        FaceStart = 0,
        FaceCount = arrayIndices.Count/3,
        VertexStart = 0,
        VertexCount = arrayVertices.Count
    };

    mesh.VertexBuffer.SetData(arrayVertices.ToArray(), 0, LockFlags.None);
    mesh.IndexBuffer.SetData(arrayIndices.ToArray(), 0, LockFlags.None);
    mesh.SetAttributeTable(new[] {attributeRange});
}

```

```

    Mesh tempMesh = mesh.Clone(mesh.Options.Value, mesh.VertexFormat |
VertexFormats.Normal, Device);
    tempMesh.ComputeNormals();
    mesh.Dispose();
    mesh = tempMesh;

    var adjacency = new int[mesh.NumberFaces*3];
    mesh.GenerateAdjacency(float.Epsilon, adjacency);
    // this will still generate an attribute table (on its own, though)
    mesh.OptimizeInPlace(MeshFlags.OptimizeAttributeSort, adjacency);

    Device.Material = new Material();
    if (Settings.Instance.DrawWall)
        mesh.DrawSubset(0);

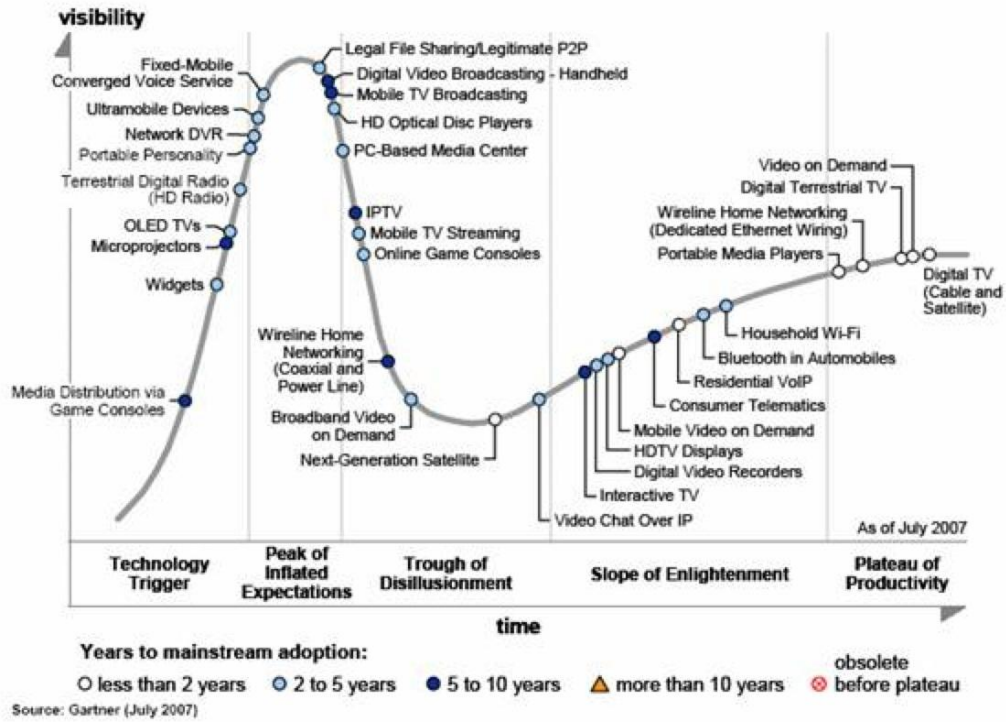
    mesh.Dispose();
}

...

```

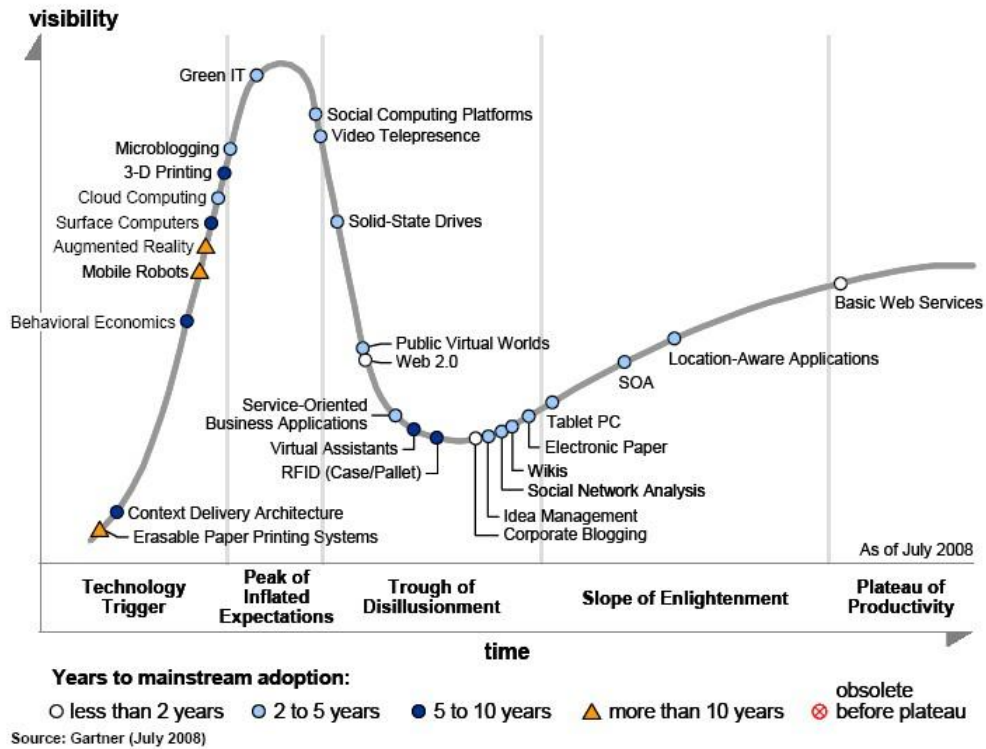
2007-2013 YILLARI ARASI HYPE-CYCLE GRAFİKLERİ

Figure 1. Hype Cycle for Consumer Technologies, 2007

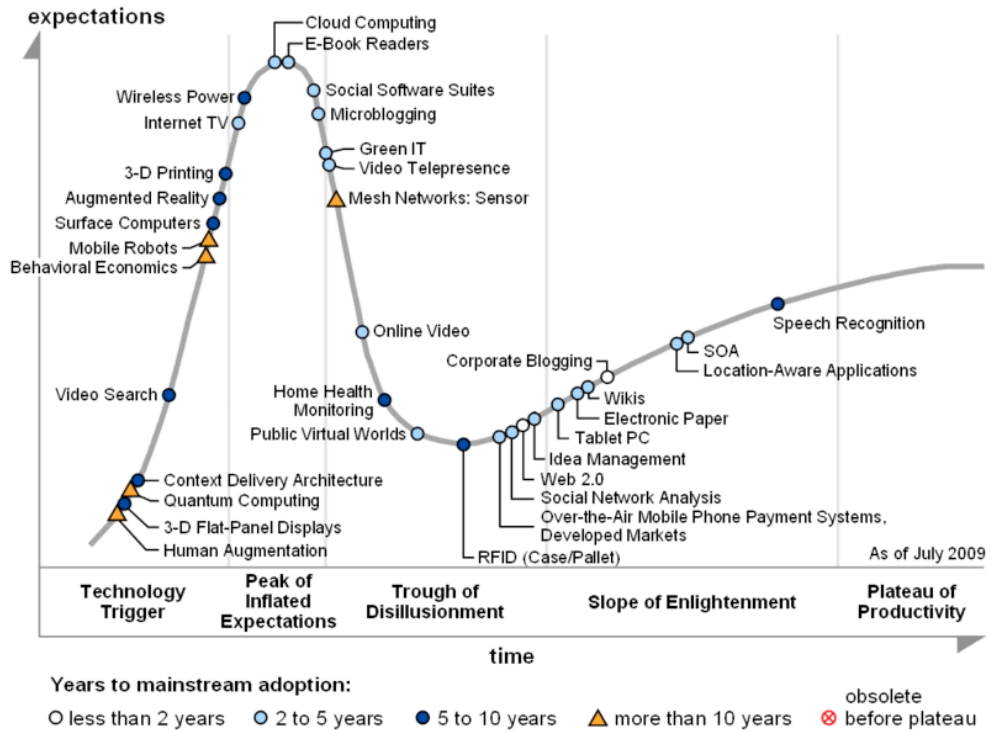


2007 yılına ait Hype-Cycle Grafiği

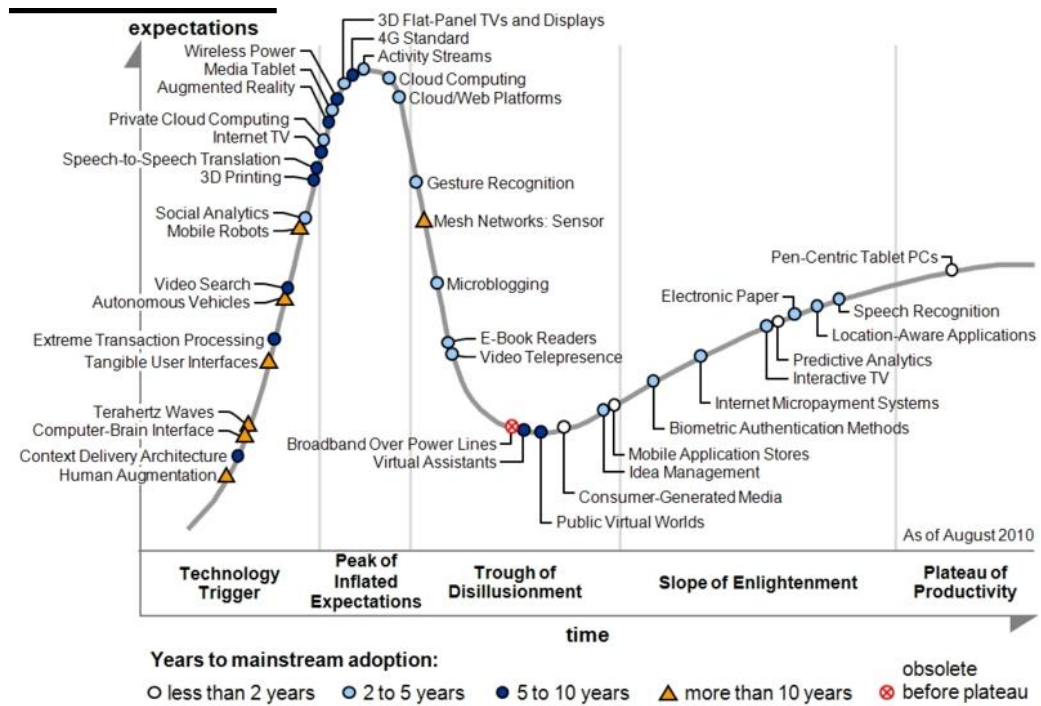
Figure 1. Hype Cycle for Emerging Technologies, 2008



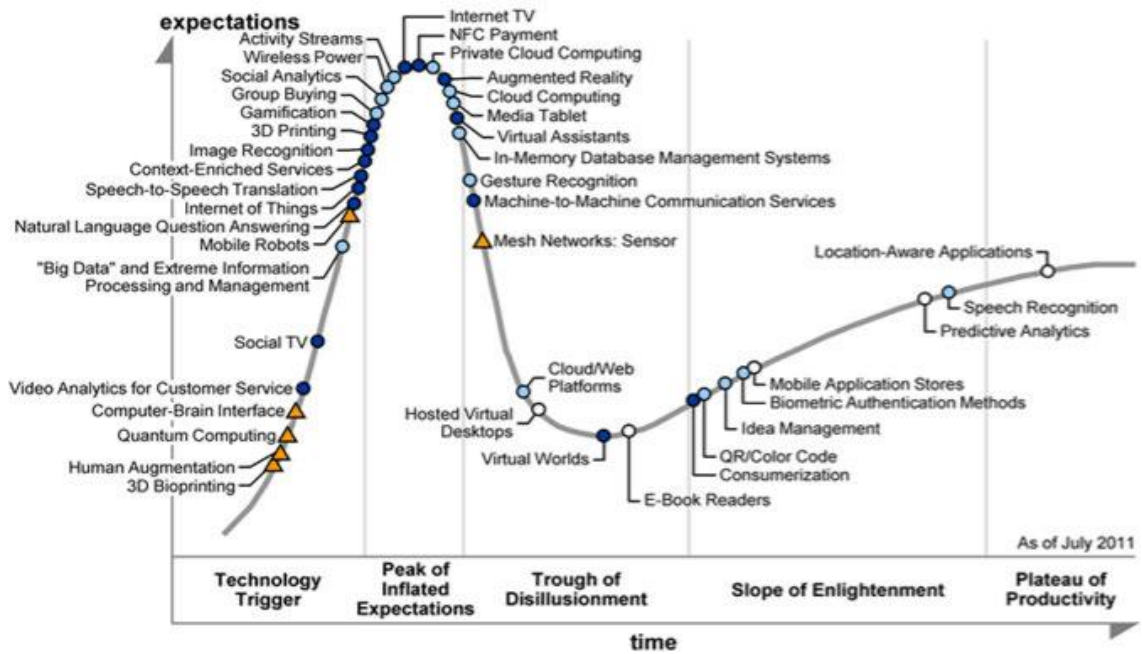
2008 yılına ait Hype-Cycle Grafiği



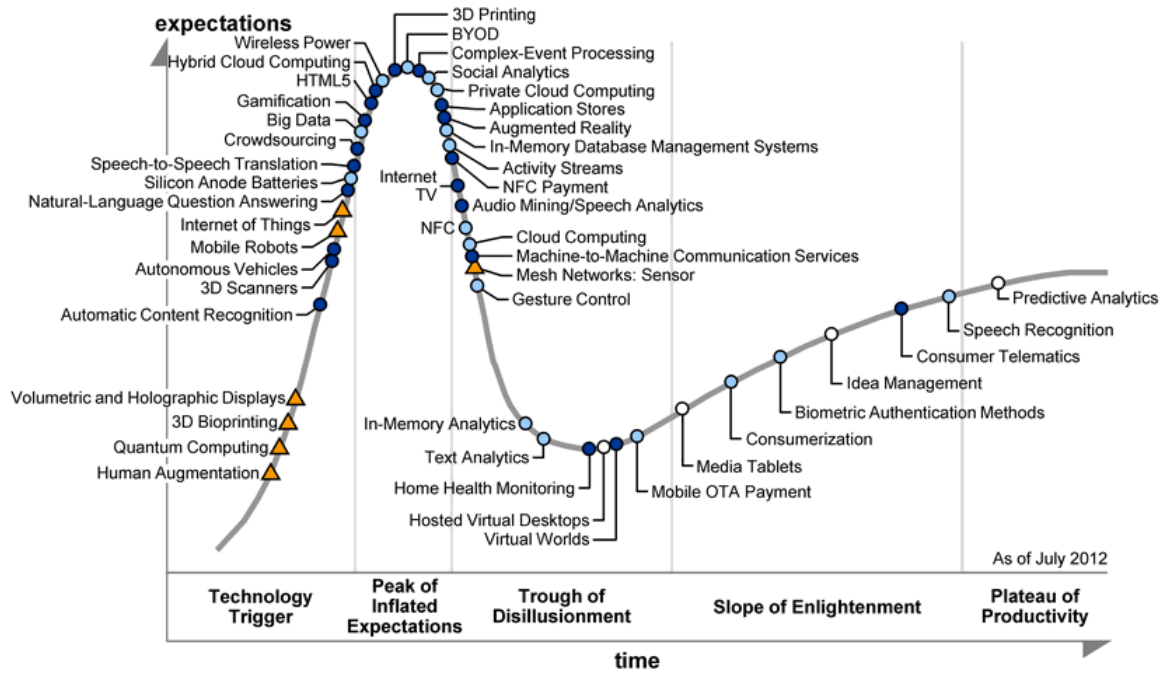
2009 yılına ait Hype-Cycle Grafiği



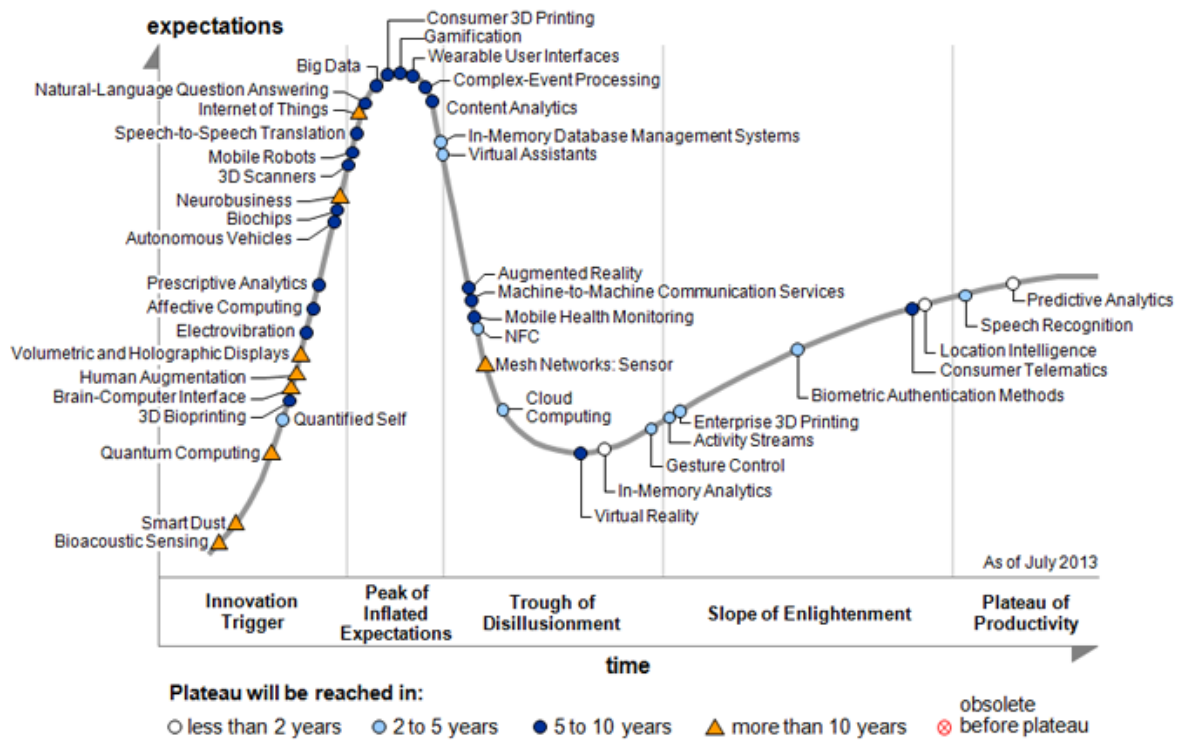
2010 yılına ait Hype-Cycle Grafiği



2011 yılına ait Hype-Cycle Grafiği

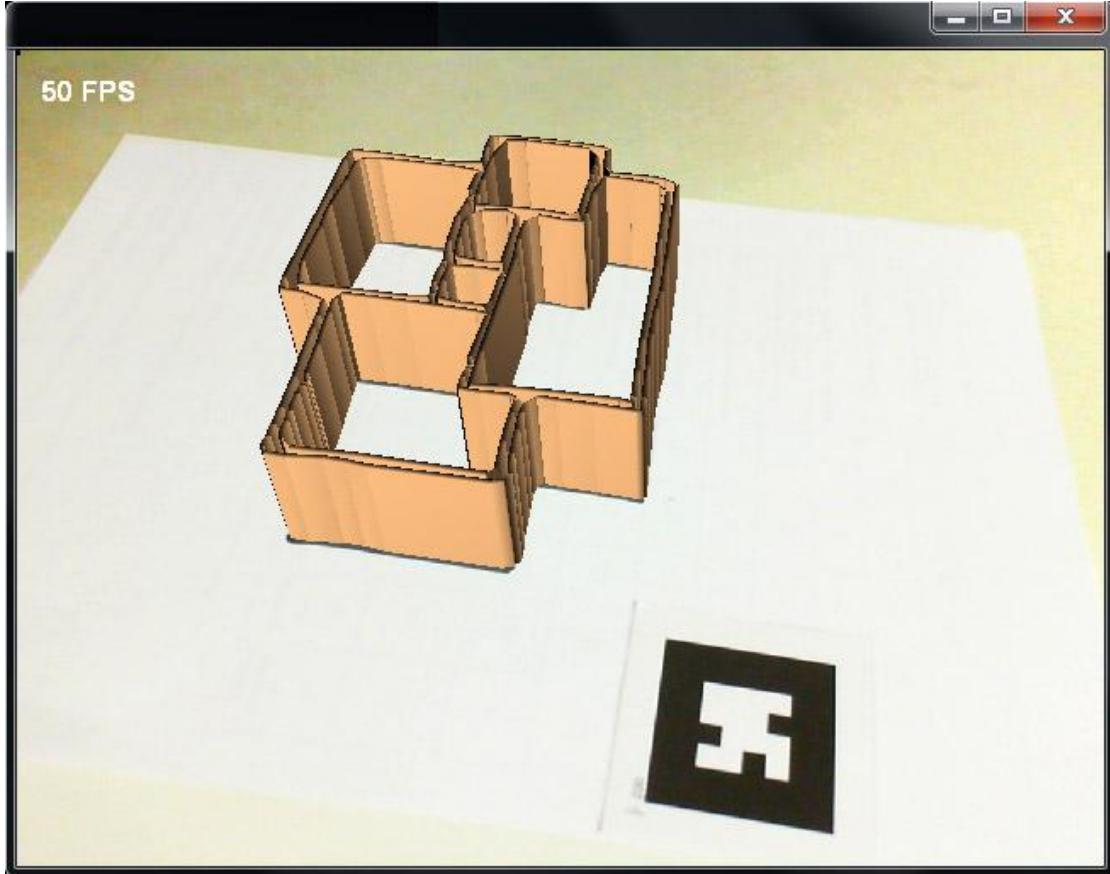
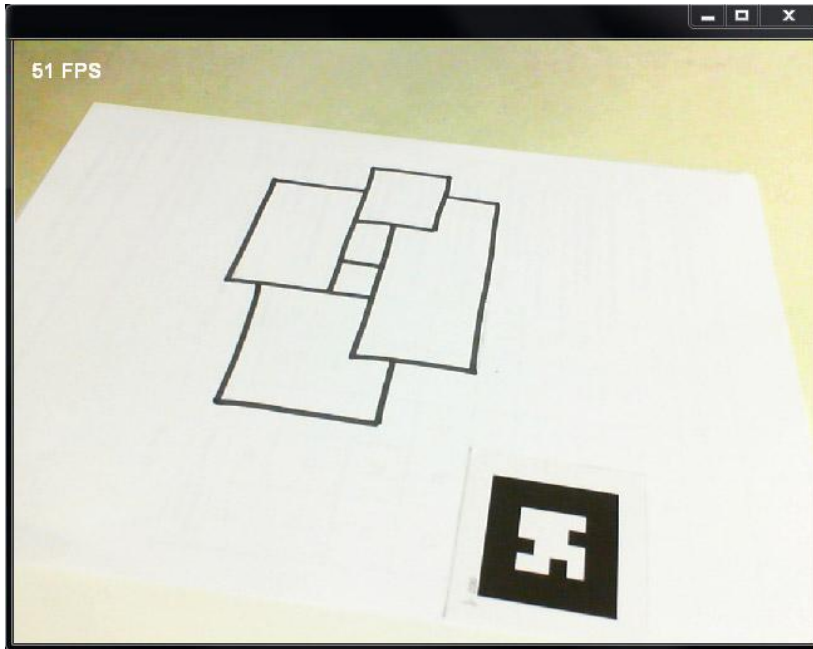


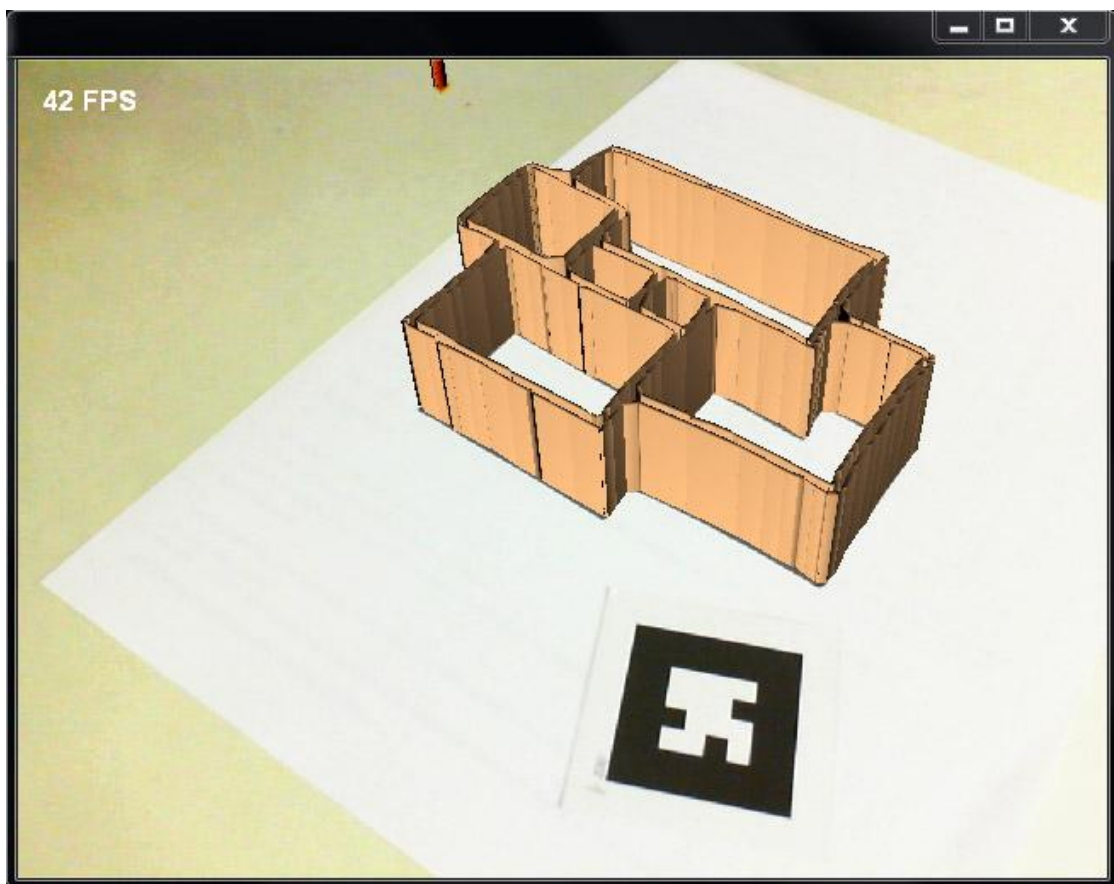
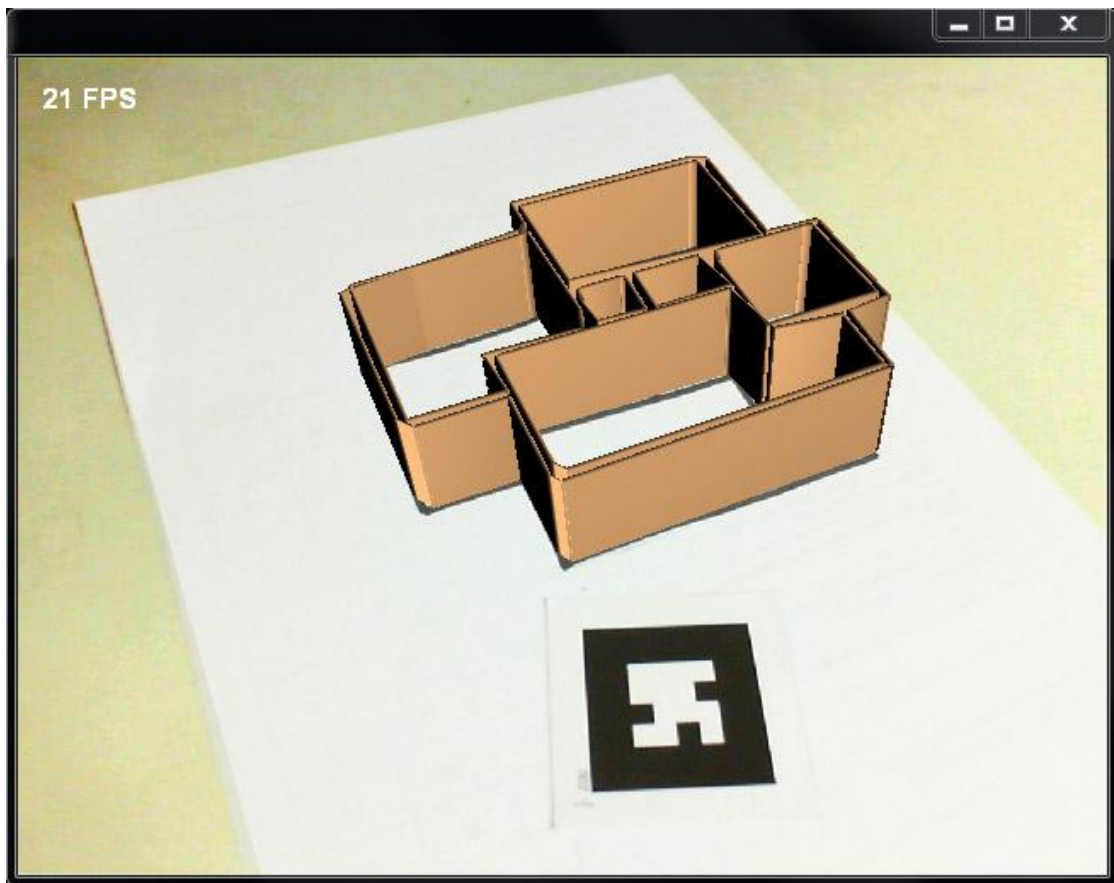
2012 yılına ait Hype-Cycle Grafiği

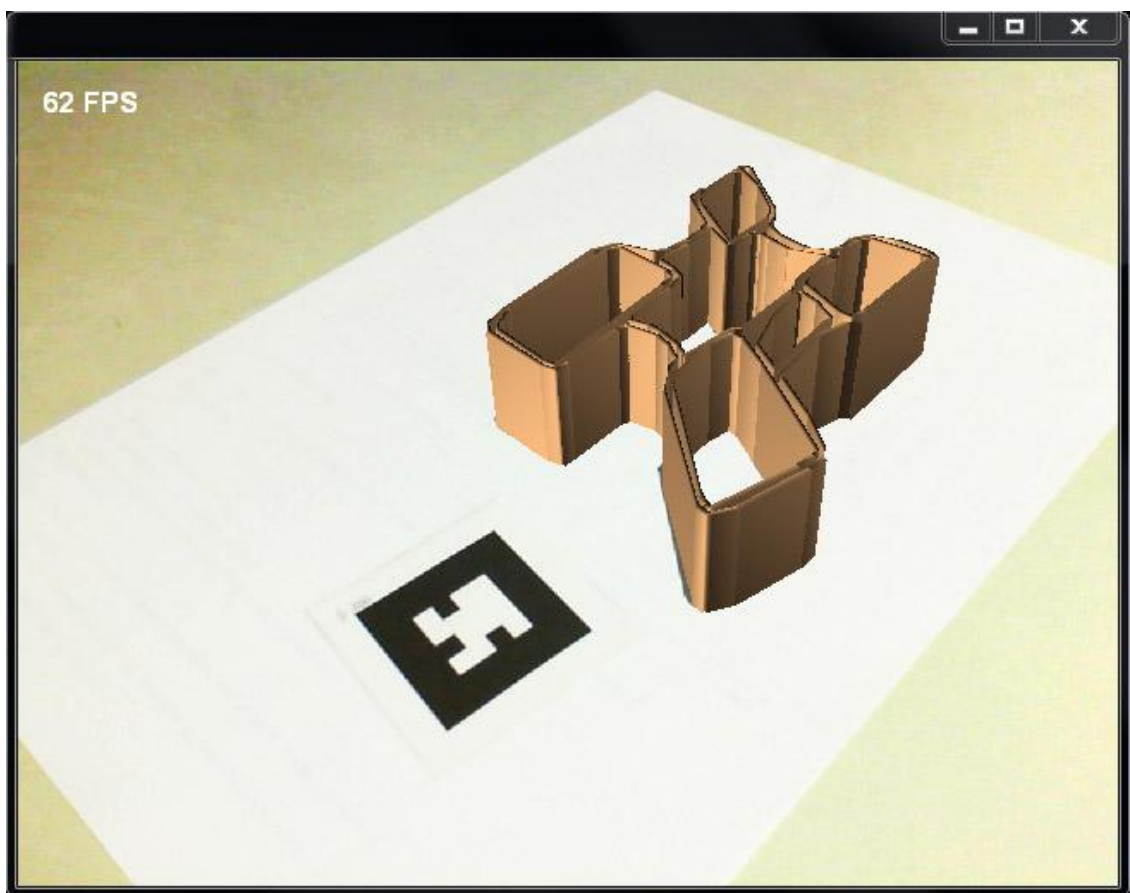
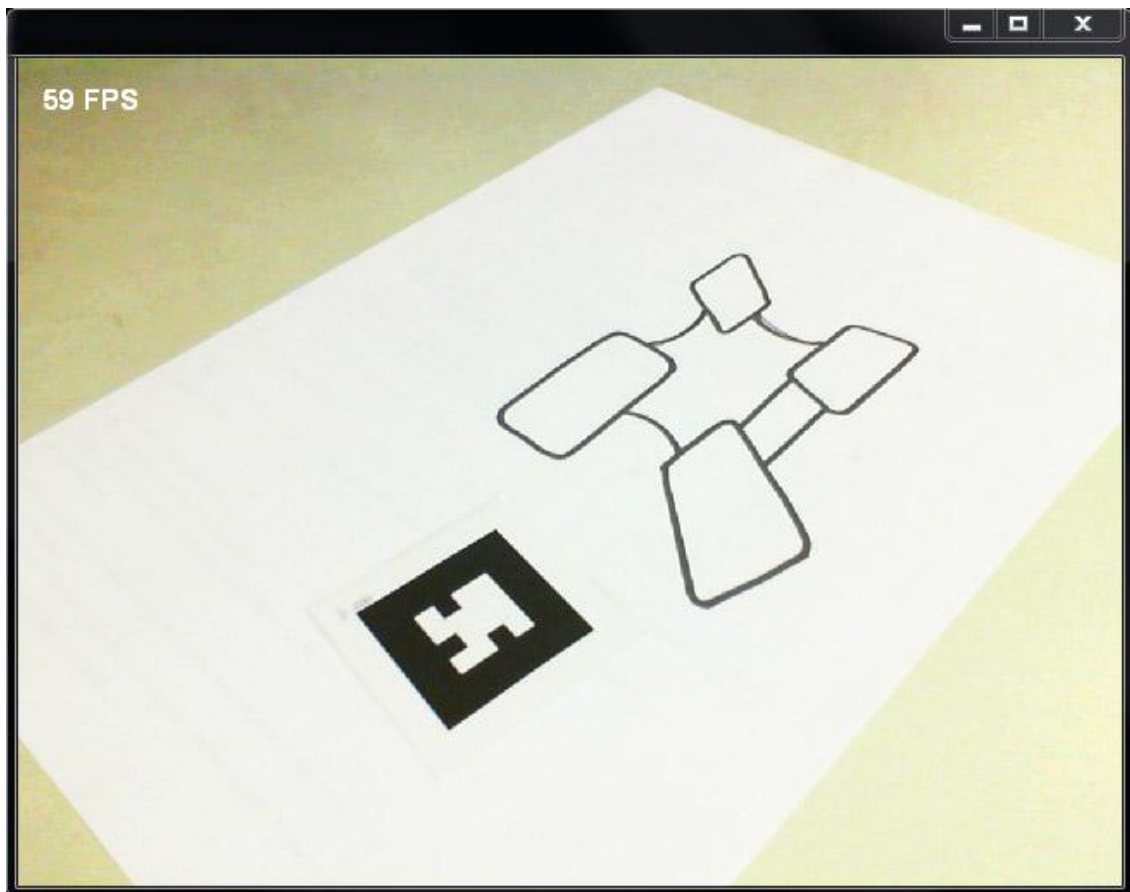


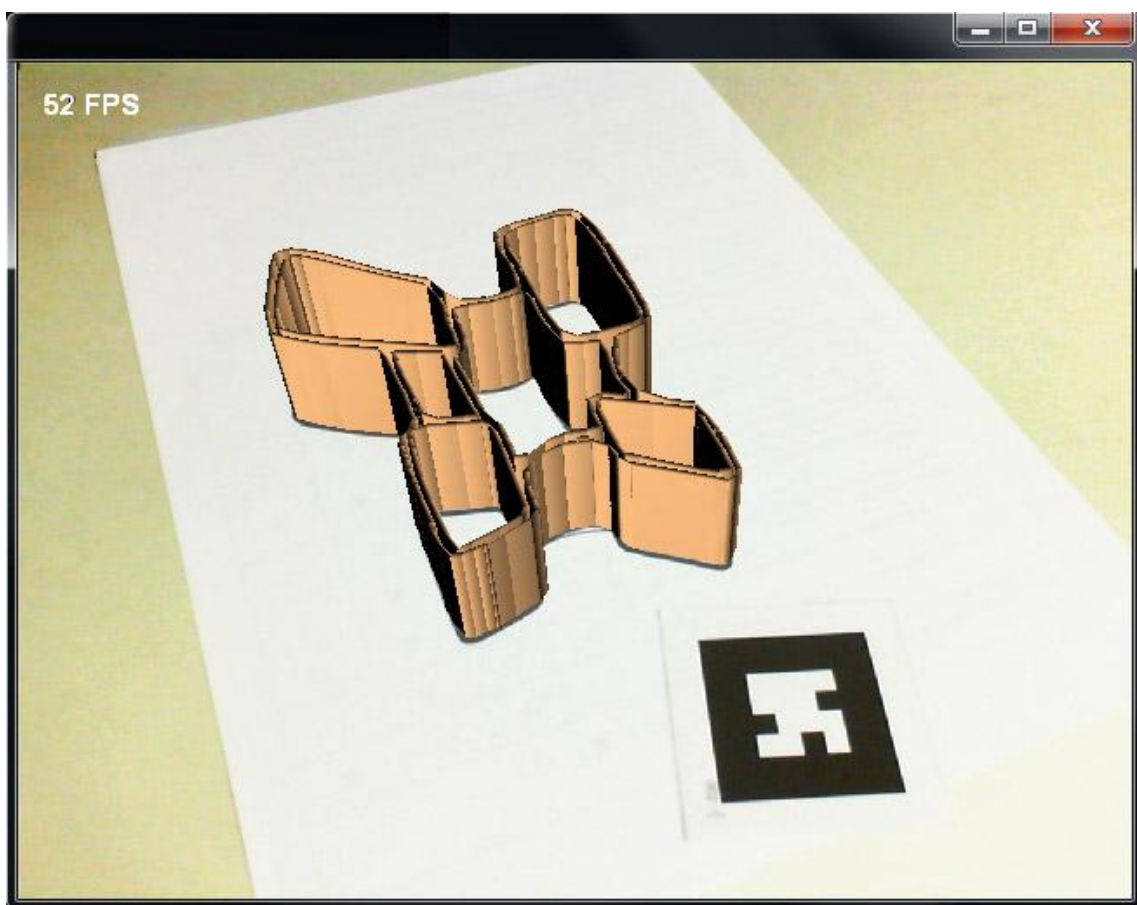
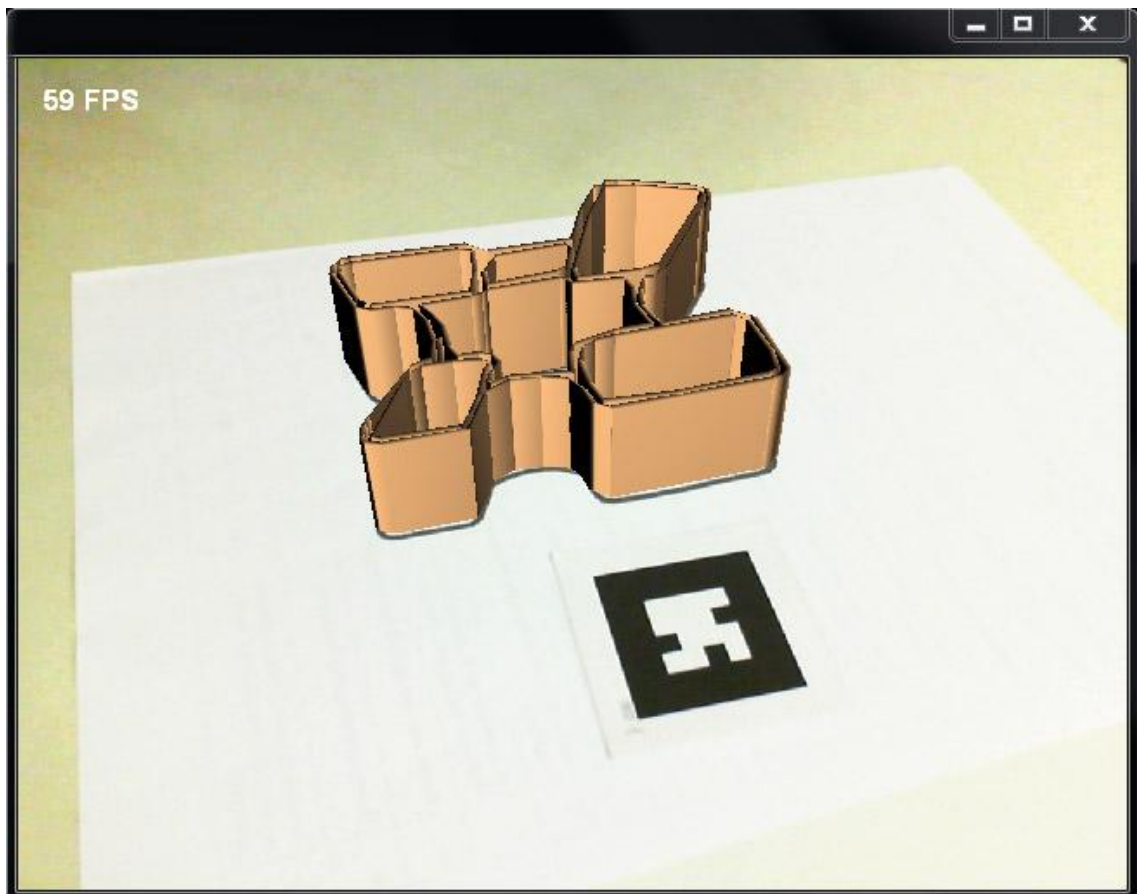
2013 yılına ait Hype-Cycle Grafiği

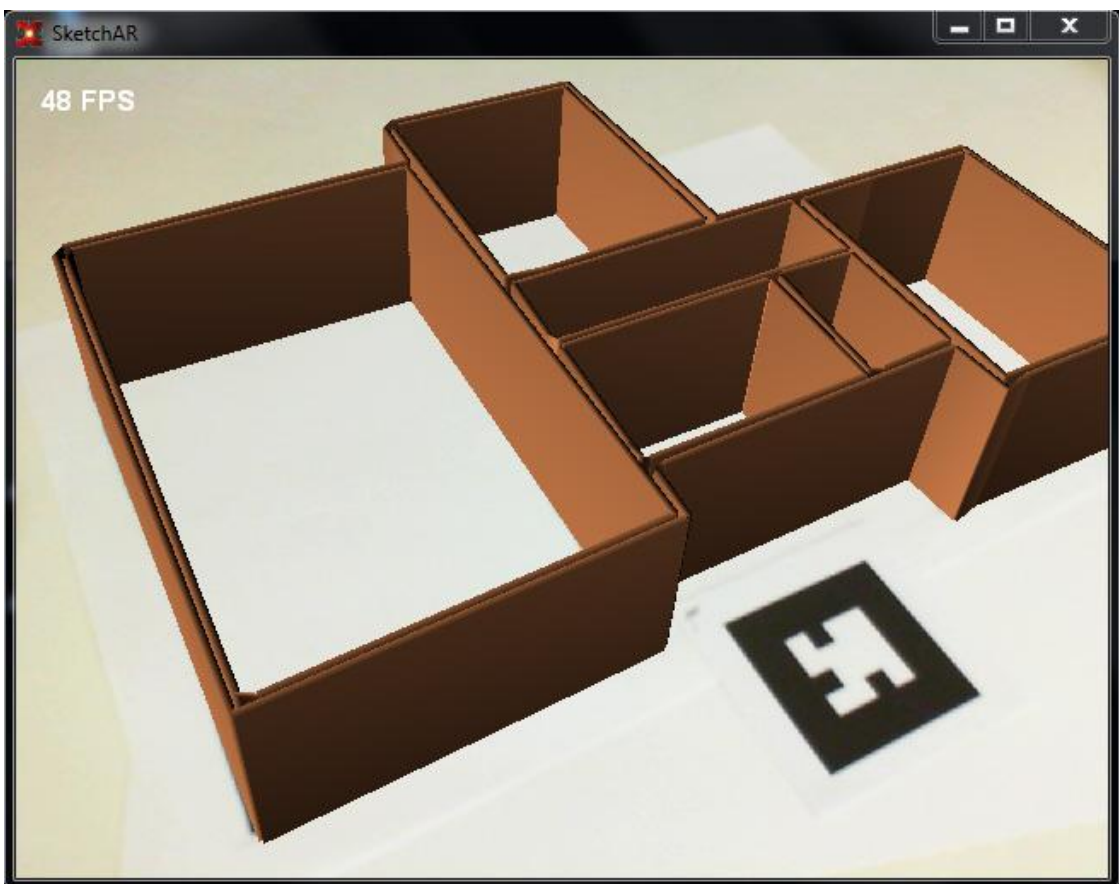
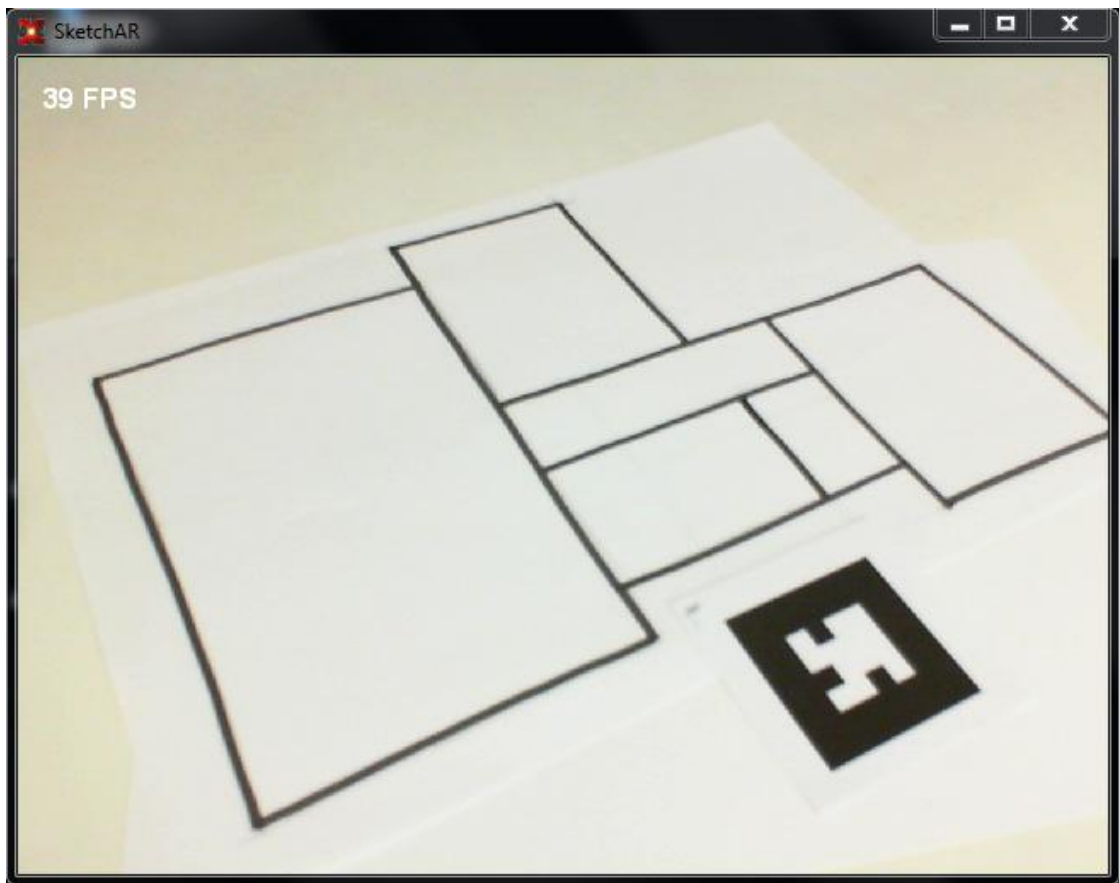
SKETCHAR'IN ÇALIŞMASINDAN ÇEŞİTLİ ÖRNEKLER

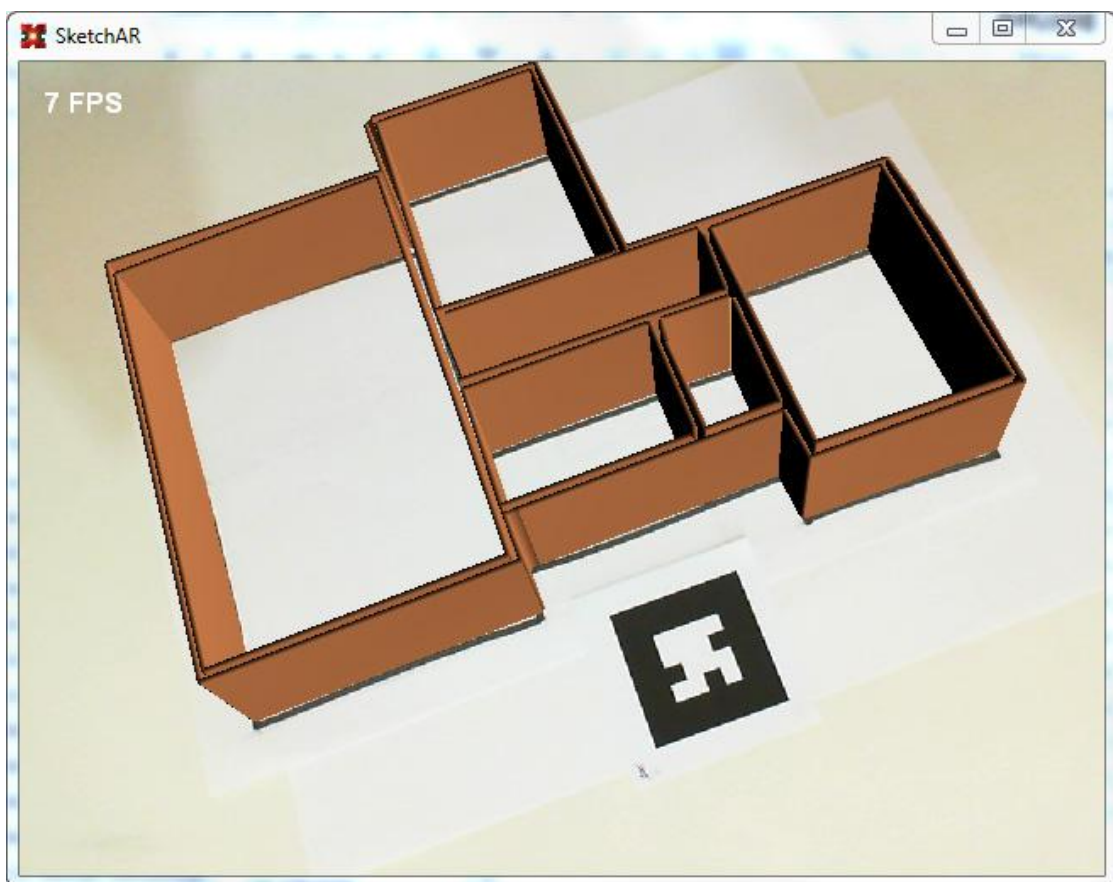
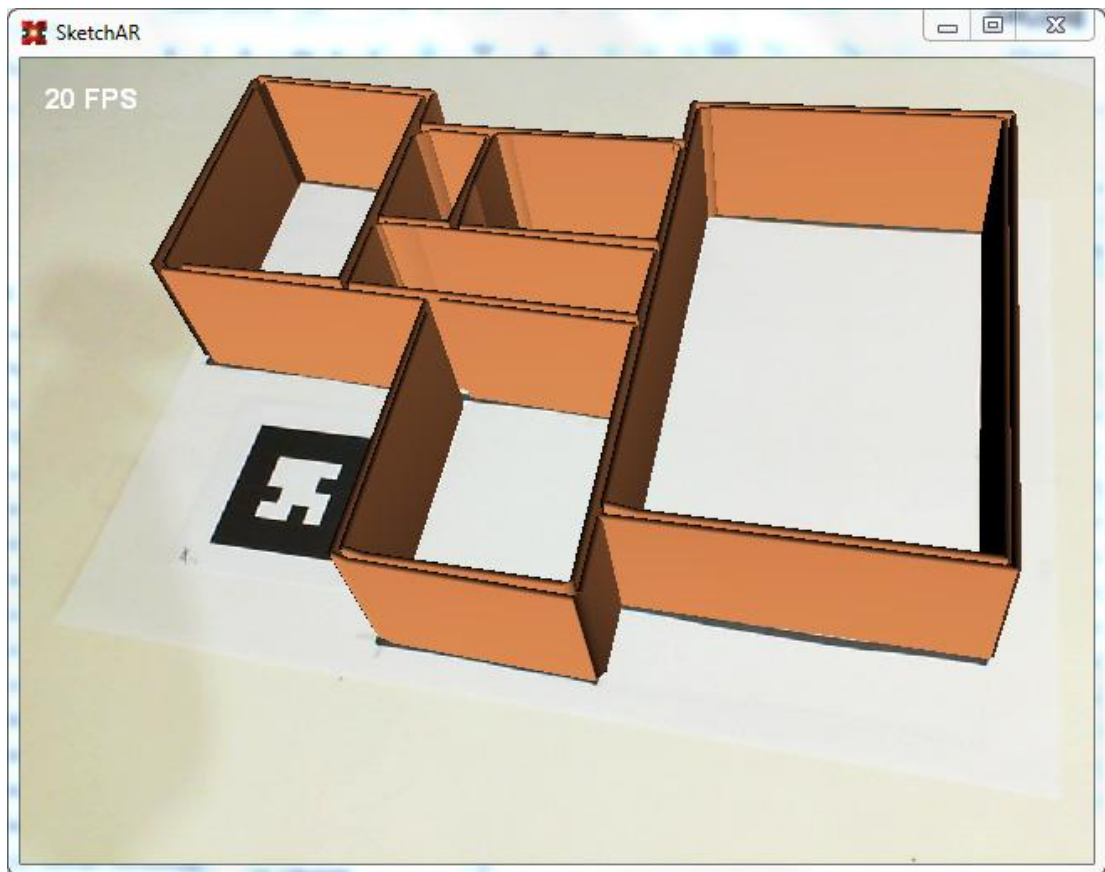


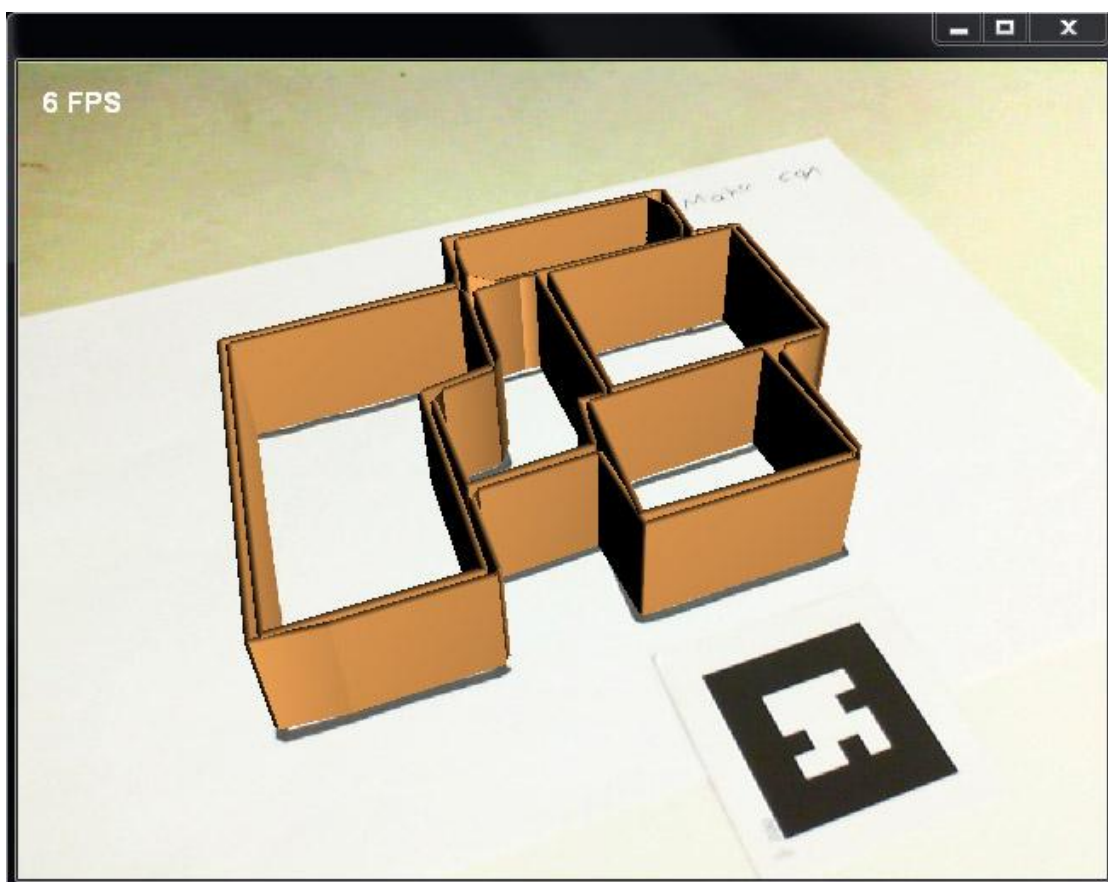
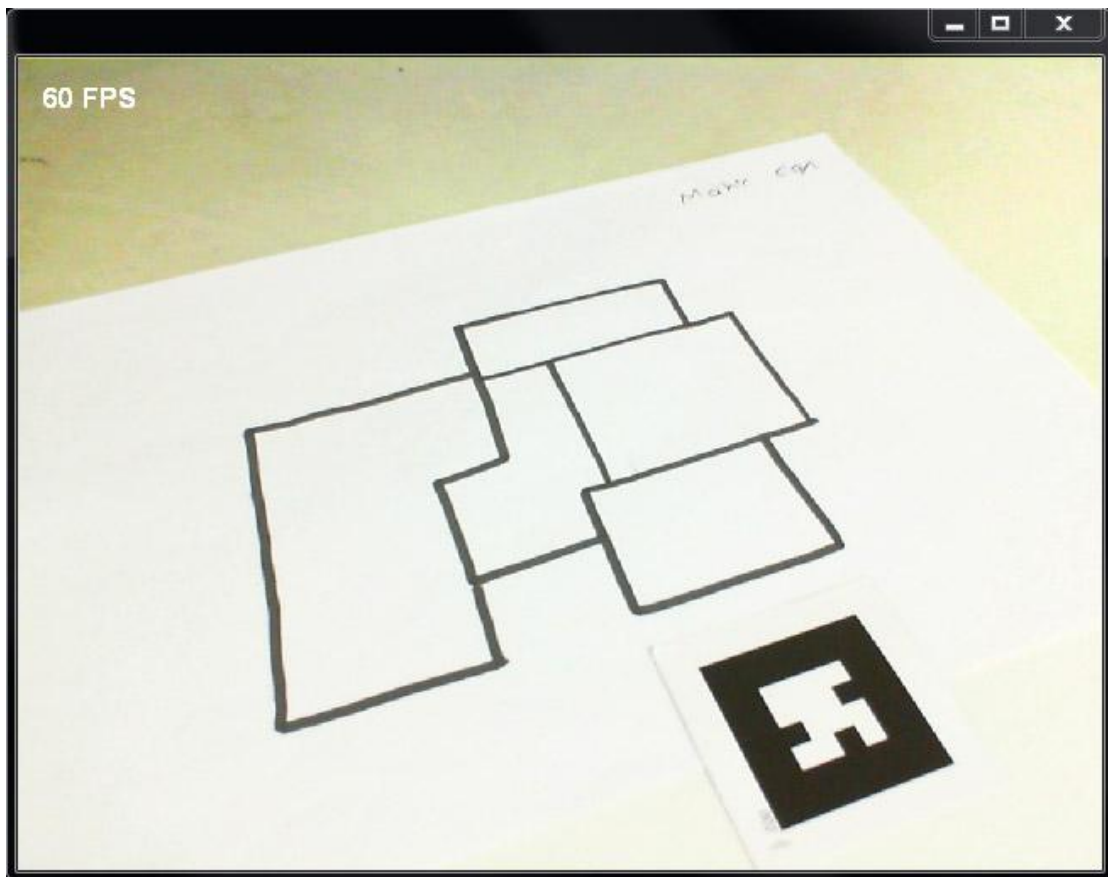


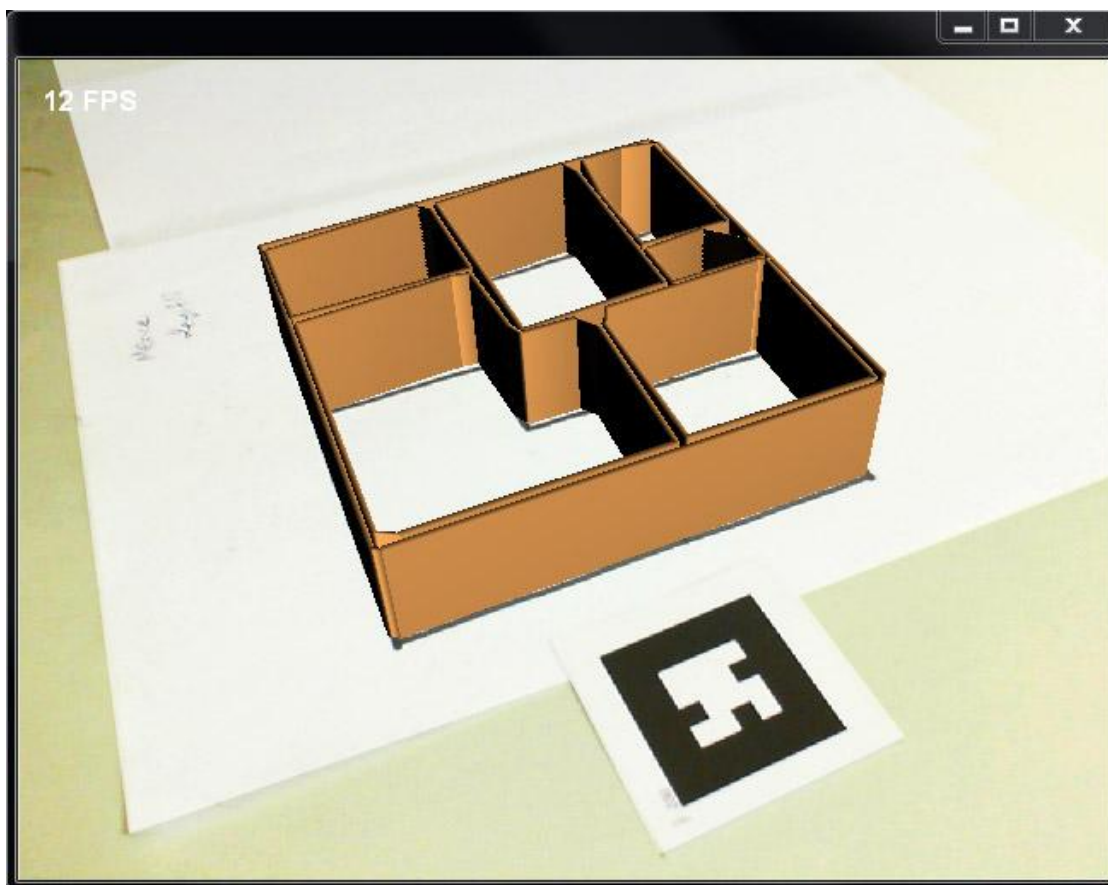
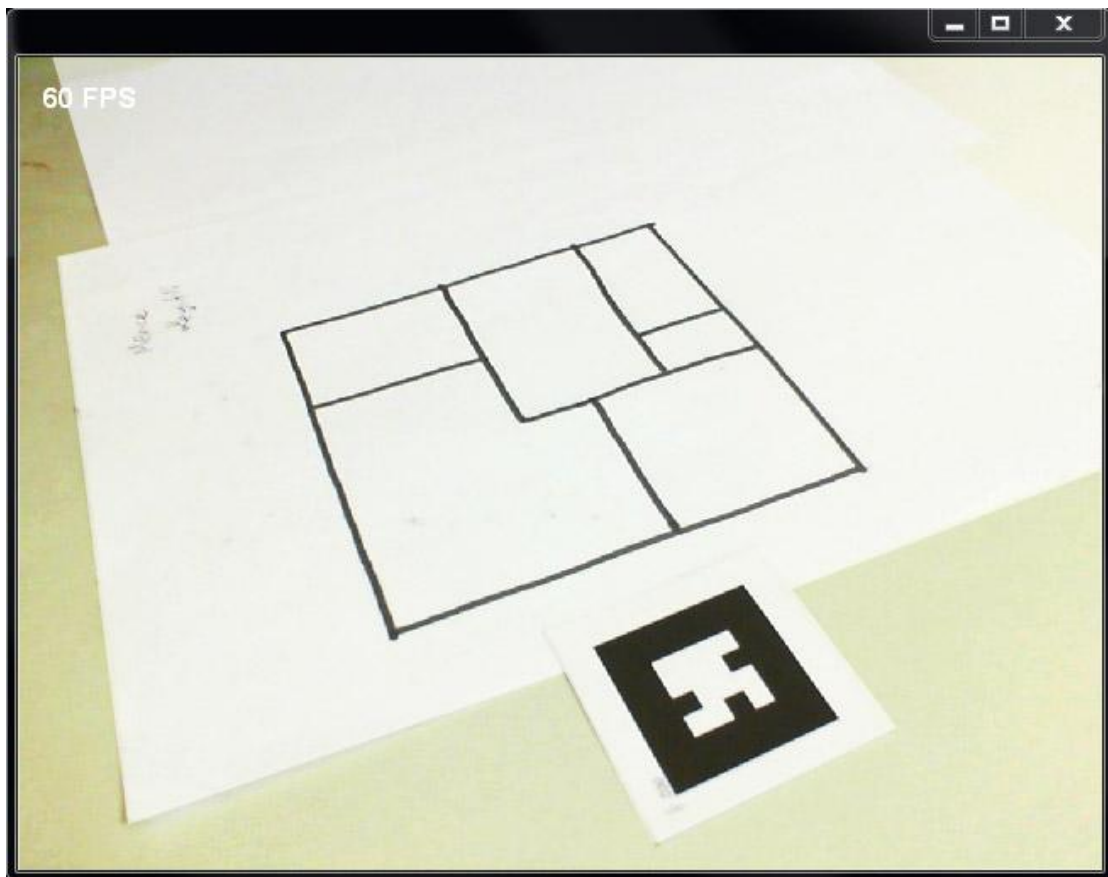


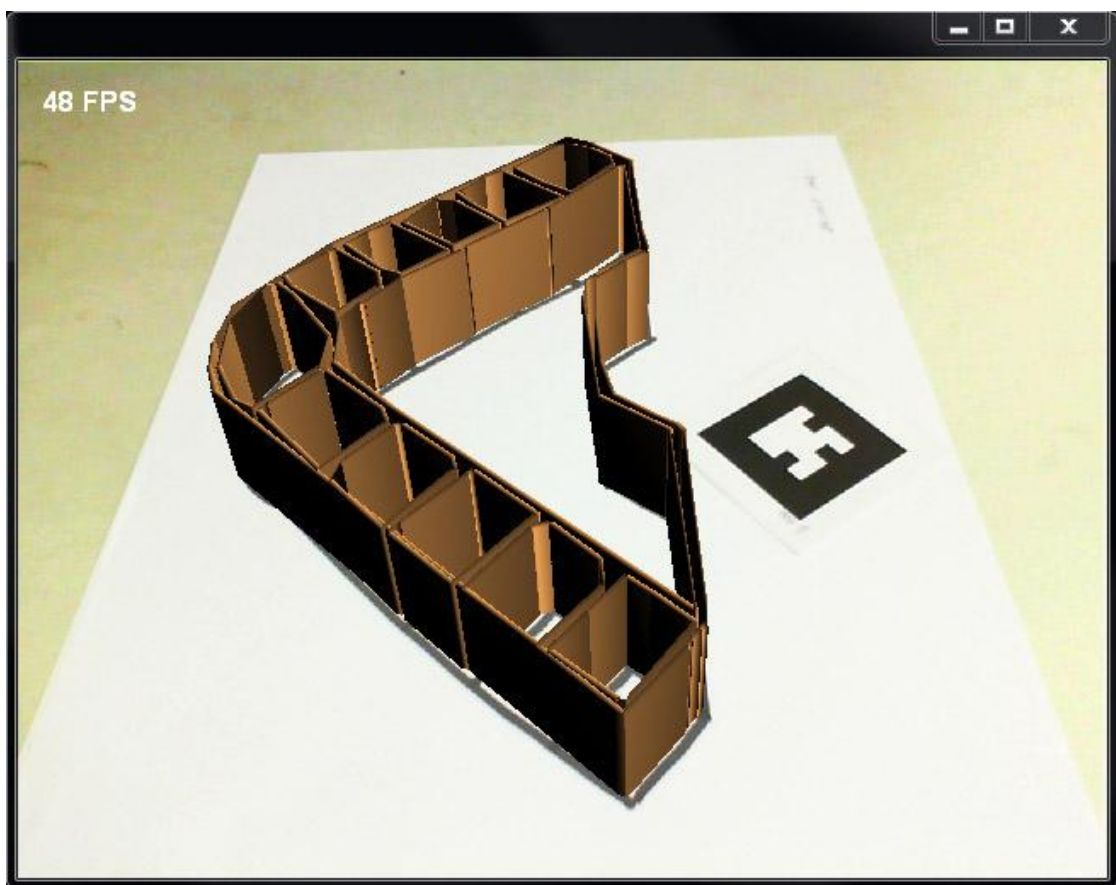
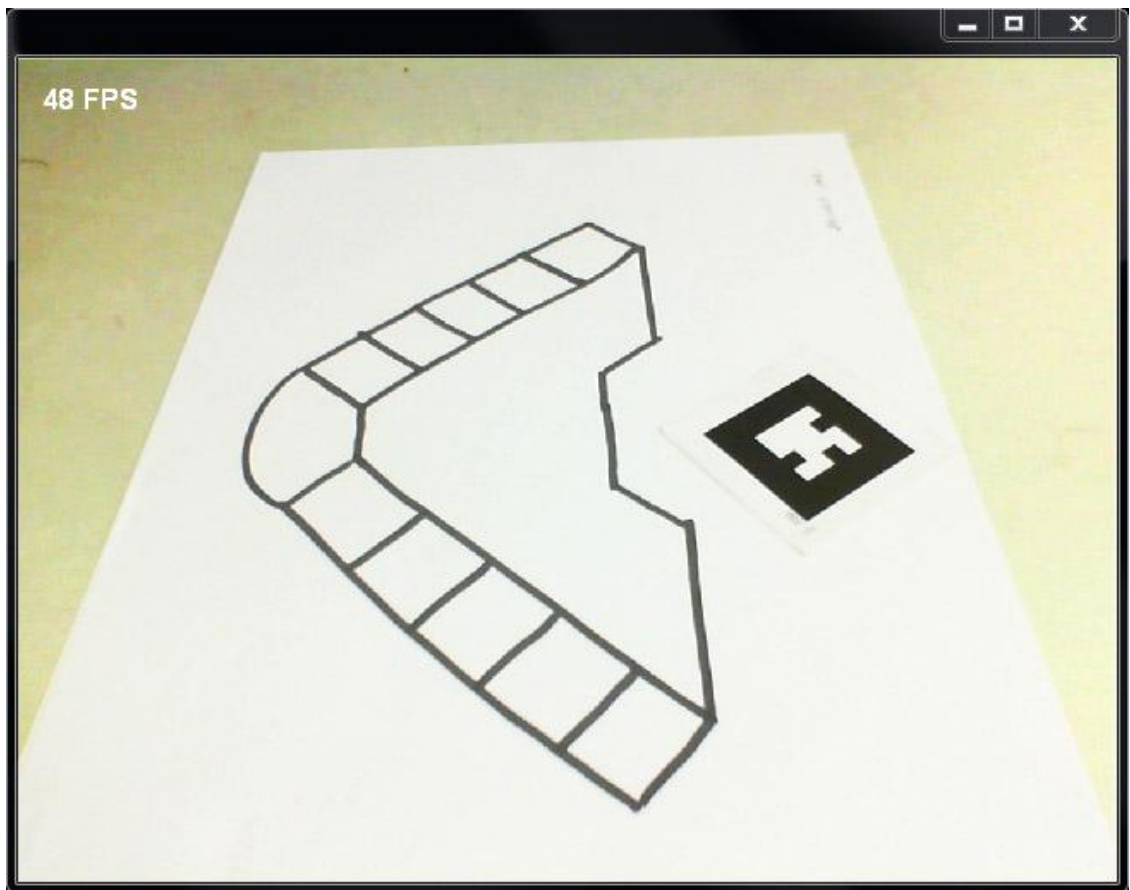


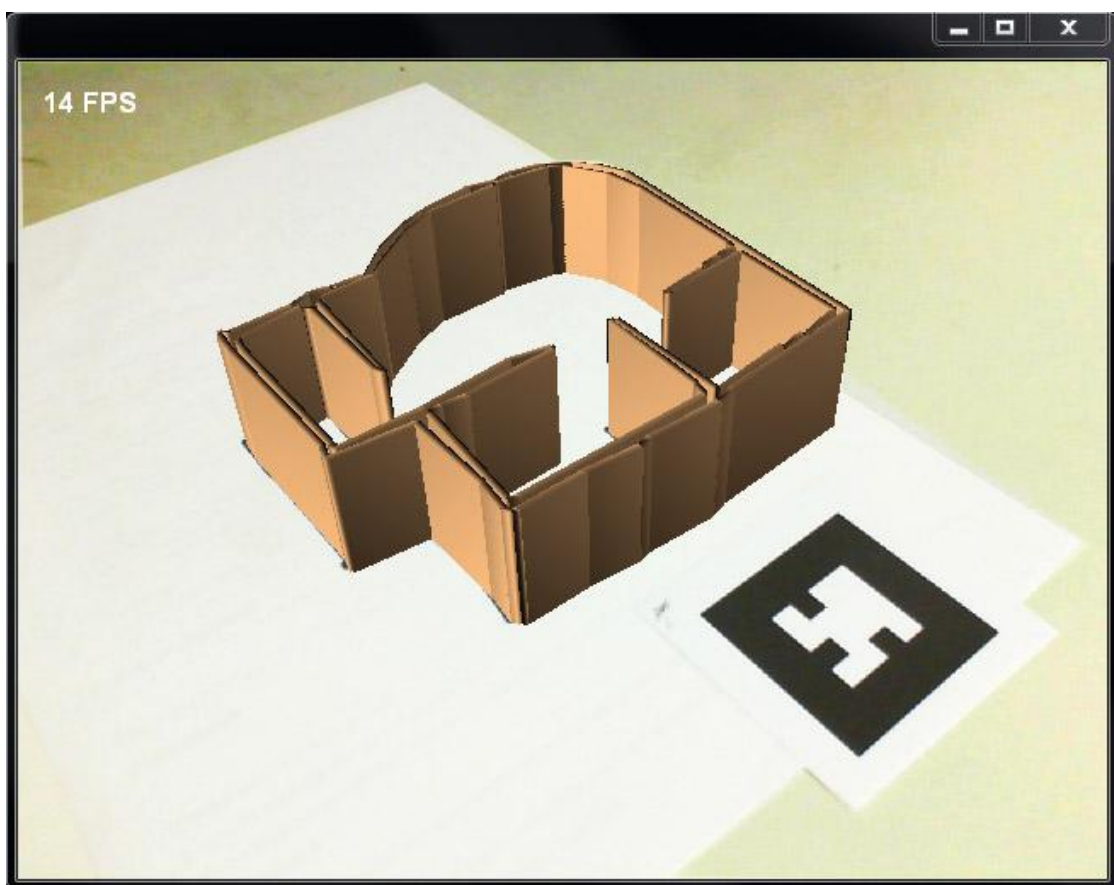
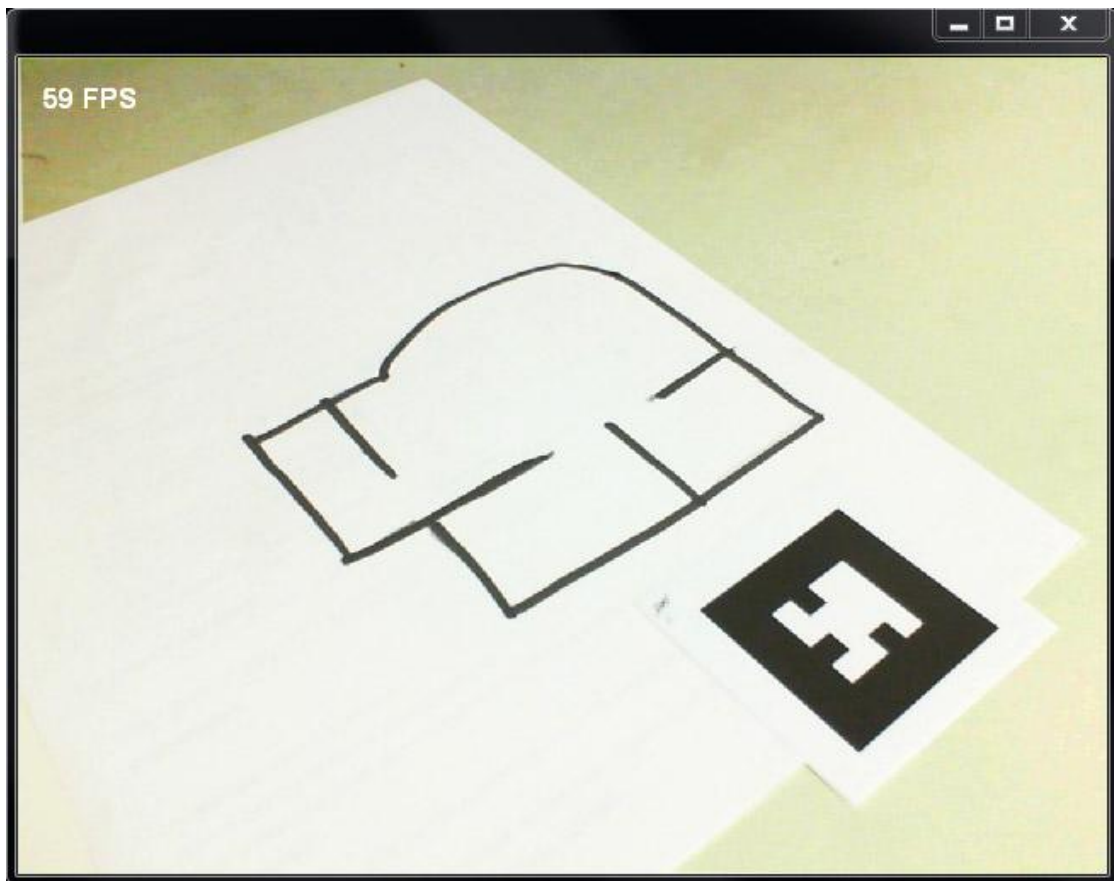


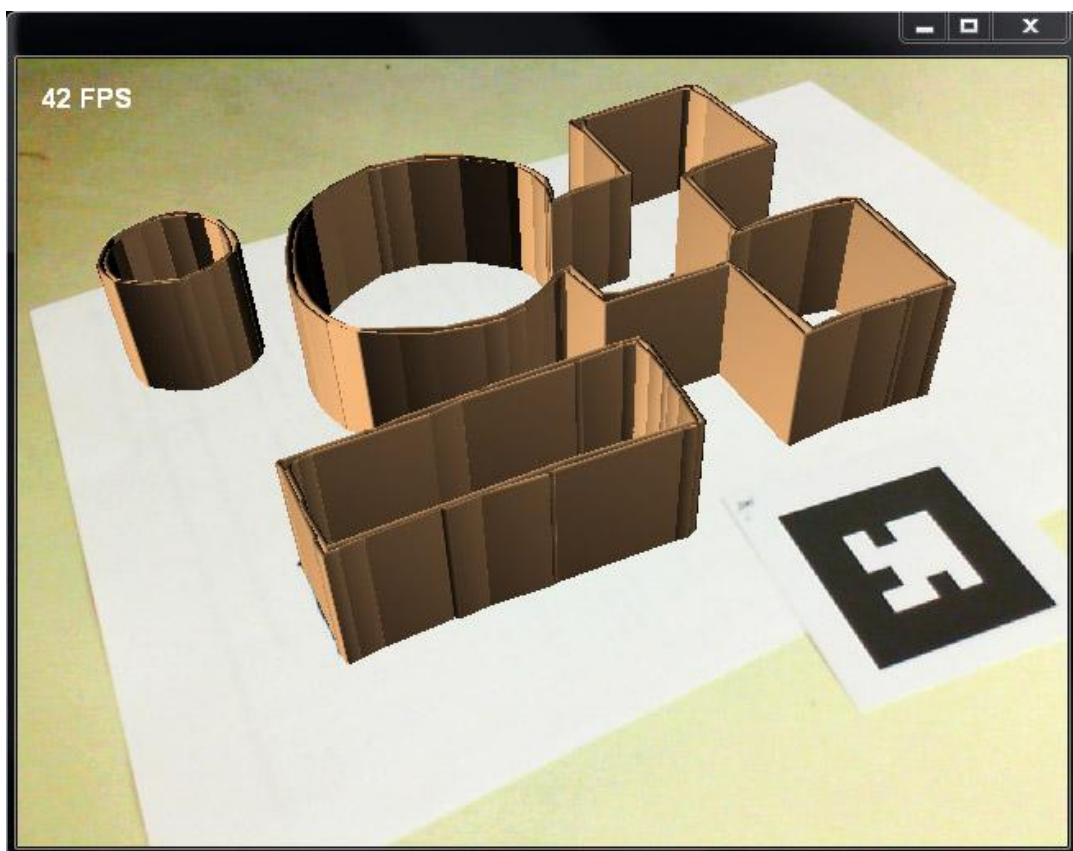
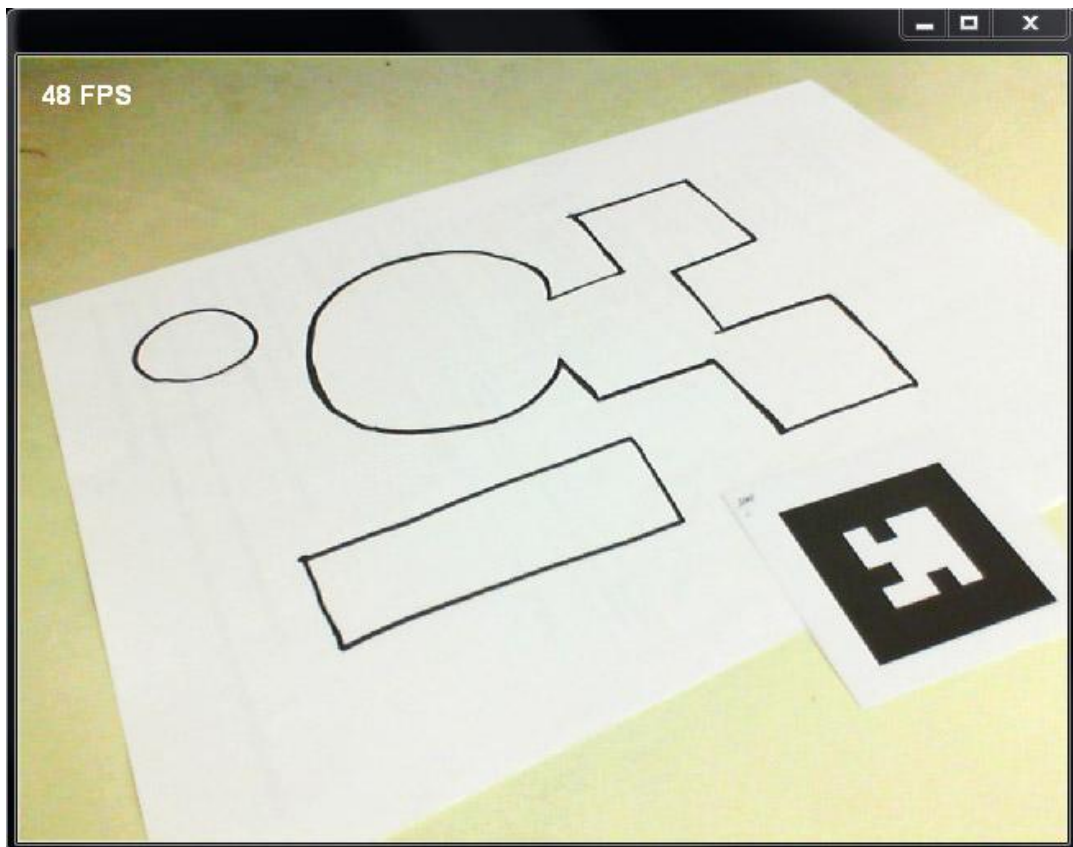


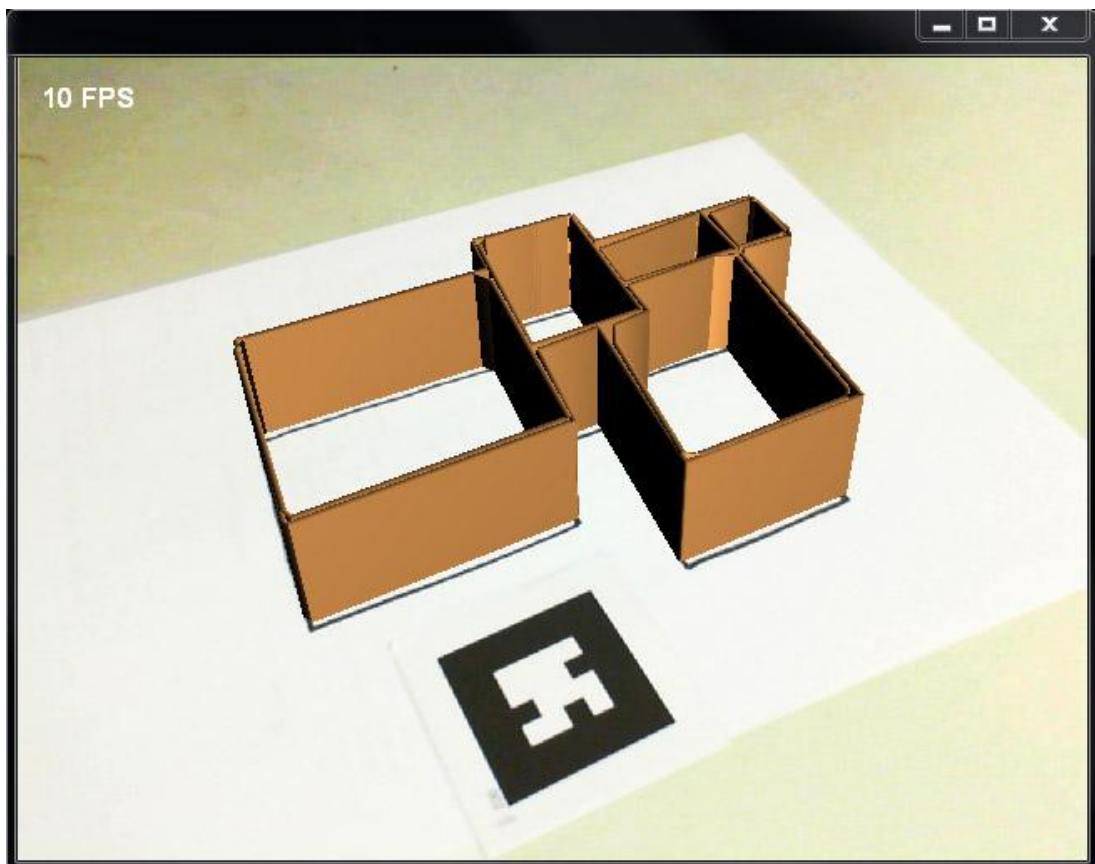
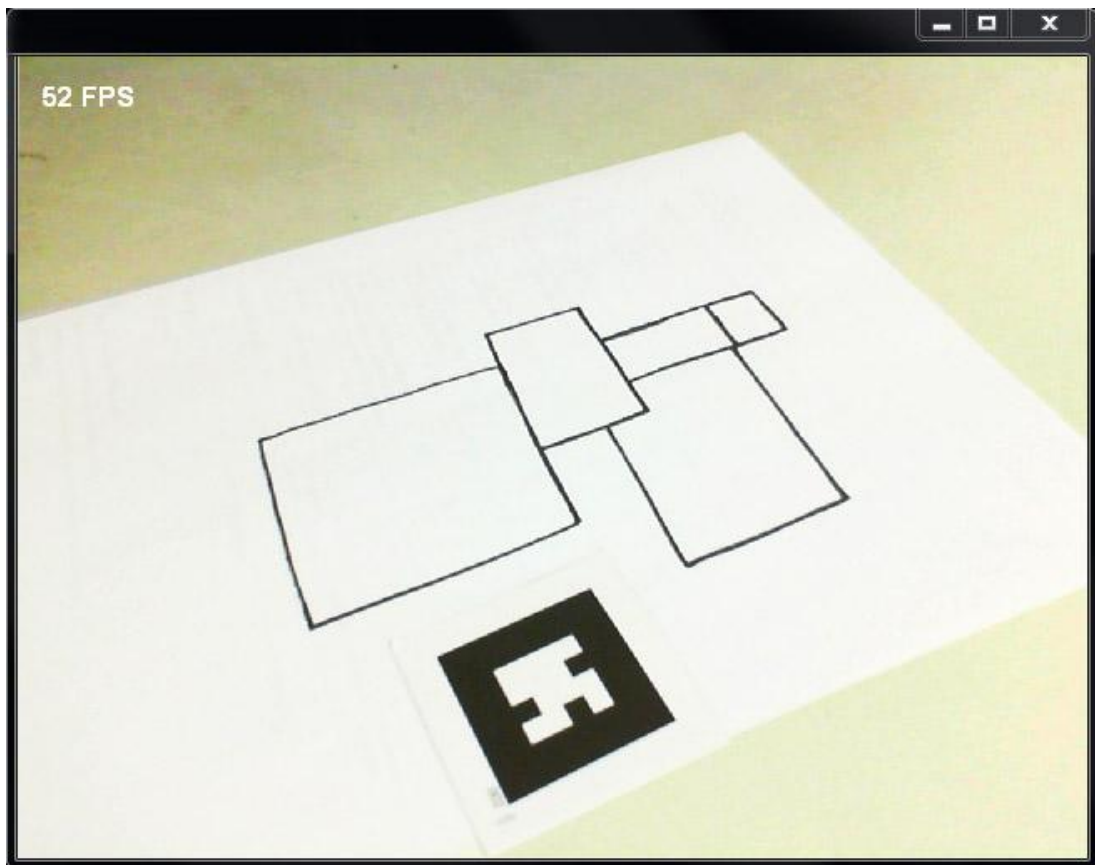


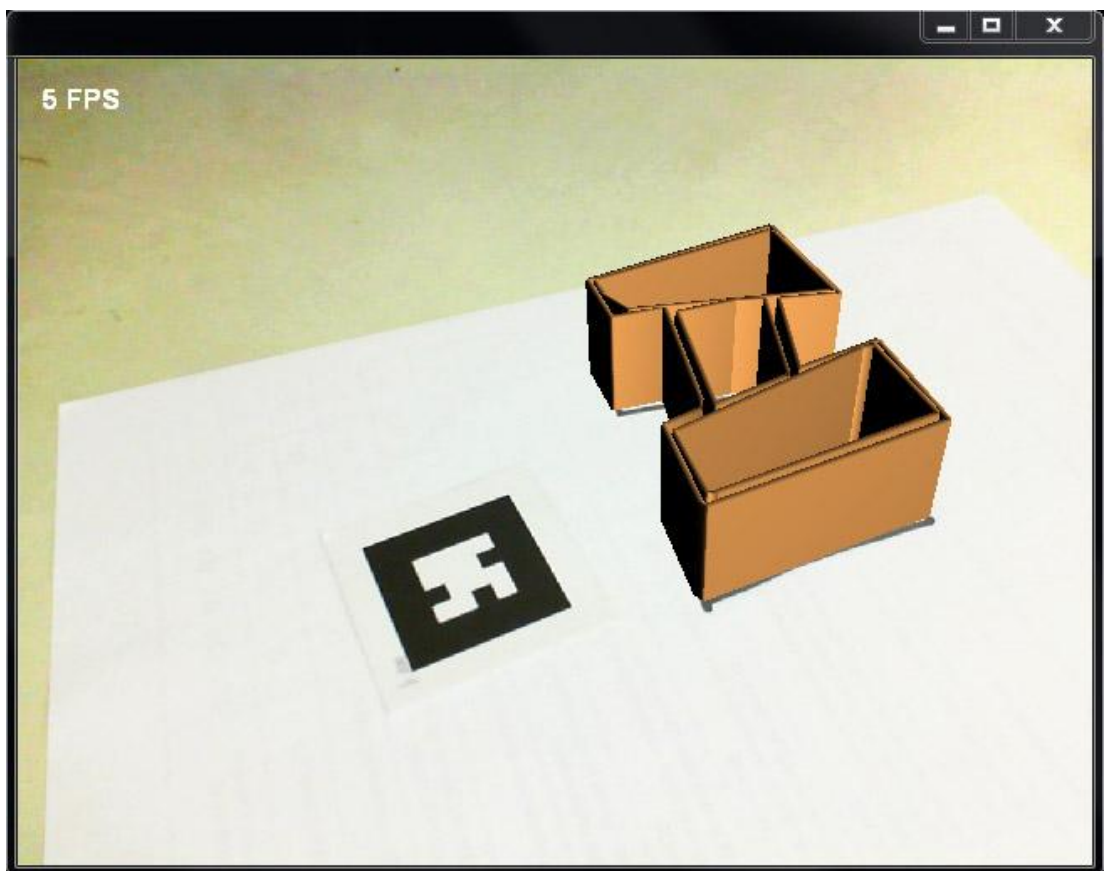
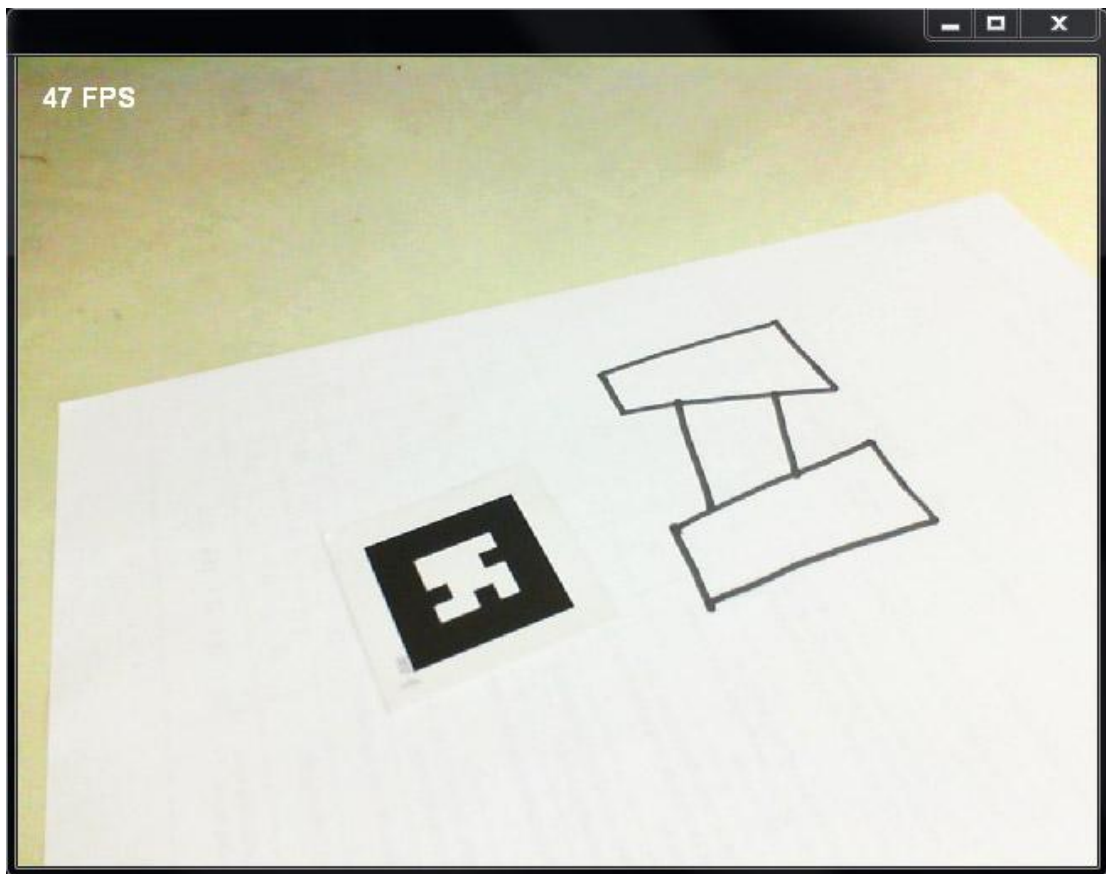


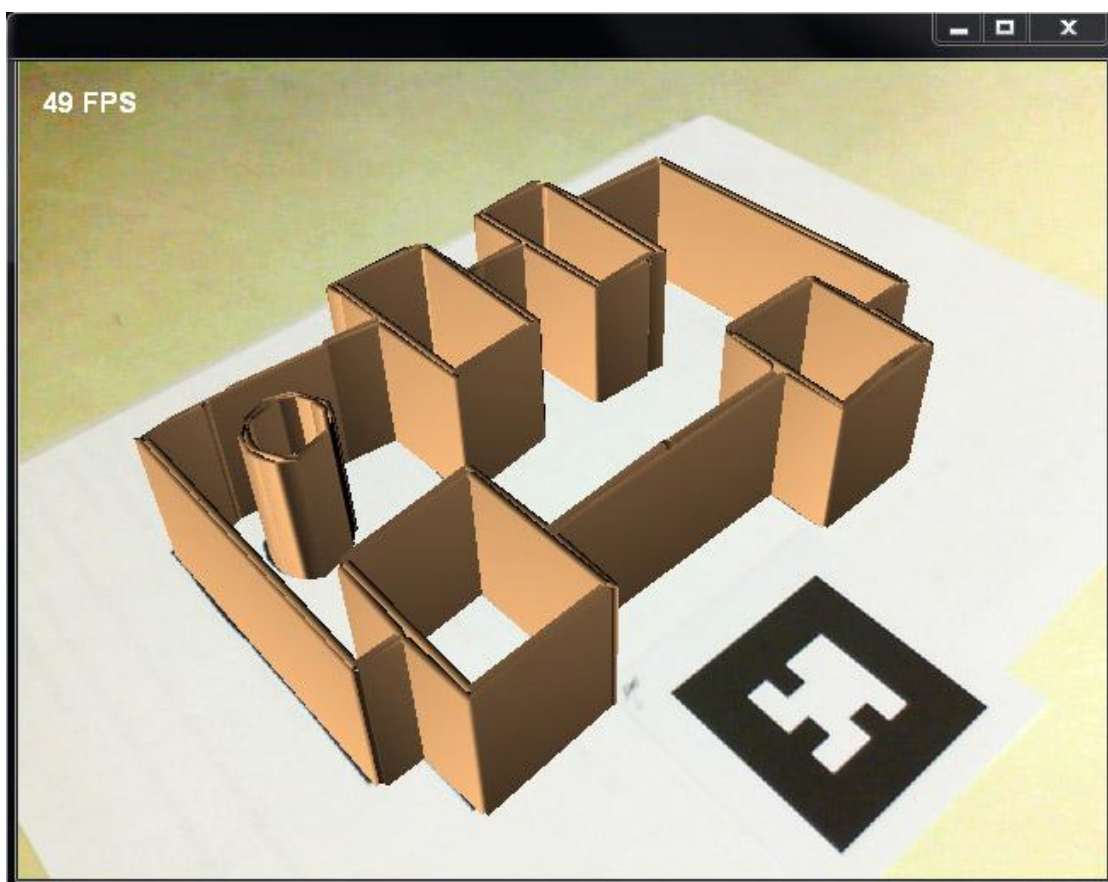
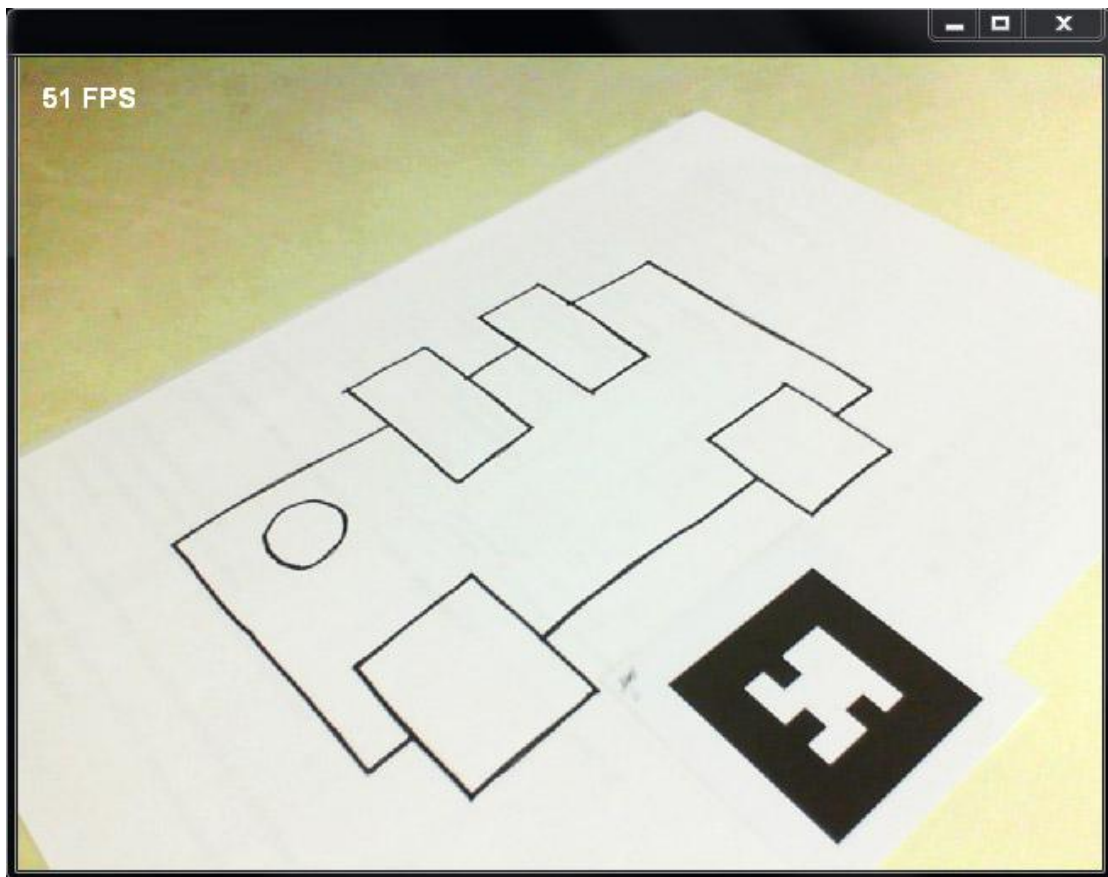












YAZILIM DEĞERLENDİRME ANKET FORMU

Bu anket, doktora tezi kapsamında mimarlığa özel geliştirilen Arttırılmış Gerçeklik yazılımının kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Ankete katılmadan önce, zihninizde kurguladığınız herhangi bir planı, herhangi bir kâğıt üzerine çiziniz.

Çizimi yaparken;

- Kapı-pencere boşluklarını, tefriş elemanlarını ve aks çizgilerini göz ardı ediniz.
- 1 cm ve üstü kalınlığı olan bir kalem tercih ediniz.
- Duvarları tek çizgilerle ifade ediniz.

A. Kişisel Bilgiler

Okul: Bölüm: Sınıf:

B. Yazılımla İlgili Sorular		Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1.	Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta başarılıdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Planın, yazılımı kullanmadan önceki zihnimde oluşan tahmini 3B görüntüsü ile yazılımın ürettiği gerçek 3B görüntüsü birbirinden farklıdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

3.	Yazılımın ürettiği 3B görüntüyü incelediğimde, tasarladığım planda tadilat yapma fikri uyandı.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Esgizi 3B modele dönüştürme işlemi, standart modelleme programlarıyla çok daha uzun sürerdi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta yeterince hızlı çalışmaktadır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Yazılım, tefriş elemanlarını ortama eklemede başarılıdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Arttırılmış Gerçeklik, bu çeşit bir mimari uygulama için uygun bir ortamdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Yazılım, mimarlık eğitimine katlı sağlayabilir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Yazılım, aktif mimarlıkta kullanılabilir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Denediğiniz yazılımı, mimarlık dünyasına yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5				

YAZILIM DEĞERLENDİRME ANKET FORMU

Bu anket, doktora tezi kapsamında mimarlığa özel geliştirilen Arttırılmış Gerçeklik yazılımının kullanılabilirliğini değerlendirmek amacıyla hazırlanmıştır.

Ankete katılmadan önce, zihninizde kurguladığınız herhangi bir planı, herhangi bir kağıt üzerine çiziniz.

Çizimi yaparken;

- Kapı-pencere boşluklarını, tefriş elemanlarını ve aks çizgilerini göz ardı ediniz.
- 1 cm ve üstü kalınlığı olan bir kalem tercih ediniz.
- Duvarları tek çizgilerle ifade ediniz.

A. Kişisel Bilgiler

Okul: YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ Bölüm: MİMARLIK Sınıf: 2

B. Yazılımla İlgili Sorular		Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1.	Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta başarılıdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Planın, yazılımı kullanmadan önceki zihnimde oluşan tahmini 3B görüntüsü ile yazılımın ürettiği gerçek 3B görüntüsü birbirinden farklıdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Yazılımın ürettiği 3B görüntüyü incelediğimde, tasarladığım planda tadilat yapma fikri uyandı.	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Esgizi 3B modele dönüştürme işlemi, standart modelleme programlarıyla çok daha uzun sürerdi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
5.	Yazılım, planı üçüncü boyuta taşımakta yeterince hızlı çalışmaktadır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Yazılım, tefriş elemanlarını ortama eklemede başarılıdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Arttırılmış Gerçeklik, bu çeşit bir mimari uygulama için uygun bir ortamdır.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
8.	Yazılım, mimarlık eğitimine katkı sağlayabilir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
9.	Yazılım, aktif mimarlıkta kullanılabilir.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
10.	Denediğiniz yazılımı, mimarlık dünyasına yapabileceği katkıyı göz önüne alarak puanlayınız.	<input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input checked="" type="checkbox"/> 5				

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Erdem KÖYMEN
Doğum Tarihi ve Yeri : 1981 İstanbul/Fatih
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : erdemkoymen@yahoo.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	Alan	Okul/Üniversite	Mezuniyet Yılı
Y. Lisans	Mimarlık	Trakya Üniversitesi	2008
Lisans	Mimarlık	Trakya Üniversitesi	2005
Lise	Sayısal	Marmara Lisesi	2000

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	Firma/Kurum	Görevi
2014	Sabahattin Zaim Üniversitesi	Öğretim Görevlisi (Y.Z.)
2005- ...	Freelance	Mimari Tasarım, 3B Modelleme & Animasyon, Grafik Tasarım.

YAYINLARI

Bildiri

1. Köymen, E. Tong, T., (2013), “Arttırılmış Gerçeklik Ortamının Mimari Ön Tasarımda Kullanımına Dair Bir Uygulama: AG Ortamında Çoklu Model”, VII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
2. Köymen, E. Tong, T., (2012), “Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality) Destekli bir Mimarlık Eğitim Modeli” VI. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Sempozyumu, Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Bursa.
3. Köymen, E. Tong, T., (2009), “A 3D Animation Film Supported Education Model” International Architectural Education Forum IV: Flexibility in Architectural Education, Erciyes University, Faculty of Architecture, Kayseri.