

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SAYISAL TASARIM TEKNOLOJİLERİNDE
KULLANILAN ÜÇ BOYUTLU DONANIMLARIN
MİMARLIK EĞİTİMİNE KATKILARI**

Mimar Şule TOPÇUOĞLU

**FBE Mimarlık Anabilim Dalı Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Togan Tong

İSTANBUL, 2007

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ.....	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Araştırmanın Amacı.....	2
1.2 Araştırmanın Kapsamı	2
1.3 Araştırmanın Yöntemi	3
2. SAYISAL TASARIM TEKNOLOJİLERİ (STT) TEMEL TANIMLARI VE KAVRAMLARI	4
2.1 STT Kavramı ve STT'nin Türkiye'deki Gelişimi	4
2.2 STT'nin Mimari Tasarım Sürecindeki Gelişimi	5
2.3 STT'de Kullanılan 3B Giriş Donanımları (Input Devices)	7
2.3.1 3B Fareler (3D Mouse).....	8
2.3.2 Dokunmatik Ekranlar.....	13
2.3.3 Çizim Tabletleri	16
2.3.4 Sanal Gerçeklik 3B Giriş Donanımları	19
2.3.4.1 Sanal Gerçeklik Araçlarının Kullanım Alanları	21
2.3.4.2 Sanal Gerçeklik Araçlarının Mimarlık Alanında Kullanımı	22
2.3.4.3 Sanal Gerçeklik Donanımlarının Gelişimi.....	23
2.3.5 Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli 3B Donanımlar (Haptic Devices).....	23
2.3.5.1 Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli Donanımların Kullanım Alanları	27
2.3.5.2 Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli Donanımların Mimarlık Alanında Kullanımı	28
2.3.6 3B Tarayıcılar	29
2.3.6.1 3B Tarayıcıların Kullanım Alanları	33
2.3.6.2 3B Tarayıcıların Mimarlık Alanında Kullanımı	34
2.3.6.3 3B Tarayıcıların Gelişimi ve Yazılımları	34
2.4 STT'de Kullanılan 3B Çıktı Donanımları (Output Devices).....	35
2.4.1 Sanal Gerçeklik Çıkış Donanımları	35
2.4.2 3B Yazıcılar	42
2.4.2.1 3B Yazıcıların Kullanım Alanları.....	48
2.4.2.2 3B Yazıcıların Mimarlık Alanında Kullanımı	49
2.4.2.3 3B Yazıcıların Gelişimi	49

3.	STT'DE KULLANILAN 3B DONANIMLARIN MİMARLIK EĞİTİMİNE KATKILARI.....	51
3.1	Geleneksel Mimari Tasarım Süreci	51
3.2	Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım Süreci	52
3.3	STT'de Kullanılan 3B Donanımların Kullanımına Yönelik Anket Çalışması.....	54
3.4	STT'de Kullanılan 3B Donanımlarla Oluşturulan Öneri Mimari Tasarım Süreci	65
3.5	STT'de Kullanılan 3B Donanımların Mimarlık Eğitiminde Kullanımı	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
3.5.1	STT'nde Kullanılan 3B Donanımların Mimarlıktaki Uygulama Örnekleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
4.	SONUÇLAR.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
KAYNAKLAR:.....		Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
İNTERNET KAYNAKLARI		Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
EKLER		Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Ek 1	Anket Çalışmasında Kullanılan Sorular	93
Ek 2	Anket Çalışmasından Elde Edilen Sonuçlar	101
ÖZGEÇMİŞ.....		102

KISALTMA LİSTESİ

2B	İki Boyutlu
3B	Üç Boyutlu
CAD	Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım
CAM	Computer Aided Manufacturing – Bilgisayar Destekli Üretim
CNC	Computer Numerical Control – Sayısal Denetimli Tezgahlar
DOF	Degrees of Freedom
HMD	Head Mounted Displays
STL	StereoLithography
STT	Sayısal Tasarım Teknolojileri

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 DOF anlatımları – 2 ve 6 DOF seviyeleri	9
Şekil 2.2 CadMan- 3B fare örneği.....	9
Şekil 2.3 SpacePilot- 3B fare örneği.....	10
Şekil 2.4 3ds Max’de fare kullanımının analizi.....	11
Şekil 2.5 Kübik farenin çalışma prensibi ve en sağda bir prototipi.....	11
Şekil 2.6 Flying mouse kullanımı.....	12
Şekil 2.7 Logitech iztopu örneği.....	12
Şekil 2.8 İki manevra kolu örneği.....	13
Şekil 2.9 Dirençli dokunmatik ekranlarda kullanılan kaplamanın yapısı.....	14
Şekil 2.10 Dokunmatik ekran kullanımına bir örnek.....	15
Şekil 2.11 Wacom çizim tableti.....	16
Şekil 2.11 SPIP firması tarafından geliştirilen sayısal çizim masası.....	18
Şekil 2.12 EasyPad tablet PC örneği	19
Şekil 2.13 İmmersion firmasının CyberGlove isimli sanal gerçeklik eldiveni.....	20
Şekil 2.14 “Surface Drawing” sisteminin kullanımı.....	21
Şekil 2.15 Sensable firmasının “Desktop Arm” modeli	24
Şekil 2.16 Dokunma hisli donanımlar (Haptics) sınıflandırma	25
Şekil 2.17 Masaüstü çalışmaya yönelik dokunma hisli donanım örneği.....	26
Şekil 2.18 “Pincher” kola takılan dokunma hisli donanım örneği.....	26
Şekil 2.19 Dokunma hisli donanım ile modellenen otomobil koltuğu modeli.....	27
Şekil 2.20 Dokunma hisli donanım ile modellenen seramik modeli	27
Şekil 2.21 Dokunma hisli donanım ile modellenen Alien modeli.....	28
Şekil 2.22 Izgara projeksiyonu	30
Şekil 2.23 Izgara projeksiyonu uygulama örneği	30
Şekil 2.24 Lazer tarama metodu	31
Şekil 2.25 Head mounted display	36
Şekil 2.26 BOOM	37
Şekil 2.27 CAVE – Sanal duvarlar	38
Şekil 2.28 Küresel projeksiyon sistemi – Actuality systems.....	39
Şekil 2.29 Stereoskopik görüntü sağlayan monitör	40
Şekil 2.30 Stereoskopik görüntü sağlayan X3D Technologies’in monitör modeli	41
Şekil 2.31 Sanal gerçeklik gözlüğü – Kristal gözlük.....	42
Şekil 2.32 Işıkla kür – tarama teknolojisi	44
Şekil 2.33 Işıkla kür – maskeleme teknolojisi	44
Şekil 2.34 Toz bağlama – ısıtarak teknolojisi.....	45
Şekil 2.35 Toz bağlama – yapıştırıcı teknolojisi	45
Şekil 2.36 Harç yığma – püskürtme teknolojisi.....	46
Şekil 2.37 Harç yığma – sıvama teknolojisi	46
Şekil 2.38 Tabaka yığma – yapıştır + kes teknolojisi.....	47
Şekil 2.39 Tabaka yığma – kes + yapıştır teknolojisi.....	47
Şekil 3.1 Çalışmaya katılan katılımcıların sınıflandırılması.....	55
Şekil 3.2 Katılımcıların yaş oranları.....	55
Şekil 3.3 Katılımcıların mezun olduğu; eğitim aldığı; çalıştığı üniversiteler oranları	56
Şekil 3.4 Katılımcıların bilgisayar destekli tasarım kullanma oranları	56
Şekil 3.5 Geleneksel tasarım sürecinde kullanılan yöntem dağılımı.....	57
Şekil 3.6 Bilgisayar destekli tasarım sürecinde kullanılan yöntem dağılımı.....	57
Şekil 3.7 Katılımcıların tasarım için kullandıkları yazılım dağılımı	58
Şekil 3.8 STT’de kullanılan 3B donanımların duyulma oranları	59
Şekil 3.9 STT’de kullanılan 3B donanımların kullanılma oranları	59

Şekil 3.10 STT’de kullanılan 3B donanımların duyuldukları yerlerin oranı.....	60
Şekil 3.11 Donanım satın alınacağı zaman en önemli referans oranları.....	61
Şekil 3.12 Yeni bir donanımın kullanmanın zorluk nedenlerinin oranları	61
Şekil 3.13 Katılımcıların yeni bir donanımdan beklentilerin oranları.....	62
Şekil 3.14 Katılımcıların önerdikleri tasarım süreçlerine örnekler	63
Şekil 3.15 Katılımcıların en çok önerdiği tasarım süreci ve kullandıkları 3B donanımlar	64
Şekil 3.16 Geleneksel mimari tasarım ve bilgisayar destekli mimari tasarım süreci modelleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.17 Anket yansımaları sonucu, STT’de kullanılan 3B donanımlar ile oluşturulan öneri mimari tasarım süreci.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.18 STT’de kullanılan 2B ve 3B donanımların öneri tasarım sürecinde kullanım dağılımları	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.19 Chris Allen tarafından SketchUp programında 3B fare ile oluşturulmuş model	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.20 Dokunmatik ekran ile oluşturulan, fotoğraf düzenleme örneği	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.21 Trabzon 5 yıldızlı otel sorgulama ekranı.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.22 Multi Touch Screens projesinden örnekler.....	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.23 Çizim tabletlerinin mimari çizimlerde kullanımına bir örnek	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.24 3D Tractus çizim tabletinin kullanıcı ile etkileşimi	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.25 Sanal gerçeklikte HMD kullanarak oluşturulan simülasyon	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.26 Farklı aydınlatma seviyelerinin test edildiği bir oda	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.27 Stade De France stadyumunun ziyaretçi davranışları için hazırlanan simülasyonu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.28 Sensable Technologies firmasının, dokunma hisli donanım kullanarak, Freeform modelleme sistemi ile modellenmiş aydınlatma elemanı	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.29 Sensable Technologies firmasının, dokunma hisli donanım kullanarak, Freeform modelleme sistemi ile modellenmiş bir lavabo ve batarya	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.30 Sensable Technologies Firmasının, Dokunma Hisli Donanımı sanal fırça olarak kullandığı bir model	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.31 Fatih Camii güneybatı cephesi çizimi	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.32 Fatih Camii kuzeydoğu-güneybatı cephesi çizimi	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.33 Lazer tarayıcı ile taranan Çukursaray’ın gri tonlar (a) ve yapay renklerle (b) sunumu	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.34 3B Tarayıcı ile sayısallaştırılan Cephe Örnekleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.35 İtalya’daki Arena di Verona’nın taranmış modelleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.36 Avusturya St. Pölten Demiryolu İstasyonu’nun taranmış modelleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.37 Hungary’daki Belapatfalva Kilisesi tarama pozisyonu ve modelleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.38 Avusturya’daki Linz Tiyatrosu’nun taranmış modelleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.39 Türkiye’deki Patara Tiyatrosu tarama pozisyonu ve modeli	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.40 3B yazıcı ile oluşturulan fiziksel model örneği...	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.41 3D Systems firmasının ürettiği bir model	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.42 Arup Ofisi tarafından gerçekleştirilen çatı modelleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.43 3D Systems tarafından üretilmiş çelik konstrüksiyon yapı maketleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.44 Üç boyutlu yazıcı ile inşaa edilmiş bina modelleri	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.46 Foster and Partners için modellenen ve inşaa edilen bir model	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.47 Sam Chamoun Mimarlık Ofisi için inşaa edilmiş bir model	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.
Şekil 3.48 Michigan Üniversitesi kampüsünün fiziksel modeli	Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 3B tarayıcıların belli kriterlere göre karşılaştırması..... 32

Çizelge 2.2 3B yazıcı teknolojileri 43

Çizelge 3.3 Üniversitelerin bilgisayar destekli tasarım eğitimi ve yöntemleriHata! Yer işareti tanımlanm

ÖNSÖZ

Mimarlar ve tasarımcılar, tasarım sürecinde, tasarım problemini çözmek için değişik metodlara başvurmuş, hatta kendilerine ait kişisel teknikler geliştirmişlerdir. Bilgisayar, 1980’li yıllardan günümüze kadar çoğunlukla, mimari tasarım sürecinde çizim ve görselleştirme amacı ile kullanılmıştır. Mimari tasarım ve uygulama sürecinde, sayısal tasarım teknolojileri’nin katılması ile, bilgisayar ortamından ürüne yönelik üretim süreci kullanılmaya başlamıştır.

Donanım ve yazılımların, düşünce için bir araç olarak kullanılması, tasarımcıya birçok tasarım problemi çözümünü hızlı bir şekilde sunmanın yanı sıra, mekanı yeni bir yaklaşımla görmesini sağlamıştır. Geleneksel tasarım sürecinde bir “araç” olarak görülen donanımlar, günümüzde bir tasarım ortamı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tez kapsamında sayısal tasarım teknolojilerinde kullanılan üç boyutlu donanımların araştırılması ve bu donanımların mimarlık alanına ve mimarlık eğitime katkıları incelenmiştir. Mimari uygulama örnekleri incelenerek, donanımların gelişme süreçlerinin mimari uygulamalarda hangi yönlerde olması gerektiği incelenmeye çalışılmıştır.

Tez çalışmam süresince desteğini ve yardımlarını esirgemeyen, tez çalışmalarımı özenle denetleyen tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Togan Tong’a, ayrıca tez çalışmalarım boyunca bana sürekli destek olan Devrim Güler’e, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen iş arkadaşlarıma ve her zaman yanımda olan aileme çok teşekkür ederim.

ÖZET

Bilgisayarın, tasarım sürecine entegre olmasıyla birlikte, tasarım ve temsil ortamları, üretim tekniklerinde sayısal değişim yaşanmaya başlanmıştır. Bu değişim ile birlikte, bilgisayar ortamında tasarımı hangi yöntemler ile oluşturduğumuz ve oluştururken kullandığımız sayısal tasarım araçları ve yazılımları önem kazanmıştır.

Kullanılan donanım ve yazılımların giderek alım gücü bağlamında daha geniş bir kitleye ulaşmaya başlaması, çeşitli hale gelmesi ve iş kolaylığı sağlaması yeni soyut tasarım olanaklarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Geleneksel tasarım sürecinde bir “araç” olarak görülen donanımlar, günümüzde bir tasarım ortamı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarım sürecinin önemli bir kısmı sayısal ortamda gerçekleştirilirken, tasarım anlayışlarında da değişim gözlemlenmektedir.

Sayısal tasarım teknolojileri kullanılarak oluşturulmuş tasarımlar, geleneksel tasarım sürecinde belli bir zamanda çıkarılacak alternatif formları, tasarımcının hızlı bir şekilde görmesini sağlamıştır. Donanım ve yazılımların, düşünce için bir araç olarak kullanılması, tasarımcıya birçok tasarım problemi çözümünü hızlı bir şekilde sunmanın yanı sıra, mekanı yeni bir yaklaşımla görmesini sağlamıştır.

Bu teknolojiler ile ilgili bilgi sahibi olabilmek için deneme ortamını kurmak ve uygulamalarını yapmak henüz kolay olmasa da, tasarımı yeni bir bakış açısı ile görme ve kavrama biçimi kazanılabilir.

Anahtar kelimeler: Sayısal tasarım teknolojileri, üç boyutlu donanım, sanal gerçeklik araçları, bilgisayar destekli tasarım ve üretim.

ABSTRACT

Digital changing in design and representation media and manufacturing techniques has started concurrently with the integration of computers and design process. In conjunction with this change, the techniques that are used in designing in computer aided design and the digital design tools and softwares have become more important.

Getting easy to buy the hardwares and softwares, increase in variety and working ease provided new abstract design facilities. Hardwares, that are considered as an “instrument” in the conventional design process, now appear as a design media. When most of the design process performed in the digital media, a change in the design concept is also observed.

Designs that are developed by using digital design technology, made the designer see alternative forms, which appear in a while in the conventional design process. Using hardwares and softwares as instruments for the idea, made the designer solve design problems easily, and also see the space in a new method of approach.

Although it is not easy yet to build the testing ambience and practising to get informed about these technologies, a new point of view in comprehension of design can be gained.

Keywords: digital design technologies, three dimensional hardware, virtual reality tools, computer aided design and manufacturing

1. GİRİŞ

Tasarımcılar geleneksel mimari tasarım sürecinde tasarım problemini çözmek için değişik metotlara başvurmuş, hatta kendilerine ait kişisel teknikler geliştirmişlerdir. Geleneksel yöntemlerle gelişen tasarım süreci içerisinde tasarımı rasyonelleştirmek, sistematikleştirmek gibi bir kaygı olmamıştır. 1920'ler ile birlikte gelen standartlaşma, rasyonelleşme ve prefabrikasyon gibi kavramlar, tasarım sürecini deşifre etmek yolunda atılan ilk adımlardandır. Daha sonra çeşitli disiplinlerden adapte edilerek tasarımı sistematikleştirme denemeleri yapılmıştır.

Mimari tasarım ve uygulama sürecinde, sayısal tasarım teknolojileri (STT)'nin katılması ile, bilgisayar ortamından ürüne yönelik üretim süreci kullanılmaya başlamıştır. STT ile geliştirilen tasarımın üç boyutlu (3B) modeli hızlı prototipleme teknikleriyle kısa bir sürede üretilebilmektedir. Bu teknolojiler sayesinde tasarım sürecinde yeni bir yöneme geçilmektedir.

Bilgisayar ortamında tasarım, geleneksel tasarım sürecinde belli bir zamanda çıkarılacak alternatif formları, tasarımcının hızlı bir şekilde görmesini sağlamıştır. Donanım ve yazılımların, düşünce için bir araç olarak kullanılması, tasarımcıya birçok tasarım problemi çözümünü hızlı bir şekilde sunmanın yanı sıra, mekanı yeni bir yaklaşımla görmesini sağlamıştır.

STT'nin tasarım geliştirme amaçlı kullanımı üzerine son on yıldır hızla artan çalışmalar yapılmaktadır. Bu teknolojiler, tasarımcıya daha fazla tasarım seçeneği sunmaktadır. Tasarımların sayısal ortamda geliştirilmesinin çeşitliliği ise kullanılan donanımlara bağlıdır. Kullanılan donanımın rahat ve kullanışlı, fonksiyonel ve amaca yönelik olması, tasarım açısından oldukça önemlidir.

Kullanılan donanım ve yazılımların giderek alım gücü bağlamında daha geniş bir kitleye ulaşmaya başlaması, çeşitli hale gelmesi ve iş kolaylığı sağlaması yeni soyut tasarım olanaklarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Geleneksel tasarım sürecinde bir "araç" olarak görülen donanımlar, günümüzde bir tasarım ortamı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarım sürecinin önemli bir kısmı ya da tümü sayısal ortamda gerçekleştirilirken, tasarım anlayışlarında da değişim gözlemlenmektedir. Sadece ortam ve sürecin değil, tasarlanan mekanların niteliğini değiştiren elektronik olguları düşünebilmek tasarımın doğasını daha farklı bir yüzeye taşımaktadır.

Bu bağlamda mimarlar ve mimarlık eğitimi farklı dinamikleri ve bakış açıları ile sayısal tasarım ve yeni ortam çalışmalarının odağını oluştururken, oldukça kısa geçmişi olan bazı girişimlerin güçlenebilmesi ise etkin işbirliklerinin ve paylaşımın arttırılmasını gerektirmektedir.

1.1 Araştırmanın Amacı

Bilgisayarın, tasarım sürecine entegre olmasıyla birlikte, tasarım ortamı, temsil şekilleri ve üretim yöntemlerinde sayısal değişim yaşanmaya başlanmıştır. Bu değişim ile birlikte, bilgisayar ortamında tasarımı hangi yöntemler ile oluşturduğumuz ve oluştururken kullandığımız sayısal tasarım araçları ve yazılımları önem kazanmıştır.

Araştırmada, STT'nin tasarım amaçlı kullanımlarıyla ilgili araç ve yazılımların, hangi sınıflandırmada yer aldıkları, kullanım kolaylığı, birbirleriyle entegrasyonu, tasarımımızı nasıl etkilediği, dünyadaki ve ülkemizdeki gelişim süreçlerinin incelenmesi amaçlanmıştır.

Araştırmadaki üst hedef ise, bu teknolojilerin, araçların ve yazılımların, mimarlık eğitime katkılarının ve uygulama örneklerinin bulunmasıdır. Bu üst hedef doğrultusunda, STT'nin mimarlıktaki kullanımının nasıl ve ne yönde geliştirilmesi gerektiği de araştırılmak ve sorgulanmak istenmiştir.

1.2 Araştırmanın Kapsamı

Araştırma kapsamında ağırlıklı olarak incelenen konu, mimari tasarım sürecinde bilgisayarın kullanılma gelişimi, STT kavramı ve bu teknolojilerde kullanılan donanım ve yazılımların mimari tasarım sürecine entegrasyonunun sorgulanması ve uygulama alanlarıdır.

STT, öncelikle temel tanımlarıyla ve kavram düzeyinde incelenmektedir. Bu kavramların kısa tarihçesi, dünyada ve ülkemizdeki gelişimi araştırılmıştır. Daha sonra bu teknolojilerde kullanılan donanım ve yazılımlar belli kriterlere göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmanın içeriğinde, genel tanımlamalar ve ilk ortaya çıkış sektörleri belirlenmiştir. Bu sektörlerden birçoğu genel mühendislik alanlarıdır. Araştırma kapsamında mimarlık sektörü ve mimari tasarıma daha yakın alanlardaki sektörlerdeki gelişmeler incelenmiştir. Bazı sektörler (tıp, nükleer, kimya vb.) genel olarak incelenerek, tez kapsamı dışında tutulmuştur.

Araştırmada incelenen donanım ve yazılımların üreticileri belirlenerek, bilgi ve tanıtım broşürlerine ulaşılmıştır. Ancak ülkemizde bu teknolojilerin gelişme aşamasında olmasından ötürü, birçok donanımın sadece tanıtım broşürlerine ulaşılabilmiştir. Bahsedilen donanımları,

pahalı teknolojiler olması nedeni ile kullanma ve kullandırma imkanı olmamıştır. Daha çok yabancı kaynaklı internet sitelerinden bilgi ve broşür toplanabilmektedir.

Geleneksel tasarım süreci ve bilgisayar destekli tasarım süreçleri, kavram düzeyinde incelenip gelişim süreçlerine kısaca değinilmiştir. Bilgisayar destekli tasarım sürecinde kullanılan yöntemler için çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Ancak bu yöntemlerde kullanılan donanım ve yazılımlar kapsam dışı bırakılmıştır.

STT’de kullanılan 3B donanımların ne derecede bilindiği ve kullanılmasının araştırılmasına yönelik bir anket çalışması yapılmıştır. Anket çalışması sonucunda çıkan veriler değerlendirilerek, elde edilen sonuçlar tez kapsamında bilgi olarak sunulmuştur.

Tezdeki üst hedef doğrultusunda bu teknolojilerin mimarlık sektöründeki ve mimarlık eğitimdeki durumu ve gelişimi incelenmiştir. STT’de kullanılan donanım ve yazılımların, mimarlık eğitiminde ne derecede kullanıldığı araştırılmıştır. Bu kullanımın yaygınlaşması doğrultusunda, tasarımda ve mimarlık eğitiminde hangi aşamalarda kullanılabileceği sorgulanmıştır.

1.3 Araştırmanın Yöntemi

Araştırma sürecinde:

- Araştırmada kullanılan kavramların araştırma boyunca ne şekilde ele alınacağını belirlenmesi,
- Üniversitelerde yapılan çalışmalar, konuyla ilgili yerli ve yabancı makalelerin incelenmesiyle STT’nin tasarım amaçlı kullanımları araştırması,
- Kapsam içinde alanda çalışan ilgili sektörlerden bilgi ve tanıtım broşürleri toplanması,
- Mimarlık alanında ve mimarlık eğitiminde STT’nde kullanılan donanım ve yazılımların kullanımı ve geleceğinin araştırılması
- STT’de kullanılan 3B donanımların kullanımına yönelik anket çalışması
- Sonuçların değerlendirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır.

2. SAYISAL TASARIM TEKNOLOJİLERİ (STT) TEMEL TANIMLARI VE KAVRAMLARI

2.1 STT Kavramı ve STT'nin Türkiye'deki Gelişimi

STT yerine literatürde kullanılan, sayısal tasarım, sayısal mimarlık, bilgisayar destekli tasarım gibi bir çok terim bulunmaktadır. Bilgisayar destekli tasarımın (CAD) gelişimi, 1960'larda ortaya çıkan CAD yazılımları ile başlamıştır. 1980'ler ve 1990'ların başında ise bilgisayar destekli tasarım sistemleri çoğunlukla bir temsil aracı olarak kullanılmıştır. Yine aynı dönemlerde, bilgisayarın hesaplama gücü de gelişmeye başlamıştır. 1990'ların ortalarından itibaren ise bilgisayar, problem çözme ve kişisel tasarım metotları geliştirmekte etkin olarak kullanılmıştır.

Günümüzde birçok ülkede geliştirilmekte olan STT, ülkemizde yaygın olarak araştırma ve geliştirme faaliyetlerinin yürütülmesinde kullanılmaktadır. Birçok organizasyonun bünyesinde AR-GE bölümleri kurulmuştur. Bu bölümlerde gelişmiş STT kullanılarak faaliyetler daha sağlıklı yapılabilmektedir. Ancak, araştırma ve geliştirme faaliyetleri yüksek maliyetli olduğundan bütün organizasyonların bu konuda etkili olması mümkün değildir. Bu sebeple araştırma geliştirme konusunda ülkemizde devlet kuruluşları ve üniversiteler işletmelere yardımcı olacak faaliyetler içerisinde dirler.

Ayrıca ülkemiz, enerji teknolojisi, tıp ve biyoteknoloji, iletişim, enformasyon teknolojisi, ulaşım, yeni malzemeler, üretimde otomasyon, lazerler vb. alanlarında projeler kabul eden EUREKA'ya (Avrupa Araştırma Koordinasyon Kurumu) üyedir. Bu kuruluşun amacı, üye ülkelerdeki sanayi kuruluşları, üniversiteler ve araştırma enstitüleri arasında araştırma ve geliştirme çalışmalarında işbirliği sağlayarak, yüksek teknoloji alanlarında Avrupa'nın ürettiği ürün, süreç ve hizmetlerin dünya pazarındaki rekabet gücünü artırmaktır (Varol, 1999).

Bilgisayarların gelişmesi, büro hizmetlerinde kullanılan yazılımların gelişmesi, iletişim teknolojisindeki gelişmeler v.b. yenilikler artık rutin işlerin daha hızlı ve kolay şekilde yapılmasını sağlamıştır. Bilgisayar yardımıyla organizasyonlarda yüksek maliyete ulaşan eğitim maliyetleri simülasyonlar ile düşürülmektedir. Bilgisayarlar ülkemizde birçok alanda eğitim amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Okullarda deneysel amaçlarla, yabancı dil eğitiminde vb. birçok alanda STT kullanılmaktadır.

Günümüzde STT'nin, üretimin her aşamasında kullanılması kaçınılmaz olmuştur. Üretimde otomasyona geçiş bilgi teknolojileri sayesinde olmuştur. Sayısal denetimli tezgahlar (CNC),

işleme merkezleri, endüstriyel robotlar, CAD ve bilgisayar destekli üretim (CAM) sistemleri, esnek imalat sistemleri, bilgisayarla bütünleşik imalat, otomatik malzeme taşıma ve depolama sistemleri, üretimde otomasyon alanındaki gelişmelerdir.

STT'nin üretim konusunda kullanıldıkları diğer bir husus ise kalite kontroldür. STT'nin yaygınlaşması ile daha etkili bir kalite kontrolü için daha hassas ölçümler ve çeşitli tekniklerin bilgisayar ortamında daha kolay uygulanması imkanı doğmuştur.

Ülkemizde STT kullanımı sürekli artmaktadır. Bu artış karşısında organizasyonların STT seçimini dikkatli yaparak, detaylı incelemeler sonucunda mümkün olan en iyi ve son geliştirilmiş sistemleri kurmaları gerekmektedir. Bunların maliyetleri diğerlerine göre yüksek olsa da daha uzun süre etkili olarak kullanma imkanı vardır.

STT'nin ülkemizdeki durumunun en önemli yönü ise ülkemizin bilgi teknolojisi üretimine bir an önce başlaması için çalışmalarını hızlandırması gereğidir. Çünkü bu sağlanamadığı sürece bilgi toplumu olabilmek mümkün olamayacak ve sürekli bu konuda diğer ülkelere bağımlı olunacaktır (Ceyhun. ve Çağlayan, 1997).

Bütün bu olumlu gelişmelere rağmen, hem ülkemizde yeterli devlet teşvikleri olmaması, hem firmaların ihtiyaç duydukları teknolojiyi ithal etme nedeniyle, bilgi teknolojilerini araştırma, geliştirme ve üretmek yolunda diğer birçok ülkeye göre çok az yol alınabilmiştir. Ülkemiz halen kendi teknolojisini üretebilme durumuna gelememiştir. Ülkemizin bilgi toplumu olabilmesi ancak bilgi teknolojilerini araştırma-geliştirme ve üretmesiyle mümkün olacaktır. Ülkemizde STT'nin belirli düzeyde kullanımı bulunmakla birlikte, üretiminin de sağlanması gerekmektedir.

2.2 STT'nin Mimari Tasarım Sürecindeki Gelişimi

Bilgisayar destekli mimari tasarım, 1980'li yıllarda üniversitelerde araştırma projeleri kapsamında geliştirilmekteydi. Bu teknolojinin mimari tasarım sürecine dahil olması, mühendislikteki uygulamalarının gerisinden gelmiştir. Sebebi ağırlıklı olarak ekonomiktir. İlk gelişen bilgisayar destekli tasarım sistemleri, fiyat açısından, mimarların kullanması için oldukça lüks sistemlerdi. Teknolojinin gelişmesiyle ekonomik nedenler hızla ortadan kalkmıştır.

Bu gelişmeler sonrasında, mimarlıkta temsil kavramında çok büyük bir değişim başlamıştır. Bilgisayar ortamının mimarlıkta ilk kullanımı, temsil ve çizim amaçlı olmuştur. Yani bilgisayar destekli tasarım, mimarlığa tasarım geliştirme amaçlı değil, serbest el çizimi ile

alışılış tasarımları çizme ve sunma amaçlı girmiştir.

STT'ndeki gelişmeler, tasarımda bilgisayarın bir araç olarak kullanılmasının yanı sıra tasarım sürecini etkilemiştir. Bilgisayar destekli mimari tasarım yazılımları ile gerçek dünyada inşa edilecek bir yapı, bilgisayar ortamında minimum hata payı ile oluşturulabilmekte, test edilebilmekte ve hatta sanal gerçeklik ile içinde dolaşılabilmektedir.

Tasarımcıların, tasarımlarını oluşturduğu süreçte, tasarımı daha iyi ve kolay kavrayabilmesi için çalıştıkları arayüzler ve donanımlar ile entegrasyonu önem kazanmaktadır. Bu bağlamda STT'nde kullanılan donanımların, amaca yönelik olması, rahat ve kolay kullanılabilirliği gibi özellikler ön plana çıkmaktadır.

STT'nin mimarlık alanında ülkemizde kullanımı ise, 1970'li yıllarda bilgisayar ortamında tasarım çalışmaları, üniversitelerin araştırma çalışmaları ile başlamıştır. Bu alışmalar yazılım ve donanımların elde edilmesindeki ekonomik yetersizlikler nedeni ile başlangıçta çok yavaş ilerlemişlerdir. Başlangıçta yoğun olarak iki boyutlu (2B) izim amacı ile kullanılmıştır.

1990'lı yıllara gelindiğinde ise, bilgisayar destekli tasarım yazılım ve donanımları belli bir seviyeye ve kaliteye yükselmiştir ve üniversitelerde uygulama amaçlı kullanılmaya başlanmıştır. Ülkemizdeki akademik programlar ve profesyonel girişimler dşnldğu zaman henüz başlangıç aşamasında olan ancak dinamikleri ve kültür altyapısı ile oldukça zgn ürünlerin verilebileceği bir uzmanlaşma alanının oluştuğu görülmektedir.

Özellikle gelişmiş ülkelerdeki niversiteler bu teknolojinin mimarlık eğitimi de dahil olmak üzere çeşitli mesleki eğitimlerde farklı kullanım ve etkileşim olanakları ile stratejileri ve yöntemleri geliştirmektedirler. Bu bağlamda başlattıkları ve halen sürdürdükleri araştırma projeleri de hızla devam etmektedir. Bazı niversiteler bu konuda araştırma enstitüleri kurmuşlardır. Bugün Türkiye, gelişmiş ülkelerin kazandığı bu teknolojik deneyimden yararlanarak kendi metodunu oluşturmak durumundadır. Ancak bu deneyim iyi incelenerek kazanılan olumlu deneyimler doğrultusunda değişen yeni teknolojileri izleyerek ve yeni önerilerle katılarak geliştirilmelidir. Bilgisayar teknolojisinin etkisiyle ve internet erişimiyle değişen mimarlık eğitiminde, ders içerikleri ve uygulama yöntemleri bağlamında ülkemizdeki üniversitelerde uygulanan programın güncelleştirilmesi önemlidir. Bu bağlamda, bilgisayar bir eğitim ve ğretim aracı olarak, bir sunum aracı olarak, araştırma ve iletişim açısından bir eğitim aracı olarak önem kazanmaktadır. Bu açıdan internetin yüksek öğrenim programlarında kullanımı ve etkinliği hem uluslararası hem de ulusal düzeyde öncelikle açıklanmalıdır (Tokman, 1999).

Mimarlar ve mimarlık okulları farklı dinamikleri ve bakış açıları ile sayısal tasarım ve yeni ortam çalışmalarının odağını oluştururken, oldukça kısa geçmişi olan bazı girişimlerin güçlenebilmesi ise etkin işbirliklerinin ve paylaşımın arttırılmasını gerektirmektedir.

Araştırma kapsamında ele alınan STT kavramı, tasarım sürecinin ilk aşamalarından son ürünün temsiline kadar kullanılan, tasarımı yönlendiren ve süreci etkileyen bilgisayar tabanlı teknolojilerdir.

2.3 STT’de Kullanılan 3B Giriş Donanımları (Input Devices)

Tasarımcılar, bilgisayar ortamında tasarımlarını oluştururken 2B çizimlerden 3B modellemelere kadar birçok süreçten geçerler. Kendi tasarım süreçlerini oluşturup, kafalarında bu süreci planlarlar. Daha sonra bunu çizim ya da modelleme komutlarına dönüştürürler. Tasarımcılar için aynı zamanda hem tasarım üzerinde düşünüp hem de modelleme yapmak kolay bir süreç değildir.

Modern CAD yazılımları, tasarım sürecini hızlandırmak için bilgisayarın hesaplama gücüne başvurmuşlardır. Buna rağmen, birçok yazılımın giriş arayüzleri düşük seviyelerde komutlar barındırır. Genellikle tasarımcının kullandığı yazılıma adaptasyonu haftalar sürebilmektedir. STT’nde kullanılan 3B giriş donanımları, gereksiz zaman harcanan çizim ve modelleme komutlarını daha hızlı ve daha etkin bir biçimde kullanılmasını sağlamaktadır.

Tasarımcıların düşüncelerini doğrudan aktarım için süreç içerisinde en çok kullandıkları yöntemlerden biri serbest el çizimi ya da eskizdir. Bu bağlamda bahsedilen bu donanımların, serbest el çizimindeki gibi kolay ve sezgisel olmaları beklenmektedir. Tasarımcı açısından düşünülecek olursa, kullanım kolaylığı ve hızlı adaptasyonları gibi önemli özellikleri barındırmaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra el ya da vücuda iyi entegrasyonu (fiziksel ergonomi bakımından), rahat hareket için kablolu bağlantılarının olması gibi beklentileri karşılamaları da oldukça önemlidir.

STT’nde kullanılan 3B donanımlar el-göz-zihin koordinasyonunda çalışır. Tasarımcının araca ilettiği etkilere aldığı görsel, dokunsal geri besleme zenginliği, donanımı daha ilginç hale getirerek donanımı kullanabilmesi için gerekli beceri ve teknikleri geliştirmesine olumlu etki verir ve tasarımcının yaratıcılığı destekler. Zaman içinde donanıma entegrasyon ile tasarım süreci saydamlaşmakta ve sunduğu duyuşal deneyimlerin sürekliliğini getirmektedir.

Dokunma duyusunun el-göz-zihin sürekliliğindeki rolü ve mimarlığın malzeme ile yakın ilişkisi, tasarım sürecindeki etkinliğini ve temsiliyetini önemli kılmaktadır. Günümüzde, STT

ile sanal gerçeklikte 3B ile üretilen model, 3B donanımlar yardımı ile tasarımcıya mekanı "dinamik ve 3B" görsel ve işitsel deneyimleme ve temsil imkanı sunmaktadır.

STT ve donanımları mimarlara tasarım problemi ile gerçekleştireceği mekan arasındaki tasarım sürecinde aracılık etmektedir. Fiziksel olarak mimarlık ve mekan henüz yokken, tasarımcı bu donanımlar ile tasarladığı mekan ile ilişki kurmaya çalışır. Temsil teknolojileri ve teknolojik donanımlardan oluşan mimarın tasarım araçları, tasarımcıya aktarabildikleri mekansal deneyim ile mimari tasarım ürünü üzerinde etkili olmaktadır.

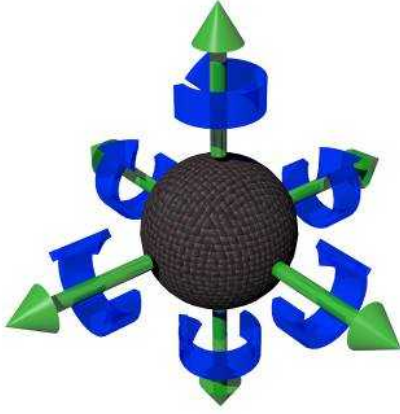
3B giriş donanımlarının, kullanıcıya, tasarım probleminin ilk aşamalarından son ürün aşamasına kadar olan süreçte, 3B konsept oluşturma, 2B veya 3B çizim ve modelleme gibi aşamalarda, kolay kullanım, süre, adaptasyon gibi katkıları bulunmaktadır.

STT'nde kullanılan 3B donanımlara mekansal deneyim imkanları açısından eleştirel yaklaşmak, hem gelişen teknolojileri anlamak, eski teknolojileri yeniden değerlendirmek ve yeni özelliklerini görmek; hem de mekan, mimarlık ve üretimi üzerine farklı düşünmek için fırsat yaratması açısından önemlidir.

Kendi avantajları ve dezavantajları barındıran çok çeşitli 3B giriş donanımı bulunmaktadır.

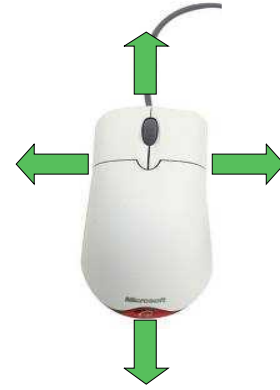
2.3.1 3B Fareler (3D Mouse)

STT'nde kullanılan 3B giriş donanımlarından, 3B fareler ekonomik açıdan en çok tercih edilen donanımlardandır. Tasarım sürecindeki aşamaların birçoğunda kullanılabilecek olan bu donanımlar genellikle, Degrees of Freedom (DOF) seviyeleri ile sınıflandırılmaktadır. DOF, hareketin yönlerini kapsamaktadır. Genel olarak DOF, Sağ-sol hareketi (X düzlemi), yukarı-aşağı hareketi (Y düzlemi), ileri-geri hareketi (Z düzlemi) ve Y düzleminin döndürülmesi ile oluşan hareketleri içermektedir. Örneğin klasik bir 2B fare (mouse) ya da joystick, 2 DOF donanımlarıdır (Şekil 3-1).



6 DOF

Aşağı-Yukarı, Sağ-Sol, Ön-Arka
Yuvarlama(Roll), Eğim Verme(Pitch),
Eksenden Çıkarma(Yaw)



2 DOF

Aşağı-Yukarı, Sağ-Sol

Şekil 2.1 DOF anlatımları – 2 ve 6 DOF seviyeleri (Gauldie – 2003)

3B fareler, tasarımcı çizim ve modelleme yaparken, sahnelerde rahatlıkla pan, zoom ve döndürme yapılabilen, aynı anda diğer el ile 2B klasik fareyle modelleri oluşturup düzenleme yapılabilir.



Şekil 2.2 CadMan- 3B fare örneği [1]

Bu donanımlarda bulunan uyarlamalı algılama teknolojisi, kullanıcının hangi tasarım-uygulama modunda olduğunu algılar ve kullanılabilir işlevleri otomatik olarak kolay okunur bir LCD ekranda görüntülenir. Gezinmeye daha az, düzenlemeye daha fazla zaman ayırmayı sağlayacak elverişli tek dokunmalı erişim için, sık kullanılan komutları 21 hızlı tuşa kaydedilebilir (Şekil 2.3).

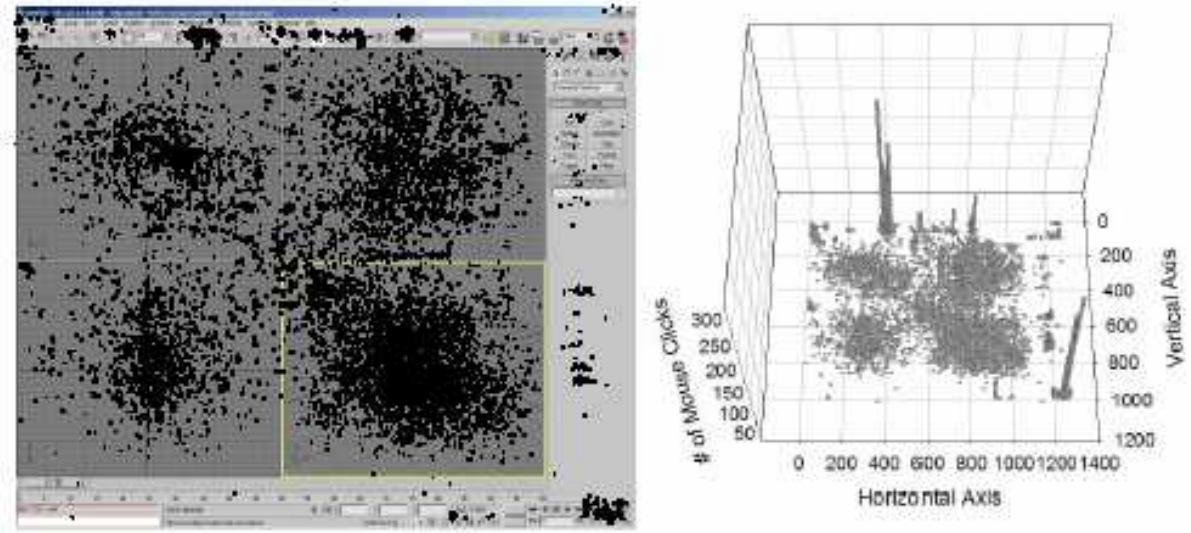


Şekil 2.3 SpacePilot- 3B fare örneği [1]

3D Connexion firmasının yaptığı bir araştırmaya göre, 3B fare kullanıcılarının, verimliliklerinin %30 oranında arttığı, klasik 2B fare ile yaptıkları hareketlerin %50 oranında azaldığı verilerine ulaşılmıştır. Yine aynı firmanın yaptığı bir diğer araştırma, 2003 yılında 250.000 kullanıcının 3B fare ile tasarım yaptığını ve % 90'ının bu kullanımdan memnun olduklarını göstermektedir [1].

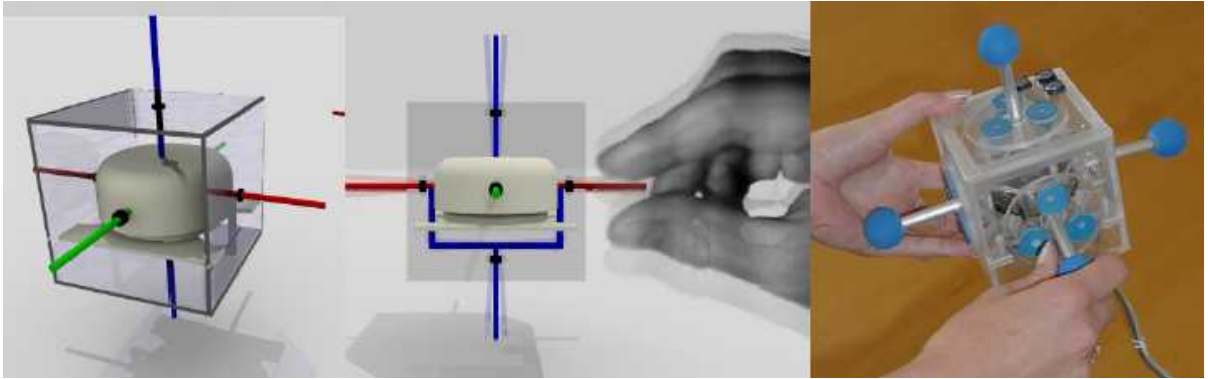
STT'nde kullanılan 3B giriş donanımlarından, 3B fareler ilk olarak Nasa tarafından uzay mekiklerinde hareket kontrolünde kullanılmıştır. Daha sonra CAD sistemlerinde test edilen donanımlar, grafik tasarım, ürün modelleme, sanal gerçeklik gibi pek çok alanda kullanılmaya başlanmıştır. 3D Studio Max, AutoCAD, SolidWorks, Cinema 4D, Maya, Rhino, Adobe Photoshop gibi birçok yazılım ile uyumlu çalışmaktadır.

Edinburg Collage of Art'da yapılan bir araştırmaya göre, kullanıcılar 3ds Max programında mouse hareketlerinin %80'nini move ve rotate komutlarında kullanmaktadırlar. Geri kalan %20'sini ise kontrol veya düzenleme komutlarında harcamaktadır (Şekil 3-4). 3B fare kullanımı ile bu oranlar %50 - %50 oranlarına dönüşmüştür. Bu bağlamda, tasarımı düzenlemeye harcanan vakit artmaktadır (Gauldie, 2003).



Şekil 2.4 3ds Max’de fare kullanımının analizi (Gauldie, 2003)

3B farelerin çok farklı şekilde tasarlanmış modelleri bulunmaktadır. Bunlardan biri Alman Ulusal Enformasyon Teknolojisi Araştırma Merkezi’nde Bernd Froehlich ve John Plate tarafından 2000 yılında geliştirilmiş, fiziksel koordinat sistemi ile çalışan sezgisel bir 3B giriş donanımı olan “*kübik fare*”dir. Donanım, küp şeklinde bir kutu, bu kutuya ortasından bağlanmış üç dikey çubuk ve küpün üzerindeki komut butonlarından oluşmaktadır. İki elle kullanım gerektirmektedir.



Şekil 2.5 Kübik farenin çalışma prensibi ve en sağda bir prototipi (Froehlich, 2000)

Kübik fare, 12 DOF seviyesini tek bir üniteye barındıran ilk 3B giriş donanımdır. 6 DOF’u arayüzde dolaşma için 6 DOF’u da tasarımı işlemek için kullanmaktadır. Üç dikey çubuk koordinat sistemindeki X, Y ve Z eksenlerini temsil etmektedirler.

Kübik farenin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. İlk olarak, sismik veri setinin üç ortogonal dilimini pozisyonlandırmak için yağ ve gaz endüstrisinde geliştirilmeye başlanmıştır. CT ve MRI taramalar gibi tıbbi alanda, ısı simülasyonları, model tasarımı gibi

otomotiv alanında, sismik veriler gibi jeoloji alanında kullanım örnekleri bulunmaktadır. Mimari tasarımda da uygulama örnekleri bulunmaktadır. Tasarım ortamının koordinat sistemlerini kullanıcının elinde çok rahat ve kolay bir şekilde yönlendirmesi, mimari tasarım alanında kullanılmasının en önemli kriterlerinden biridir (Froehlich, 2000).

Bir diğer 3B fare örneği de “*Flying Mouse*”dur. 3B model tasarımı için havada hareket ettirip döndürülebilen bir 3B giriş donanımıdır. Serbest el hareketi imkanı sağlamaktadır. CAD/CAM (Computer Aided Manufacture) uygulamalarında, animasyonlarda ve sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılmaktadır. Doğal el hareketlerini sağlaması, öğreniminin kolay olması ve yüksek hıza sahip olması, donanımın avantajlarıdır. Dezavantajları ise, sınırlı hareket alanına sahip olması, kullanıcının elinin havada olmasından kaynaklı kullanıcı yorgunluğudur.



Şekil 2.6 Flying mouse kullanımı [2]

3B farelerin değişik bir versiyonu da “*İztopu (Trackball)*”dur. İztopu masaüstünde sabit durur ve üstündeki top tek parmak ile döndürülerek imleç hareketi sağlanır.



Şekil 2.7 Logitech iztopu örneği [2]

Tasarım sürecinde 3B giriş donanımı olarak kullanılan, oyun konsolu olarak bildiğimiz “*Manevra kolu (Joystick)*” da 3B fareler arasında sayılabilmektedir. Sabit bir taban üstünde bulunan yatay bir çubuktan oluşur. Çubuk istenen yöne doğru eğilerek imleç hareketi sağlanır. Çubuğun üst kısmında başparmak ve işaret parmağı ile basılabilen düğmeler bulunur.



Şekil 2.8 İki manevra kolu örneği [2]

3B fareler gibi 6 DOF seviyesi bulunmaktadır. Yine bu donanımda X, Y ve Z eksenlerini kavramakta kullanıcıya yardımcı olmaktadır. Ek bir sürücü yüklenerek tasarım sürecinde 3B giriş donanımı olarak kullanılabilir.

Bazı modellerde yönlendirmeler çubuk üzerinden, bazı modellerde ise üzerinde bulunan yön tuşları ile yapılabilmektedir. Masaüstü kullanımı ve el kontrollü kullanım için çeşitleri bulunmaktadır. Üzerindeki tuşlara, tasarım sürecinde kullanılan yazılım komutları yüklenerek kullanılabilir.

Genellikle oyunlarda ve bilgisayarlı robot sistemlerinde kullanılmaktadır. Manevra kollarının bilgisayarda 3B fare yerine giriş donanımı olarak kullanılması, diğer sektörlerde de giderek yaygınlaşmaktadır.

2.3.2 Dokunmatik Ekranlar

Bu teknoloji dokunmaya duyarlı bir ekranın üzerine herhangi bir araç kullanmadan parmaklarınızla yönlendirilebilen bir donanımın ve yazılımın ürünlerinden oluşmaktadır. Dokunmatik ekranların çalışma prensipleri, kullanım amaçlarına ve bulunacakları yere göre birkaç farklı çeşitte olabilmektedir. Bu tür ekranlarda günümüzde kullanılan üç temel teknoloji bulunmaktadır [3].

1. Dirençli (Rezistif) Teknoloji
2. Yüzey Dalgası (Surface Wave) Teknolojisi
3. Kızılötesi (Infrared) teknolojisi

Dirençli teknoloji; dayanıklılığı arttırmak için cam panel, ön yüzü kalın ve yalıtkan iç yüzeyi ise iletken özellikte polyester bir malzemeyle kaplanmıştır. Cam panel ile kaplama malzemesi arasında şeffaf ve yalıtkan nokta alanlar mevcuttur. Yüzeye dokunulduğunda nokta alanlar aracılığı ile anahtarlama yüzey katmanlar temas haline geçerler. Kontrol kartı aracılığı ile dokunulan noktanın X ve Y koordinatları belirlenir. Ekran önünde birden fazla katmanın olması nedeniyle, yüzey dalgası teknolojisine göre daha güçlü bir temasa ihtiyaç duyarlar.



Şekil 2.9 Dirençli dokunmatik ekranlarda kullanılan kaplamanın yapısı [3]

Üzerine yapışan toz, kir gibi etkenler dokunma etkisi yaratmadığından dolayı ve eldiven, kalem gibi ekrana baskı uygulayabileceğiniz her türlü dokunma etkisiyle çalışabilirler. Bu özelliği nedeniyle açık alan uygulamalarında ve ağır kirlilik koşullarında çalışılması gereken durumlarda; örneğin endüstride, hastanelerde, sürekli yanınızda dere tepe gezdireceğiniz el bilgisayarlarının ekranlarında ve kamuya açık alanlarda kullanılan cihazlarda bu teknolojiyen faydalanılır [3].

Yüzey dalgası teknolojisi; elektrik akımını iletme ve almaya yarayan iki ana ünitelerden oluşurlar. Kontrol kartı, çevirici üniteye 5 MHz büyüklüğünde sinyaller gönderir. Ses dalgasına çevrilen bu sinyaller cam yüzeye ulaşır. Yüzeye yayılan sinyaller, elektrik sinyaline tekrar dönüşür ve bu sinyaller aracılığı ile yüzeyin bir dijital haritası oluşturulur. Yansıtıcılar yoluyla dokunmatik ekranın sayısal haritasına elektrik sinyalleri olarak ulaşır. Alınan sinyal, sayısal haritadaki mevcut sinyaller ile karşılaştırılarak dokunulan noktanın koordinatları hesaplanır. X ve Y eksenler için aynı işlem bağımsız olarak yapılır. Yüzey tarafından emilen sinyal miktarı ölçüldükten sonra, sayısal olarak belirlenen koordinatlar bilgisayara bildirilir.

Bu teknoloji, dirençli teknolojiye oranla daha modern bir tekniğe sahiptir ve ekranın üzerinde polyester bir kaplama olmadığından dolayı bu teknolojiye sahip dokunmatik ekranlar kullanıcılarına daha canlı bir görüntü sunarlar. Bu nedenle sunumun ön plana çıktığı durumlarda, örneğin pazarlama, bilgi sağlama, oyun, elektronik katalog gibi uygulamalarda bu teknoloji tercih edilir. Ancak ses dalgalarının uzun mesafede giderek etkisini yitirmesi yüzünden, belli bir boyutun üzerindeki ekranlar için bu teknolojinin kullanılması uygun değildir [3].



Şekil 2.10 Dokunmatik ekran kullanımına bir örnek (Carpendale, 2005)

Kızılötesi teknolojisi ile üretilen monitörlerde ekran çevresine gözle algılanmayan infrared alıcı ve verici üniteler yerleştirilmiştir. Verici ünitelerin kontrol kartı denetimi ile sık aralıklarla kızılötesi ışık yollayarak ekran üzerinde görünmeyen bir ızgara oluşturulur. Bu sinyaller karşı köşedeki alıcılar tarafından algılanmalıdır. Ekran dokunulduğunda alıcı ve vericilerin sinyal almasına engel olabilecek herhangi bir cisim, sinyalin alıcı kısım tarafından alınamamasına neden olur. Bu noktada, kontrol kartı hangi alıcıdan sinyal gelmediğini kontrol ederek, dokunulan noktanın koordinatlarını belirler ve bilgisayara bildirir.

Bu teknolojiye sahip cihazlar, geniş mesafede dokunma algılama yeteneğine sahiptir ve direkt güneş ışığından veya sudan etkilenmezler. Bu nedenle özellikle dev plazma ekranların dokunmatik hale getirilmesinde tercih edilirler. Kızılötesi teknolojisini, kolay monte edilen bir çerçeve sayesinde hemen her ortama kolayca adapte edilebilme özelliğine sahiptir. Hatta bu işe özgü yazılımı geliştirmek şartıyla bu tarz bir çerçeveyi vitrine yerleştirilerek dokunmatik bir vitrin bile oluşturabilir. Örneğin vitrindeki bir ürün hakkında bilgi almak isteyen müşteri, vitrinde o ürünün karşısına dokunarak yine vitrine yerleştirilmiş özel bir yazılıma sahip bilgisayar ekranından fiyat ve garanti bilgilerine bile ulaşabilir [3].

2.3.3 Çizim Tabletleri

Diğer adıyla dijitalleştirme tableti, grafik pad, grafik tableti, sayısallaştırıcı tablet olarak adlandırılan, fare, iztopu ve diğer giriş cihazlarıyla birlikte veya onlara alternatif olarak kullanılabilecek giriş birimidir [4].

Birbirine bağlı, çizim için düzgün bir alandan oluşan tablet ve birlikte çalışmak için programlanmış kalem (stylus) oluşur. Çubuk, tablet üzerinde kalem gibi hareket ettirilerek bilgisayar ekranında çizim yapmak için kullanılır.

Çizim tabletleri, kullanımı konforlu olan bir kalem ile birlikte kullanılmaktadır. Bazı kalemler pilli, bazıları pilsizdir. Kalem tablete bağlı olabilir veya bağımsız olabilir. Kalemlerin çoğunda belli görevleri yapmak üzere programlanabilecek tuşlar bulunur. Bu tuşlara farenin sağ, sol veya orta tuş görevlerini atanabilir. Bazı modellerinde kalemin arkası silgi olarak kullanılabilir. Bazı tablet üreticileri bağımsızca programlayabilecek farklı kalemler de sunmaktadırlar [4].



Şekil 2.11 Wacom çizim tableti [5]

Günümüzdeki çizim tabletlerine benzeyen ilk örnek 1964 yılında sunulan RAND Tablet, diğer adıyla Grafacon'dur. Tablet'in yüzeyinin altında ızgara şeklinde yer alan kablolar ufak bir manyetik sinyal ile gelen yatay ve düşey koordinatları sıkıştırılmaktadır. Kalem manyetik sinyali almakta ve koordinat bilgisi olarak geri göndermektedir [6].

Çizim tabletleri 1970 ortasında popülerleşmeye başlamış, 1980'lerin başında Summagraphics Corp firmasının ürettiği ID (Intelligent Digitizer) ve BitPad ile ticari başarıya ulaşmıştır. Bu

cihazlar birçok üst seviye CAD sistemlerinin yanında kullanılmış, PC'lerin ve PC tabanlı AutoCAD gibi CAD yazılımlarının yanında paket olarak verilmiştir.

SummagraphicsBitPad'in önemli bir versiyonunu Apple II'lerin yanında aksesuar olarak verilmek üzere Apple firmasına üretimini yapmıştır. Bu tabletler, özel bir alaşımdan üretilen tellerin katı bir alt tabakanın üzerine yerleştirilip dijital kalem (stylus)'in ucunun yerini hassas bir şekilde tespit etmesini sağlayan magneto-strictive teknolojisini kullanmaktadır. Bu teknolojinin diğer adı Proximity veya "Z" eksen ölçümüdür [6].

Ev bilgisayarları için üretilen ilk çizim tableti KoalaPad'dir. Apple II için tasarlanmış olmasına rağmen, uygulanabilirliğini grafik destekleyen TRS-80 Color Computer, Commodore 64, ve Atari 8-bit ailesi tüm bilgisayarlara yaymıştır. Sonrasında rakip marka tabletler de üretilmiştir.

Modern grafik tabletler RAND Tablet ile benzer bir mantıkta çalışmaktadır. Günümüzde kullandığımız çizim tabletlerinde yataydaki ve düşeydeki teller ince yalıtkanlar ile ayrılmıştır. Basınç uygulandığında kesişim noktasındaki teller birbirine değmekte ve elektrik akımının bu tellerden geçmesini sağlamaktadır. Bu sayede kalemin tam olarak koordinatı belirlenmektedir. Kalemin algılanması tablet zemininin 2,5cm üzerinde oluşturulan zayıf manyetik alan ile de algılanabilmektedir [6].

Tablet seçiminde boyut ilk sırada gelen bir özelliktir. Tasarımcılar, CAD kullanıcıları ve teknik illüstratörler daha büyük çalışma alanına ihtiyaç duyabilmektedir, fakat boyutla birlikte maliyet de artmaktadır. Birçok kullanıcı kol hareketini minimum ölçüde gerçekleştirmek istediği için ufak tablet tercih etmektedir [4]. Ancak tasarımcıların alıştığı çizim masası büyüklüklerinde de çizim tabletleri bulunmaktadır. SPIP (Service for Prototype Implementation & Production) firmasının geliştirmiş olduğu bu modellerde, eskiz dışında teknik çizimler de yapılabilmekte ve bilgisayar ortamına aktarılabilir.

Şekil 2.12'de bulunan SPIP firmasının geliştirdiği çizim masasında, dijital bir kalemle teknik uygulama projeleri çizilebilmektedir. Tavanda bulunan bir projektörden, çizim masasına yansıtılan bilgisayar ekranı üzerinde, tasarımcı dijital bir kalem ile tasarımını oluşturabilmektedir. Oluşturulan tasarım, sayısal ortama aktarılıp çeşitli yazılımlar ile geliştirilebilmektedir.



Şekil 2.11 SPIP firması tarafından geliştirilen sayısal çizim masası [7]

Çizim tabletlerinde, basınç kademesi, tabletin veya kalemin ucunun basınca duyarlılığını temsil eder. Birçok tablet 256, 512 veya 1024 kademe basınca duyarlıdır. Basınç-hassasiyeti çizgi kalınlığını, saydamlığı ve/veya renk geçişini kontrol eder. Basınç hassasiyeti yükseldikçe, tablet daha iyi tepki verir; çalışırken daha doğal hissedilmesini ve kontrol etmeyi sağlar. Yüksek basınç hassasiyeti olan tabletlerde çizgilerin inceden kalına geçişi daha yavaş ve düzgün gerçekleşmektedir [4].

Çizim tabletlerinin bir diğer önemli özelliği de yazılımlar ile olan uyumudur. MS-DOS işletim sisteminin yaygın olduğu dönemde çizim tabletleri, işletim sisteminden bağımsız olarak, kullanılan yazılıma tanıtılırdı. Bu şekilde tablet yalnızca belli bir yazılım ile kullanılabiliyordu. Windows işletim sistemlerinin yaygınlaşmaya başlaması ile birlikte wintab olarak adlandırılan ara yüz tableti fare gibi işletim sistemine tanıtmaktadır. Bu şekilde çalışıldığında fare ya tamamen devre dışı kalır ya da fare ile çizim tableti birlikte çalışabilirler. Birlikte çalışma durumunda tabletin işaretleme birimi tabletin aktif bölgesinde ise fare pasif değilse aktif duruma geçer.

Çizim tabletleri, mimari tasarımda kullanıldığı gibi, ses ve video düzenlemeleri, dijital fotoğrafçılık, endüstri tasarımı, tıbbi uygulamalar, web tasarımı, mühendislik, sunum ve eğitim alanları gibi birçok alanda kullanılmaktadır.

Çizim tabletlerinin bilgisayar ile bütünleşik olduğu “ *Tablet PC*” son yıllarda hızla yayılan ve ülkemizde de yavaş ama artan bir ivmeyle satışı yapılmakta olan bir cihazdır. Diz üstü bilgisayar özelliklerinin yanı sıra özel ekranı ve kalemi sayesinde, ekran üzerine yazı yazabilmektedir. Ekranı 180 derece döndürölüp katlandıktan sonra, çizim tabletlerinde olduğu gibi, özel kalemi sayesinde el yazısı ile yazılan yazıları bir silgi gibi silbilmektedir [8].



Şekil 2.12 EasyPad tablet PC örneği [8]

Bunların dışında Tablet PC’nin diğer bir özelliği ise ses tanınmasıdır. Yani bilgisayarı ses komutlarıyla hareket ettirebilmektedir. Öncelikle uzun bir ses tanıma testi uygulanmakta daha sonra ise kullanıcının sesini algılayabilmektedir. Örneğin kullanıcı “Click the button” cümlesini söylediğinde bunu bilgisayar algılayabilmektedir.

2.3.4 Sanal Gerçeklik 3B Giriş Donanımları

Sanal gerçeklik, bilgisayar ortamında oluşturulan 3B resimlerin ve animasyonların teknolojik araçlarla insanların zihinlerinde gerçek bir ortamda bulunma hissini vermesinin yanı sıra, ortamda bulunan bu objelerle etkileşimde bulunmalarını sağlayan teknoloji olarak tanımlanabilir.

Sanal gerçeklik, gerçek dünyaya ilişkin bir durumun, bilgisayar tarafından yaratılmış 3B bir benzetimi içinde, kullanıcının bu benzetim ortamını vücuduna giydiği çok özel aygıtlar yardımıyla duygusal olarak algıladığı ve bu yapay dünyayı yine bu aygıtlar aracılığı ile etkin olarak denetleyebildiği sistemlerdir. Sanal gerçeklik uygulamaları, kullanıcılarına bilgisayar tarafından yaratılmış yapay dünyaya girebilme, orada çeşitli deneyimler yaşama ve orayı yönlendirebilme olanağı sağlar (Kayabaşı, 2005).

Her alanda etkin olarak kullanılabilecek olan sanal gerçeklik, bilgisayara dayalı, etkileşimli ve çoklu ortam teknolojisi. İnsan ve makine arasındaki iletişimi artırmak için geliştirilen, insan duygularına hitap eden, öğrenmede yani davranış değişikliği oluşturmada oldukça etkili bir teknoloji olduğunu söyleyebiliriz. Bu teknoloji, insan-makine etkileşimini görsel ve işitsel iletimle yetinmeyip, hissetme yoluyla artırma çalışmasıdır.

Sanal gerçeklik, tasarımcının bilgisayar girdilerine karşılık geri bildirim almasıdır. Sanal gerçeklik araçları, duyularına, amacına ve işlevine göre çeşitlilik gösterir. Vücut hareketleri 3B pozisyon sensorları ile, el hareketleri özel eldivenlerle izlenir ve uygulanır. Sanal geri bildirim bilgisayara gönderilir. Sanal ses 3B ses jeneratörleri ile işlenir. Ekran perspektifi ve yönlendirmesi iztopu (trackball) ve manevra kolu (joystick) ile değiştirilebilir.

Sanal Gerçeklik Veri Eldivenleri

Sanal gerçeklik sistemleri, tasarımcının, tasarım ile etkileşebilmesini ve hissedebilmesini sağlamak üzere bir sunum sistemi ve bir bağlantı sisteminden oluşur. Bu sistemler ile oluşturulan tasarımlarda, tasarımcılar, içinde bulundukları sanal ortamda bir denetim mekanizması ile hareket edebileceği gibi yapacağı el hareketlerini bilgisayara ileten özel eldivenler kullanabilmektedirler.

Kullanılan bu sanal gerçeklik veri eldivenleri, fiber optik kablolar ile bilgisayara bağlanmıştır ve tasarımcının elini kullanarak yaptığı her hareketi bilgisayara iletmektedir. Bu eldiveni giymiş bir tasarımcı ekranda bir el şekli görmekte ve el kullanıcının gerçek el hareketleri ile yönetilmektedir.



Şekil 2.13 İmmersion firmasının CyberGlove isimli sanal gerçeklik eldiveni [9]

Tasarımcının elini adeta ikinci bir deri gibi kaplayan ve hem tasarımcının her hareketini bilgisayara iletebilen hem de tasarımcıya yaptığı her hareketin sonucunda fiziksel bir uyarımı hissettirebilmektedir. Sanal ortamda dokunulan bir modelin, yüzey dokusunu hissedebilmek örnek olarak verilebilir.

Sanal gerçeklik 3B giriş donanımı olan veri eldivenleri ile elin yaptığı her hareketin sanal bir çizim yüzeyinde ifade edilmesi sağlanmıştır. Kullanıcının el hareketlerinden yüzeyler oluşturabilmekte, bu yüzeyler modifiye edilebilmektedir.



Şekil 2.14 “Surface Drawing” sisteminin kullanımı (Schkolne, 2001)

Şekil 2.14’de görülen Surface Drawing sistemi ile 3B nesneler oluşturulabilmektedir. Bir sanal çizim yüzeyi, dokunma hisli bir eldiven ve sanal gerçeklik gözlüklerinden oluşan bu sistemle, çok kolay ve hızlı bir şekilde tasarımlar gerçekleştirilebilmektedir.

2.3.4.1 Sanal Gerçeklik Araçlarının Kullanım Alanları

Sanal gerçeklik uygulamaları geniş bir alana yayılmıştır. Bilgisayar destekli tasarımda, tıbbi teşhis ve tedavide, fiziksel ve biyoloji bilimlerindeki bilimsel deneyimlerde, pilot ve astronotların eğitimi için uçuş simülatörlerinde ve eğlence olarak 3B video oyunlarında kullanılmaktadır. CAD en geniş şekliyle endüstriyel sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılmaktadır. Bu teknoloji ayrıca ecza ve biyoteknoloji firmaları tarafından yeni ilaçların compüterize edilmiş davranışlarını geliştirmek ve gözlemlemek için kullanılmaktadır. Ayrıca doktorlar hasta vücudunun sanal bir modelinin oluşturulup sorgulanmasında faydalanmaktadır [10].

Sanal gerçeklik, kullanıcının, görsel, duygusal, dokunmayla, koku ve tatla algılanan hissel seçeneklerle etkileşimde bulunarak, gerçek zaman simülasyonlarıyla ilişkilendirilmesidir. Sanal gerçeklik bunların yanında, askeri alanlarda sanal olarak senaryolar doğrultusunda

oluşturulmuş savaşa hazırlık çalışmalarında, mühendislik alanlarında özellikle nükleer çalışmalarda, tıp eğitiminde özellikle uygulamalı tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır. Öğrenciler sanal ortamlarda oluşturulmuş kadavralarda istedikleri çalışmaları yaparlar ya da insan vücuduna bir yolculuk yapabilirler. Bir doktor çok tehlikeli bir ameliyatı kolayca, tehlikesizce ve tekrar yapabilir. Yine yabancı dil eğitiminde öğrencilerin eğitilmesi amacıyla etkin bir şekilde kullanılabilir.

Sanal gerçeklik yukarıdaki kullanım alanlarının dışında tedavi, rehabilitasyon, eğlence, sanat ve eğitimin çeşitli alanlarından finansal konulardaki problemlerin çözümüne kadar çok geniş bir alana hitap etmektedir. Özellikle NASA’da astronotların eğitimlerinde sanal kokpitler oluşturularak pilot eğitimlerinde, sanal tatbikatlarla askeriyede kullanılmaktadır. Yine sanal ortamlarda müzisyenler müzik üretmekte, sanal müzelerle kültüre hizmet etmektedirler. Normal şartlarda tehlikeli olabilecek ya da yapılması olanaksız olan deneylerin yapılmasına olanak vererek, incelemeler gözlemler yapılmaktadır. Aynı zamanda bilime hizmet etmektedir (Kayabaşı, 2005).

Sanal gerçeklik, pahalı bir teknoloji olmasına karşılık birçok alanda eğitim-öğretim amaçlı olarak sınırlı da olsa kullanılmaktadır. Geleceğin yeni öğretim ortamlarını oluşturacağı söylenebilir. Okullarda bu sistem kullandığı takdirde, öğrencilerin motivasyonu artırılarak öğrenmelerde kalıcılık sağlanmış olacaktır. Sanal gerçeklik araçları yeni bir teknolojik gelişme olmasına rağmen öğretim materyali olarak, yararlarının ölçülmesi için bir takım çalışmalar halen devam etmektedir (Kayabaşı, 2005).

2.3.4.2 Sanal Gerçeklik Araçlarının Mimarlık Alanında Kullanımı

Pek çok kullanım alanının yanı sıra, sanal gerçeklik, mimarlık için de son derece yararlı bir donanımdır. Mimari tasarımda CAD yazılımıyla 3B arayüzün entegrasyonu yanında sanal gerçekliğin pek çok başka kullanımı da var. Sanal rekonstrüksiyon halen geliştirilmeye devam etmektedir. Çağdaş ya da tarihi tasarımların sanal ortamda rekonstrüksiyonu eğitsel ve eleştirel değerlendirmeye ait tasarım düşüncelerinin yaygınlaşmasını sağlayacak.

Mimarlar ve tasarımcılar, ürünlerin ve yapıların 3B modelleri üzerinde test ve tasarım işlemleri yapmakta kullanırlar. Sanal gerçeklik, örneğin bir yapı daha inşa edilmeden, ekranda olan bir model binanın içine girerek gezmek, fonksiyonel olup olmadığını incelemek, günün değişik saatlerinde güneşin etkisinin nasıl olduğunu bilmek veya binanın belirli derecedeki depreme dayanımını ölçmek için tasarım özelliklerini kritik edebileceğimiz bir ortamı sağlamaktadır. Ayrıca renk, aydınlatma ve ergonomi gibi faktörlerin de önceden denenmesi

mümkündür. Sanal gerçeklik 3B donanımlarının mimarlık alanında kullanımından, Bölüm-4’de daha detaylı bahsedilecektir.

2.3.4.3 Sanal Gerçeklik Donanımlarının Gelişimi

Ülkemizde, sanal gerçeklik sistemlerinin geliştirilmesi ile ilgili olarak üretim ve tasarım aşamasında yapılan çalışmalar çok kısıtlıdır. Ülkemizde donanım üretimi yapılmamaktadır. Tasarım olarak ise 3B web sitesi tasarımı ve kullanıcıya yönelik arayüzlü e-ticaret amaçlı sanal gerçeklik sistemleri tasarlanmıştır (Zengin – 2006).

TÜBİTAK-BTAE ortak çalışması ile çok kanallı veri toplama sistemi hayata geçirilmiştir. Bunun yanında 3B ses sistemleri hemen hemen her sinemada ve ev sinema sistemlerinde kullanılmakta ve 3B bilgisayar oyunları da birçok müşteri tarafından rağbet görmektedir.

Sanal Gerçeklik Sistemleri ülkemizde pek kullanım yaygınlığına sahip olmasa da Onitron Bilgi A.Ş. sanal gerçeklik sistemlerinin nitelikleri ve bazı sistemlerin kullanımı üzerine eğitim vermektedir.

Yurtdışında Sanal Gerçeklik Sistemleri üzerine birçok firmanın yanında sivil toplum örgütleri de çalışmalar yürütmektedir. Sanal Gerçeklik söz konusu ülkelerde teknolojinin ötesinde felsefe alanı olarak da tartışma konusu olmakta ve sanal gerçekliğin geleceğe vereceği şekil yadsınmamaktadır. Ülkemizde ise bu bilinç yeterince olgunlaşmamıştır (Zengin, 2006).

2.3.5 Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli 3B Donanımlar (Haptic Devices)

Son yıllarda geleneksel tasarım yöntemlerinden STT’ne geçiş değişimi yaşanmaktadır. STT, tasarım sürecinde ve sunumunda gittikçe artan bir etkiye sahiptir. Tasarımcı ile bilgisayar modeli arasında fiziksel ilişki kurularak çalışılmasını sağlayan, 3B modellemede, tasarıma dokunma hissi veren donanımlar artış gösteren bir ilgiye sahiptir.

Dokunma hisli / kuvvet geri beslemeli donanımlar, bilgisayarda 3B tasarım sürecinde, tasarımcı ile bilgisayar arasında fiziksel etkileşimi olanaklı kılan, kullanıcı hareketlerine karşılık veren ve dokunma hisli tasarım olanakları sağlayan cihazlardır [11].

Alıştığımız fare kullanımı yerine sayısal kontrol aracı olarak tanımlayabileceğimiz bu donanımlar ile çalışırken, tasarımcı bir heykeltıraş gibi tasarımını modelleme yeteneğine sahip olmaktadır. Bu donanımlar ile tasarımı oluştururken, hızlı ve özgürce çalışılabilmektedir. Yeni fikirler keşfedilebilmekte, detaylar ile zaman kaybedilmemektedir. Bir eskizde tasarım

yapmak gibi benzer fiziksel modelleme özellikleri bulunmaktadır. Bu donanımlar ile çalışırken sınırsız fikirler doğabilmektedir.

Tasarımı el ile şekillendirmek, tasarım ile etkileşim, tasarımı bir heykeltıraş gibi yontmak, tasarıma dokunmak, hissetmek ve tutmak, tasarımın etrafında dolaşmak gibi özellikleri olanaklı kılmaktadır. Kısaca tasarımcının, tasarımı hissetme yeteneğine sahip olmasını sağlamaktadır.

Tasarımcıların konsept oluşturmada son ürüne kadar olan ürün geliştirme süreçlerinin oluşturulmasına olanak sağlar. Dokunma hisli tasarım sayesinde kullanıcı ürün üzerinde karmaşık formları kolayca oluşturabilir. Bu donanımlar, tasarımcının fiziksel, geleneksel yöntemlerden tamamen sayısal ortama geçmesine olanak sağlar. Tasarım kalitesinden ödün vermeden tasarım süreci önemli bir şekilde azaltılabilir. Tasarımcının aklından tüm geçenler direkt olarak tasarıma yansıtılabilir.. Her türlü ayrıntı ya da ifade tasarımda kendini göstermektedir [11].

Tasarım halindeki skeçleri, 2B çizimleri, 3B tarayıcılar ile oluşturulmuş modelleri ya da 3B olarak çalışılmış maketlerden aktarmalar yapabilir ya da üzerlerinde çalışmalar gerçekleştirilebilir. Zamandan kazanarak çalışıp ve modelleri özgürce taslak haline getirip ve ardından yeni fikirler keşfedilebilir. Daha sonra tasarım sade haline getirilip, detaylar eklenebilir. Oluşturulmuş tasarım daha sonra üretim adına 3B yazıcılarda imal edilebilir veya diğer CAD yazılımlarına aktarılabilir [11].



Şekil 2.15 Sensable firmasının “Desktop Arm” modeli [12]

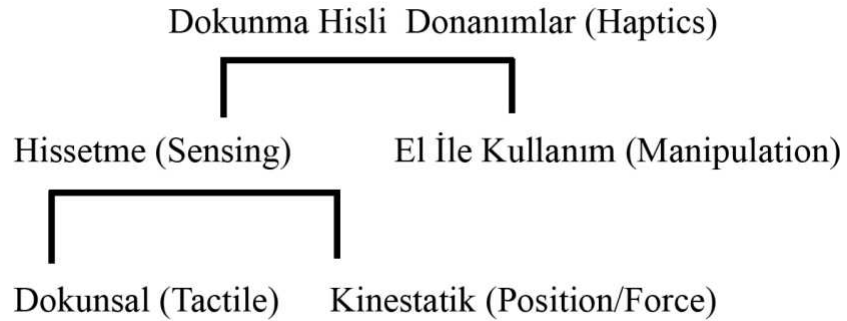
Dokunma hisli / kuvvet geri beslemeli donanımlar, dokunma hissinin yanı sıra, tasarımcıya ifade etmek istediklerini gerçekleştirebilmek için çok sayıda uzmanlaşmış gereçlerin

kullanımına da imkan sunmaktadır. Bu gereçlerin her birinin dokunabilmenin beraberinde getirdiği karmaşık kontrolleri ve detayları vardır.

- Bilgisayarda 3B modelleme yaparken karşılaşılan kısıtlamalar olmaksızın dokunma hisli tasarlama ile tasarımla direk etkileşimi gerçekleştirir,
- Tasarımın fiziksel modellemesindeki (maket) etkileşim ile modelleme gerçekleştirirken sayısal ortamın esnekliğini ve verimliliğinin kullanımını sağlar,
- Hassas kontroller ile tasarımı doğal etkileşim ile tasarlamayı sağlar,
- Teknik resim kriterlerine uyarak estetik ve organik formlar şekillendirilebilir,
- Toplamda daha fazla tasarım ve tasarım alternatifleri oluşumuna olanak verir [11].

Dokunma Hisli / Kuvvet geri beslemeli donanımlar için kaynaklarda farklı birçok sınıflandırmaya rastlanılmıştır.

Bahar Şener'in 2002 yılında, Uluslararası Tasarım Konferansı'ndaki bir makalesinde, bu donanımları aşağıdaki gibi sınıflandırmıştır (Şekil 2.16).



Şekil 2.16 Dokunma Hisli Donanımlar (Haptics) Sınıflandırma (Şener, 2002)

Harvard Üniversitesi'nden Robert Howe'un 2002 yılındaki makalesinde ise, bu donanımlar aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Parmak Tabanlı Sistemler (Finger-based Systems)
- El Tabanlı Sistemler (Hand-based Systems)
- Kola Monte Edilen Sistemler (Exoskeletal Systems)
- İnsan Kontrollü Robotlar (Collaborative Robots – Cobots)

Novint Technologies internet sitesi bu donanımları, farklı kategorilere ayırmaktadır.

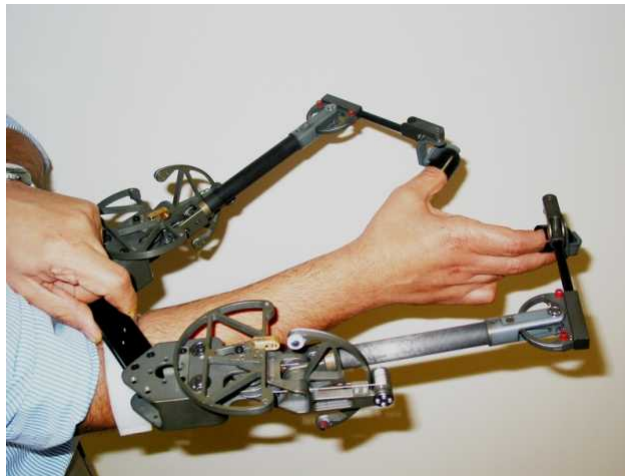
- Kuvvet Geri Beslemeli (Force feedback) Sistemler
- Dokunsal Geri Beslemeli (Tactile feedback) Sistemler
- Kinestatik (Kinesthesia) Sistemler

Dokunma Hisli / Kuvvet geri beslemeli donanımların masaüstünde çalışan çeşitleri, 3B fareler gibi 6 DOF seviyesine sahiptir. Aracın ucunda bulunan kalem şeklindeki kontrol aracı ile X, Y, Z düzleminde modelin hareketi sağlanmaktadır.



Şekil 2.17 Masaüstü çalışmaya yönelik dokunma hisli donanım örneği [12]

Genel olarak bu donanımlar, insan eli veya kolunun hareketleri ile uyumlu hareketlerle modelleme yapmaktadır. Birçoğu masaüstünde çalışmaya yöneliktir ve insan eliyle çalışmaktadır. Fare (mouse) ve oyun kolu (joystick) çeşitleri bulunmaktadır. Bunun yanı sıra bir eldiven gibi ele takılan, kolun tümüne takılan türleri de vardır (Şekil 2.17).



Şekil 2.18 “Pincher” kola takılan dokunma hisli donanım örneği [13]

2.3.5.1 Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli Donanımların Kullanım Alanları

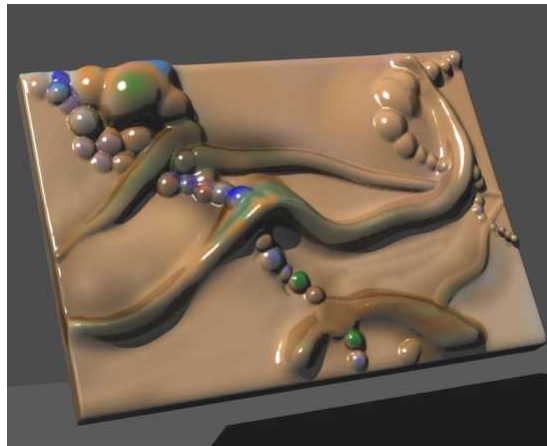
Tıbbi alanda; sanal endoskopi, cerrahi eğitim, karaciğer, diz ameliyatları simülasyonları gibi kullanım alanlarının yanı sıra, rehabilitasyon ve diş alanında da kullanılmaktadır.

Mühendislik alanında; konstrüksiyon simülasyonlarının testlerinde, yol projelerinin bakımında, imalat analizinde, otomotivde, araba içinde kullanılan nesnelerin tasarımında, motor parçaları tasarımında kullanılmaktadır. Bu donanımlar, günümüzde kullanılan 3D CAD sistemlerinin esneklik vermediği bazı özel kalıp ve ürün tasarımlarında yüzey ve katı modelleme yazılımları için tamamlayıcı bir fonksiyona sahiptir. Daha önceleri, CNC ile imalat sonrası el işçiliği ile yapılmak zorunda kalınan bazı karmaşık kalıp modifikasyonları artık bu sistem ile sayısal ortamda kolay ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilir.



Şekil 2.19 Dokunma hisli donanım ile modellenen otomobil koltuğu modeli [12]

Endüstri tasarımında; mücevher, hediyelik eşya, ayakkabı tabanı, oyuncak gibi tasarımların modellemesinde sıklıkla kullanılmaktadır.



Şekil 2.20 Dokunma hisli donanım ile modellenen seramik modeli [12]

Animasyon, film alanında; film karakterleri gibi karmaşık modellerin tasarımı rahatlıkla yapılabilir. X-Men, Sky Captain ve the World of Tomorrow gibi filmlerde, özel modeller bu donanımlar ile tasarlanmıştır. Animasyonlarda ve video oyunlarında kullanılan karakterlerin Maya, Cinema 4D gibi yazılımlarda modellenmesi, bu sistemle oldukça kolaydır [12].



Şekil 2.21 Dokunma hisli donanım ile modellenen Alien modeli [12]

2.3.5.2 Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli Donanımların Mimarlık Alanında Kullanımı

Geleneksel tasarım sürecinde, tasarımcılar, konsept tasarımlarını eskizler üzerinde oluşturup, tasarımın gelişme sürecine ya kağıt üzerinde ya da bilgisayardaki yazılımlar üzerinde devam etmektedir. Tasarımın sunum aşamasında ise, 2 boyutlu görselleştirme teknikleri veya 3B modellemeler yapılmaktadır. Bu sistemler ile bu süreç oldukça değişmiştir.

Dokunma hisli / kuvvet geri beslemeli donanımlar ile, ilk konsept tasarımında, bilgisayarda modellemenin oluşturduğu zorluklar olmadan, kolay ve hızlı bir şekilde konsept oluşturulabilir. Tasarım sürecinin sonraki aşamalarında hazırlanan konsept üzerinde değişiklikler yapılabilir, detaylar işlenebilir. 3B sunumların hazırlanması ve animasyonların oluşturulması, donanımların gerektirdiği yazılımlar veya CAD yazılımları ile gerçekleştirilmektedir. Dokunma hisli / kuvvet geri beslemeli donanımların mimarlık alanında kullanımından, Bölüm-6'da daha detaylı bahsedilecektir.

2.3.6 3B Tarayıcılar

3B tarayıcı gerçek dünyadaki bir objeyi ya da yeri analiz edip formu ve mümkünse rengi hakkında veri toplayan bir cihazdır. Nesnelerin yüzeylerinin yüksek yoğunluklu 3B nokta ölçülerini kaydetmektedir. 3B tarayıcılar sayesinde geleneksel yöntemlerle haftalar ya da aylar süren işlemler nesnenin taranıp hızlı prototipleme ve yüksek hızda işleme yöntemleri ile kopyalanması ile sadece birkaç günde tamamlanır [14].

Bir 3B tarayıcı, tarama sonucu, taranan objenin yüzeyini oluşturan bir nokta bulutu üretir (Point Cloud). Bu noktalar objenin temel 3B formunu oluşturmakta kullanılır. Her nokta için alınan renk bilgisi de eklenerek dokular yaratılır ve yüzeye kaplanır. Gerekliyse 3B düzenleme programına aktarılarak (3ds Max, LightWave, MAYA, SoftImage v.b.) isteğe uygun olarak işlenebilir [14].

3B tarama işlemleri, genellikle var olan bir objenin 3B modelini yaratmak, objeyi çok küçük detaylarına kadar modellemek ve gerçek yapıyı 3B modeliyle ilişkili olarak haritalamak gibi amaçlar için kullanılmaktadır (Görür, 2003).

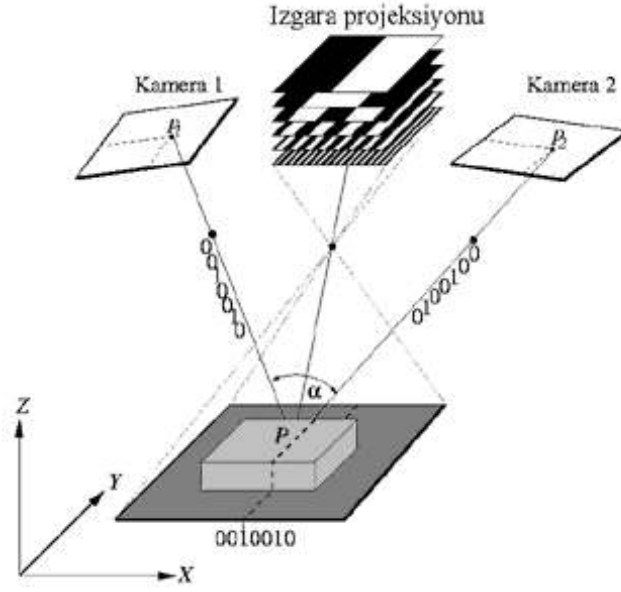
3B tarayıcı ile toplanan veriler mimarlık, endüstri, tıp, otomotiv, sinema, bilgisayar oyunları gibi geniş uygulama alanı bulan sayısal 3B modeller oluşturmakta kullanılır. 3B model bir kere elde edilince bunu kullanarak yapılabilecek şeyler sınırsızdır. Modelin üzerinde hassas ölçümler yapılabilir, deformasyonlar yapılarak sonuçları incelenebilir, animasyonlar hazırlanabilir. Hızlı prototipleme (Rapid-prototype, 3D Printer) cihazlarıyla plastik, metal vb. kopyası çıkartılabilir.

3B tarayıcıları iki ana grupta toplamak mümkündür.

- Dokunmalı (Temas ederek) tarama yapan tarayıcılar
- Dokunmasız (Temas etmeden) tarama yapan tarayıcılar

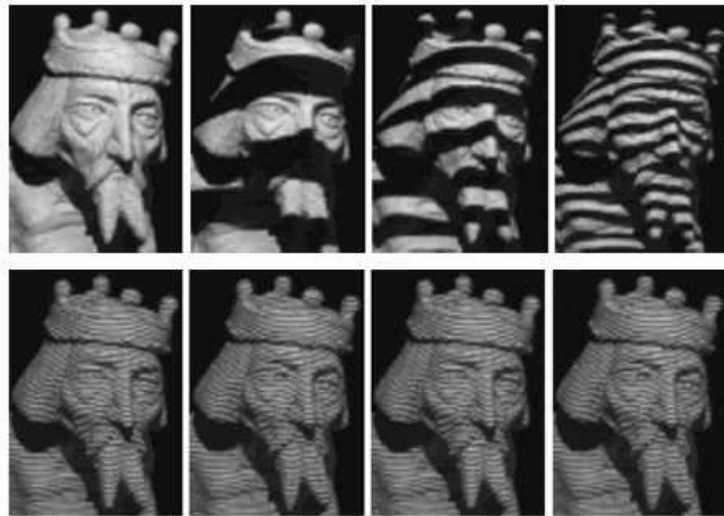
Dokunmalı sistemler, mekanik kollu sistemler ve CMM (Coordinate Measurement Machine)'dir. Birkaç eksenli mekanik kolun ucuna takılmış bir ölçüm cihazı sayesinde, koordinatları istenen noktaya dokundurulan cihaz ile noktanın koordinatları hassas biçimde ölçülür. Bu sistemlerle yüzey bilgisi değil istenen belirli sayıda noktanın koordinatları elde edilebilmektedir. Bu sistemlerin dezavantajı, tarama yapılabilmesi için cihazın yüzeye değme zorunluluğunun olmasıdır. Bu zorunluluk parçanın karmaşık şekilli olması durumunda, istenen değerlerin alınamaması sonucunu doğurabilir [15].

Dokunmasız sistemler, optik 3B tarama sistemleri (Izgara Projeksiyonu Metodu) ve lazer tarama sistemleri olmak üzere iki grupta toplanabilir. Izgara projeksiyonu metodu, siyah ve beyaz şeritler halindeki desenlerin ölçülecek yüzey üzerine bir sıra halinde projeksiyonu temeline dayanmaktadır (Görür, 2003). Bu desenler, bir LCD projektör vasıtasıyla mümkün olduğunca eşit iki parçaya bölünen siyah ve beyaz çizgilerden oluşmaktadır (Şekil 2.22 – 2.23).



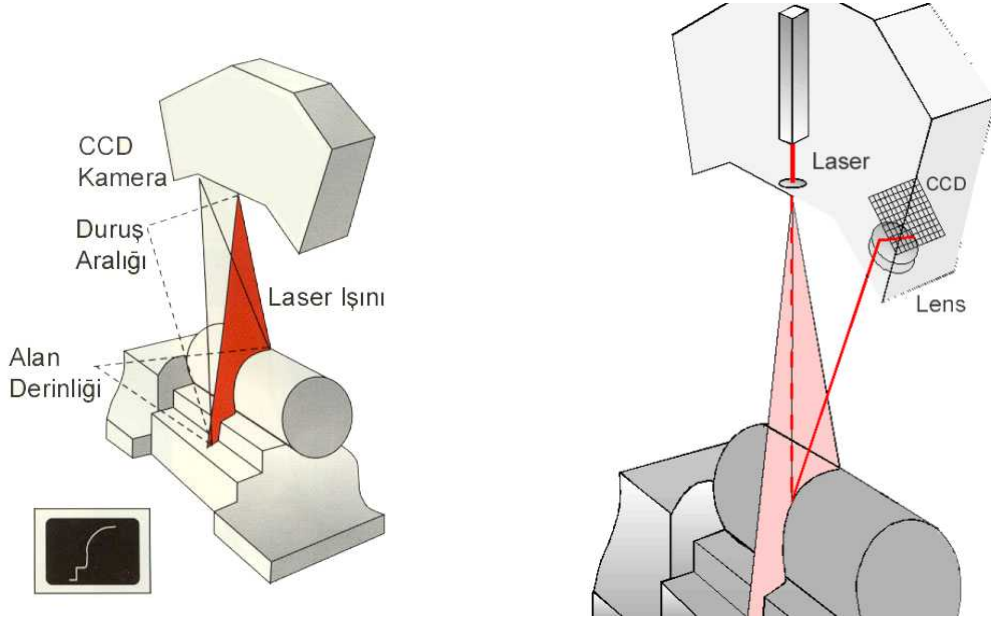
Şekil 2.22 Izgara projeksiyonu (Görür, 2003)

İmalat sırasındaki kontrol işlemleri göz önüne alındığında, optik tarama cihazları için zaman döngüsünün kısa ve işlemin hızlı olmasından dolayı imalat hatlarındaki online ölçümler için kullanılabilmektedir.



Şekil 2.23 Izgara projeksiyonu uygulama örneği [16]

Dokunmasız lazer tarama metodu ise, lazer triangulasyonu süreci ile çalışmaktadır. Bu süreçte, lazer çizgisi sayısallaştırılacak yüzey üzerine lazer kafasından yaklaşık 2 ½ inç uzunluğunda projekte edilmektedir (Şekil 2.24).



Şekil 2.24 Lazer Tarama Metodu (Görür, 2003)

Parça üzerinde taranan noktaların sayısı, parçanın büyüklüğüne ve detaylarına bağlıdır. Çok detaylı parçaları tarif etmek için daha fazla noktaya ihtiyaç duyulmaktadır. Lazer tarama teknikleri geleneksel tekniklerden daha hızlı veri toplayarak sayısallaştırma süreçlerini kısaltmaktadır (Görür, 2003).

Lazer ile tarama yapmanın birinci avantajı, cihazın dokunmasız, hızlı ve koordinat lokasyonlarının direkt olarak taranan obje geometrisi üzerine düşen ışıktan alınması olayıdır. Bu özellik, hassas ve kırılgan parçaların ölçülmesi ve özellikle taranan koordinat lokasyonlarının, yüzey koordinatları boyunca spline eğrileri veya yüzey oluşturmada, CAD/CAM uygulamaları için kullanışlı olmasını sağlamaktadır. Lazer ışığının yüksek çözünürlüğü ve ince ışını sayesinde, aynı zamanda, mekanik cihazların giremeyeceği detaylı yüzey geometrilerinden istenilen hassasiyette veri alınması sağlanmaktadır (Görür, 2003).

3B tarama alanındaki yenilikler, hesaplama gücü ve uzmanlaşmış yazılım uygulamaları ürün geliştirme, hızlı prototipleme ve kalite kontrol alanlarında şaşırtıcı ilerlemeleri mümkün kılmaktadır.

1. Geleneksel yöntemlerle haftalar ya da aylar süren işlemler nesnenin taranıp hızlı prototipleme ve yüksek hızda işleme yöntemleri ile kopyalanması ile sadece birkaç günde tamamlanır.

2. Taranan nesnelerin verileri belirli bir işleme tabi tutulup CAD ortamına aktarılarak üretim öncesi analiz ve tasarım düzeltme işlemleri geleneksel yöntemlere göre çok kısa bir sürede yapılabilir.

3. El yapımı konsept modeller taranıp datalar işlendikten sonra CAD ortamına aktarılıp daha sonraki ürün geliştirme işlemleri ve fizibilite çalışmaları bilgisayar ortamında, çok daha kısa bir süre içinde yapılabilir.

4. Tarayıcılar aynı zamanda nesnelerin geometrik kontrollerinin titizlikle yapılmasına imkan tanır. Objenin kalite kontrolünde daha ayrıntılı bilgiye sahip olmak problemlerin çözümünü de oldukça kolaylaştırmaktadır. Çünkü çarpılma ve uzama gibi boyut değişikliklerine sebep olan olaylar tam olarak saptanabilmektedir [17].

Son 10 yılda geliştirilen yeni hesaplama algoritmaları sayesinde artık bütün nokta bulutu poligon bir modele dönüştürülüp ve parametrik hale getirilebilmektedir. Bu yeni teknolojiler gün geçtikçe global ölçekte kabul edilen, otomatik ve geleneksel yöntemlerin yerini alan bir hale gelmektedir. Daha güçlü makineler, daha büyük bilgisayar hafızası ve hızlı, dokunmasız tarama cihazları sayesinde parçalı geometrinin tasarımı, üretimi ve kalite kontrolünde giderek önemi artmaktadır.

3B tarayıcılar çalışma sistemine göre kategorilerine ayrılrsa bile, birçok çalışmada ortak da kullanılabilmektedir. İstenilen çalışmaya yönelik uygun 3B tarama sistemini seçmek için tarayıcının özelliklerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

	Dokunmalı	Dokunmasız	
	Mekanik Kollu Sistemler ve CMM	Izgara Projeksiyonu Metodu	Lazer Tarama Sistemleri
Ebat - Ağırlık	İyi	Kötü	İyi
Kolay Kullanım	Kolay	Kolay	Zor
Süre	Uzun	Kısa	Kısa
Maliyet	Ucuz	Orta	Pahalı
Yüzey Boyutu	Kötü	Orta	İyi
Doğruluk	Düşük Doğruluk	Orta Doğruluk	Yüksek Doğruluk
Renk Ayırımı	Yok	Var	Var
Veri Kaybı	Kötü	Orta	İyi

Çizelge 2.1 3B tarayıcıların belli kriterlere göre karşılaştırması

2.3.6.1 3B Tarayıcıların Kullanım Alanları

3B Tarayıcılar her geçen gün yeni kullanım alanları bulmaktadır. 3B tarama alanında ortaya çıkan yenilikler, hesaplama gücü ve uzmanlaşmış yazılım uygulamaları ürün geliştirme, hızlı prototipleme ve kalite kontrol alanlarında şaşırtıcı ilerlemeleri mümkün kılmaktadır [14].

3B tarayıcılar ile serbest formlu yüzey bilgisi elde edilmesi, hem ürün geliştirme, tersine mühendislik ve kalite kontrol işlemleri üzerine uzmanlaşmış mühendislik ofisleri, hem de büyük endüstri kuruluşlarının tasarım ve ürün geliştirme, kalite kontrol, kalıp hane vs. gibi bölümleri için önem arz etmektedir. Bu sistemlerle tüm yüzey formu çok yüksek hassasiyetle elde edilmekte ve CAD modelin oluşturulması, hızlı prototipleme ve CNC'de işleme işlemlerine hazır hale gelmektedir. 3B tarayıcıların bazı uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır.

Tersine mühendislik alanı

Çamur, kil, köpük gibi malzemelerden el ile yapılmış endüstriyel tasarım modellerinin sayısallaştırılarak yüzey modellerinin oluşturulması, CAD verisi mevcut olmayan ürün, kalıp, aparat gibi parçaların bilgisayar ortamına aktarılması, CAD modeli ile CAM sonucunda üretilen ürünün karşılaştırılması, üründen tersine mühendislikle CAD datasının üretilmesi, hassas ölçümleme gibi kullanımları tasarım ve mühendislik alanları için gün geçtikçe daha önemli hale gelmektedir.

Bilgisayar oyunları /Sinema/ Sanal gerçeklik / Simülasyon alanı

Filmlerde görsel efektler tarayıcı teknolojiden yararlanmaktadır. 3B bilgisayar oyunlarında tarayıcı kullanılarak kişilerin simülasyonu yapılabilmektedir.

Arkeoloji/Paleontoloji alanı

Kültürel mirasın korunmasının bir yolu eserlerin 3B olarak sayısal ortama aktarılmasıdır. Bu şekilde hem uzun yollar boyunca koruma sağlanmaktadır. Arkeolojik bulguların bozulma korkusu olmadan bilgisayarda incelenmesi ya da 3B prototip cihazlarından üretililecek kopyalarıyla çalışılabilme imkanı bulunur [14].

Medikal sektör (Plastik, Rekonstrüktif Cerrahi) alanı

Yüzün ve vücudun sayısal verileri üzerinde ölçümler alınabilir. Alınan 3B veri üzerinde mühendislik hesaplamaları yapılabilir (finite element, eleman analizi vb.) Estetik müdahale öncesi operasyon simülasyonu edilerek yapılarak sonuçlar 3B olarak incelenebilir [14].

Biyometrik/ergonomik uygulamalar, tekstil-hazır giyim sektörü

Vücut tarayıcı ile hızlı vücut ölçümleri alınabilir. Bu veriler otomobil, mobilya üreticileri için ergonomik veriler olarak değerlendirilebilir, hazır giyim sektöründe kullanılabilir. Mobilya üreticileri modeller üzerindeki değişiklikleri (büyültme küçültme, renk, desen) üretimden önce görebilir [14].

Güvenlik alanı (3B Yüz tanıma)

Son yıllarda hızla artan bir oranda çeşitli güvenlik işlemlerinde yüz tanıma sistemleri kullanılmaktadır. 3B tarayıcılar kullanarak yapılan yüz tanıma işlemlerinde doğruluk yüzdesi artmaktadır [14].

2.3.6.2 3B Tarayıcıların Mimarlık Alanında Kullanımı

3B Tarayıcıların mimarlıkta, belgeleme ve fotogrametrik rölöve, CAD ortamında tarihi ve kültürel mirasın 3B modellenmesi, 3B verinin görselleştirilmesi, elde edilen verilerin yönetilmesi ve CBS ortamına aktarılarak bu verilerin sorgulanması gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır. 3B tarayıcıların mimarlık alanında kullanımından, Bölüm-4'te daha detaylı bahsedilecektir.

2.3.6.3 3B Tarayıcıların Gelişimi ve Yazılımları

Son yıllarda kullanılan 3B tarayıcılar ile obje yüzeyinde kısa zaman aralığında yüksek doğruluklu çok yoğun 3B nokta kaydı olanaklı hale gelmiştir. Bu noktalar kullanılarak sayısal veiller üretilebilmekte, rölöve çizimleri yapılabilmekte, 3B modelleme ve görselleştirme yapılabilmektedir. Fotogrametrik yöntemle çizimi ve modellenmesi güç olan objelerde, fotoğraf çekiminde çevresel faktörler nedeniyle birtakım sınırlamaların bulunduğu ya da süre yönünden kısıtlamaların bulunduğu projelerde lazer tarayıcılar önemli kolaylıklar sağlamaktadır. Teknolojinin yeni bir teknoloji olması nedeniyle maliyetinin yüksek olması belgeleme ve 3B modelleme çalışmalarında kullanımı açısından önemli bir sınırlamadır. Lazer tarayıcı teknolojisi sadece mimarlık alanında belgeleme, 3B modelleme ve görselleştirme çalışmaları yanı sıra sanal müzecilik, bilgisayarlı simülasyon ve eğitim çalışmaları gibi çok farklı uygulama alanlarında kullanılabilir.

Ancak yeni teknolojiler bir taraftan önemli ölçüde insan kaynağı ve finansman gereksinimi, diğer taraftan bilimsel ve teknolojik altyapı gerektirmektedir. Bu bağlamda, gelişmiş ülkelerle aralarında önemli bir teknolojik açığın bulunduğu gelişmekte olan ülkelerde, başarılı bir teknoloji politikasının anahtar unsurlarından birisi, en azından başlangıçta dışarıdan elde

edilen teknolojiye etkin bir biçimde sahip olabilmek ve bunu yerel koşullara uyarlayıp, daha sonra iletme (Dereli ve Baykasoğlu, 2004).

2.4 STT’de Kullanılan 3B Çıktı Donanımları (Output Devices)

Bilgisayarın iç ortamında işlenmiş verileri dış ortama aktarmayı sağlayan birimlere, çıkış birimi (Output device) adı verilir. Bazı çıkış donanımları, hem giriş hem de çıkış donanımı olarak kullanılmaktadır [18].

Tasarımcılar, süreç içerisinde, oluşturdukları tasarımlarını oluşturduktan sonra görselleştirme sürecine başlarlar. Oluşturdukları tasarımı bilgisayar ortamında test edip, eksiklerini giderirler ve sunum için görselleştirirler. Fiziksel modellerini, maketlerini, yaparak tasarımlarını sunum haline dönüştürürler. Bilgisayarın çizim, tasarım, sunum ve üretim için kullanılmaya başlamasıyla geleneksel sunum tekniklerine, sayısal ortamda oluşturulan 3B modeller, animasyon ve hızlı prototipler gibi, STT’ye dayalı temsil teknikleri eklenmiştir. STT’nin kullanıldığı süreçlerde geleneksel sunum tekniklerinin kullanımı sürmekle birlikte, belirleyiciliği azalmaktadır.

Geliştirilen yeni sunum teknikleri ya da aynı tekniklerin başka türlü kullanımları tasarımcının mekana farklı bir bakış açısı ile bakmasını sağlamış, mekanla ilgili yaklaşımlarını etkilemiştir. STT’de kullanılan 3B çıkış donanımları bu sunum tekniklerinin oluşturulmasında büyük önem taşımaktadır. Mekan ve tasarıma yeni bir bakış açısı kazandırmasının yanı sıra, görsel zenginlik sağlamaktadır.

2.4.1 Sanal Gerçeklik Çıkış Donanımları

Sanal gerçeklik araçları, tasarımcılara 3B dünyanın kapılarını aralamakta, 2B sunum tekniklerini, 3B sayısal sunum tekniklerine dönüştürmektedir. Bunun da ötesinde, tasarımcılara yarattıkları gerçek dışı bir mekanda dolaşma ve yürüme olanaklarını sunmaktadır. Bu ise tasarlanılan mekanları kavrama ve algılama gücünü önemli ölçüde arttırmaktadır.

“En son jenerasyon insan – bilgisayar arayüzü sanal mekandır. Sanal mekanlar kişinin mekanla karşılıklı ilişki kurarak içerisinde 3B deneyim yaşayabileceği ortamdır” (Walker, 1990).

Üç boyulu görsel modeller ile oluşturulan sanal ortamlar, tasarımda sanal gerçeklik simülasyonlarının kullanılması ile, içerisinde hareket edilebilen, görsel, işitsel ve mekan

içerisinde hareket edilmesine bağlı gerçek mekan – zaman etkileşimli mekansal deneyimin yaşandığı ortamlar halini almışlardır. Böylelikle sanal ortam görsel bir eleman olmaktan çıkıp, çoklu duyum ile algılanabilen ortam halini alabilmiştir.

Hem görsel hem de kişinin mekan içerisinde yer değiştirmesine bağlı olarak bilgisayar destekli tasarım ve sanal gerçeklik ile oluşturulmuş mimari mekanlar, “gerçek mekan- gerçek zaman” ilişkisini oluşturmaya başlamış, böylelikle gerçek mekan algısına yaklaşmıştır (Özen, 2004).

Başa Giyilen Görüntü Verici Kristal Ekran (Head Mounted Display, HMD)

HMD (Head Mounted Display) kaska benzeyen, taşınabilir ekranlardan oluşan ve görüntüye boyut kazandıran bir donanımdır. Kaskın yapısında iki temel lens vardır ve kullanıcının her bir gözü önünde birer ekran yer alır. Simülasyon başladığında bir sağ, bir sol olmak üzere lenslere ışık düşer ve bilgisayar ekrana iki farklı şekil yansıtır. Birincisi nesneyi sağ gözün gördüğü, ikincisi de sol gözün gördüğü şekli oluşturur. Bu görüntüler beyin tarafından sürekli bir 3B görüntü olarak algılanır (Ergun, 2004).



Şekil 2.25 Head Mounted Display (Broll, 2004)

Kullanıcı hareketlerinin takip edilmesi için kaskın tepe bölgesine yön alıcıları yerleştirilmiştir. Kullanıcının başı ile yaptığı tüm hareketler ise bir bilgisayar yardımı ile izlenir ve kullanıcı başını farklı bir yöne çevirdiğinde de, bu yeni görüş açısına göre ekrandaki görüntü yenilenir. Sonuç itibarıyla, kullanıcı bir nesneye farklı açılardan bakma şansına sahip olur.

Sanal gerçeklik ortamında kullanıcının objelerle etkileşim içerisinde bulunabilmesi için HMD ile birlikte veri eldiveni (Data gloves) veya bir tane manevra kolu kullanılır. Manevra kolu

veya veri eldiveni, kullanıcıya sanal gerçeklik ortamında yönünü değiştirmesini, nesnelere dokunmasını, işaret etmesini, yerini değiştirmesini ve bilgisayara komutlar (kaydetmek gibi) vermesini sağlar. Böylece kullanıcılar, sanal gerçeklik ortamında yürüyebilme, yerçekimine karşı koyabilme ve uçabilme özelliğine sahip olurlar. Kullanıcı ancak bu araçlarla ortamda etkileşim kurabilirler (Kayabaşı, 2005).

HMD sisteminin avantajları; insanla dış dünya ilişkisinin tamamen kesilebilmesi dolayısıyla insanların daha iyi motive olması, kurulumunu kolay olması, kullanıcının sanal dünyada hareketlerini sınırlamaması, ortalama bir sistemin pahalı olmaması, iyi stereo kaliteye ulaşan mevcut sistemlerin olmasıdır.

Dezavantajları ise; ortalama bir sistemin çözünürlüğünün ve görüntü alanının düşük olması, donanımın ağırlığı, çevresel görüntüler için avantaj sağlamaması, kullanıcının bu teknolojiye yer alan kablo ve bilgisayar bağlantıları nedeniyle hareket alanının sınırlı olmasıdır. Son dönemlerde hareketi rahatlatmak için kablosuz sistemler geliştirilmiştir [19].

BOOM (Binocular Omni Orientation Monitor)

BOOM aracı mekanik olarak bir kol ve bunun üzerine yerleştirilmiş bir monitörden oluşmaktadır. Bu sistemin HMD'den farkı da insan kafası yerine bir kol üzerine yerleştirilmiş olmasıdır. Mekanik kolun bükülme noktalarına hareketleri takip etmek için alıcılar yerleştirilmiştir. Sanal ortama geçebilmek için kullanıcı yüzünü monitöre dayamalıdır. Görüntüyü farklı açılardan görebilmek için monitör çeşitli yönlerde çevrilebilir. Kullanıcının başını hareket ettirmesi ise mekanik kol üzerinde yer alan alıcılar ile takip edilir(Ergun, 2004).



Şekil 2.26 BOOM [20]

BOOM'un avantajları; HMD'ye göre daha iyi çözünürlük sunması, kullanıcıya ağırlık yüklememesi, Daha geniş görüş açısı, az hareket ile kolay izlenebilirlik, kurulum ve kullanıcı değiştirmenin kolaylığı, iyi stereo kalitesidir. Dezavantajları ise; sınırlı kullanıcı hareketi, kontrol etmek için donanımın sürekli elde tutulmasıdır [19].

CAVE

CAVE bir kabin şeklindedir. Kullanıcı bu donanım ile görüntüyü bir ekranda izlemek yerine, görüntünün içinde yer alma olanağına kavuşur.

CAVE'i diğer sanal gerçeklik araçlarından farklı kılan, kullanıcının herhangi bir monitör, kask, kablo gibi kısıtlayıcı araçlardan bağımsız olmasıdır. Kullanıcı yalnızca özel bir gözlük ve "wand" isimli araca ihtiyaç duymaktadır, gözlüklere monte edilen bir izleme aracı ile kullanıcının konumu belirlenir ve yeni görüntü bu görüş açısına göre oluşturulur (Ergun, 2004).

Bu sistemin bir diğer avantajı da, sağladığı geniş görüntü alanıdır. Bilgiler stereoskopik görüntüler olarak CAVE'ni duvarlarına ve tabanlarına yansıtılır ve kabinin tamamı görüntüler ile kaplanır. Görüntülerin üç boyut efektini sağlaması için, bilgisayar görüntüleri hızlı ve değişen sırada duvarlara yansıtılmaktadır.



Şekil 2.27 CAVE – Sanal duvarlar [20]

Bu sistemde görsel ve duysal özellikler ön plana çıkmıştır. Etkileşimli olan bu sanal gerçeklik ortamında aynı anda birden fazla kişi sanal ortama gerekli gözlükleri kullanarak katılabilir. Dolayısıyla işbirliğine dayalı projelerde etkili bir şekilde kullanılabilir. Bu sanal gerçeklik ortamında kullanıcılar hem çevre hem de ortamda bulunan diğer kişiler ile etkileşimde

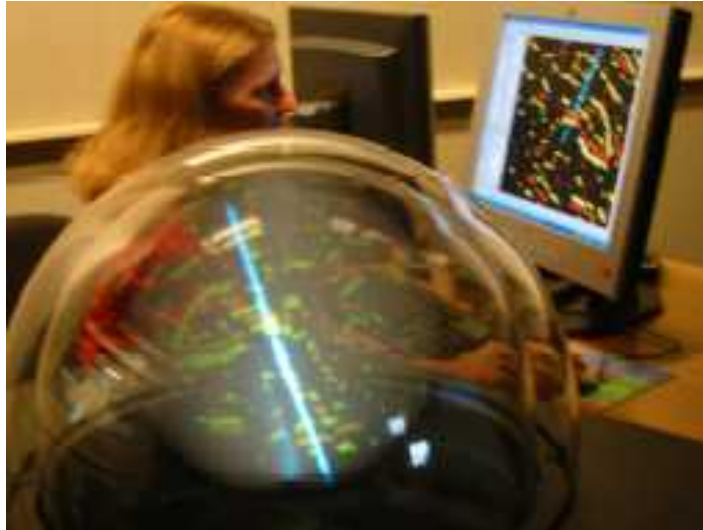
bulunabilirler. Ancak tüm katılımcılar sadece kabinde bulunan kullanıcının görüş açısından görüntüyü izleyebilecektir (Çavaş ve Huyugüzel, 2004).

Bu sistemin avantajları; yüksek çözünürlük sağlaması, kullanıcının kask, kablo vb. Araçlardan bağımsız olup sadece çok hafif olan üç boyut gözlüğü kullanması, kullanıcının sistem içinde özgürce hareket edebilmesi, alanda sanal ve gerçek nesnelerin bir arada yer alabilmesi ve sistemin içinde birçok kullanıcının yer alabilmesidir.

Dezavantajları ise; sistemin maliyetinin yüksek olması, geniş bir fiziksel alan gerektirmesi, her zaman projektörlerin kalibrasyonunun sağlanması gerekliliği ve fiziksel nesnelerin sanal nesnelere gölgelerinin yansımalarıdır [19].

Küresel Projeksiyon Sistemleri

Sanal gerçeklik uygulamalarında yeni geliştirilmiş olan küresel projeksiyon sistemleri de kullanılmaktadır. Bu sistemde 3,5 metre çapında ve sadece ışığın geçmesine olanak tanıyan saydam küre, kullanıcının içeri girmesi içinde bir giriş bulunmaktadır. Sistemi kullanan kişinin küre içinde yürümesi ve kürenin kullanıcıya bağlı olarak dönmesiyle sistemin çalışmasını sağlar. Bu harekete bağlı olarak güncelleştirilen bilgisayar destekli görüntüler, kürenin dış yüzeyi üzerine projektörlerle yansıtılır. Projeksiyon küresinin altında bir küçük küre vardır ki bu büyük projeksiyon küresi tarafından hareket ettirilir. Bu sistemde biri üstten diğerleri yanlardan olmak üzere beş adet projektör kullanılır.



Şekil 2.28 Küresel projeksiyon sistemi – Actuality Systems [21]

Bu sistem güvenli bir ortamda kişiye yürüme, koşma, zıplama gibi hareket serbestliğini vermektedir. Kullanıcının üzerinde taşıması gereken bir donanım olmadığı için, hiçbir

zorlayıcı ya da yorucu etkisi yoktur. Kullanıcının ayak hareketine bağılı olarak küre üzerine yansıtılan görüntülerin güncelleştirilmesi ile bütün küre yüzeyinde oluşturulan görüntü, sanal ortamı tam olarak gerçek ortamlarmış gibi oluşturmaktadır. Bu sistemde veri eldiveni ya da bu özellikte bir araç bulunmamaktadır (Atabek, 1998).

Stereoskopik Görüntüleme Donanımları

Stereoskopik görüntü oluşturma, düz bir yüzeyde üst üste (farklı açılardan) çizilmiş iki resmi, her iki göz için farklı filtre edip, her göze kendi açısından çekilmiş görüntüyü sunmak ve derinlik algısı oluşturmak olarak tanımlanmaktadır [21].

3B görüntüyü görmek için plazma ya da sıvı kristal ekranın önüne mercek ağı yerleştirilmektedir. Alioscopy olarak adlandırılan sistemin yaratıcısı Pierre Allio, bu yöntemi geliştirirken kabartmalı kartpostallardan esinlendiğini kaydetmiştir.

Sistem, dikey mikro mercek ağı sayesinde, aynı sahnenin ekranda üst üste binmiş iki farklı görme açısının izleyicinin her iki gözüne odaklandırılmasına dayanır. Bu klasik stereoskopi ya da otosteoroskopi etkisinin yardımıyla sanal gözlüğe gerek kalmamakta, çünkü beyin 3B olarak adlandırılan bu yanılsamayı yeniden oluşturmaktadır [21].

Mercek ağı ilkesi 1908 yılında Gabriel Lippmann tarafından ortaya konulmuştur. Halen, Amerikalı kuruluş StereoGraphics'in ürettiği SynthaGram ekranı, Almanların 3D-Display'i gibi sistemler de piyasada yer almaktadır.

Stereoskopik görüntülemelerde görme açıları ne kadar artarsa daha kaliteli bir görüntü elde edilmekte, çünkü her bir göz stereoskopik algılamaya uygun bir pozisyon yakalamaktadır. Ancak sınırlı sayıdaki piksellerin pek çok açı arasında paylaştırılması görüntünün netliğine zarar vermektedir. Ayrıca mercek ağları normal 2B görüntülere uygun olmadıklarından, ekranları sadece 3B görüntülere zorunlu kılmaktadır.



Şekil 2.29 Stereoskopik görüntü sağlayan monitör [21]

Pierre Allio, Şubat 2003'te şimdiye kadar görülmemiş incelikte mercek ağları üretmiştir. Çıplak gözle görülmeyen ve milimetrenin 2/10000'e kesinliğiyle cama monte edilen, sıvı kristal ekran formatına uygun merceklerin genişliği 1 mm'nin de altındadır.

StereoGraphics'i ithal eden ve sanal mühendislik alanında uzmanlaşmış olan Sim Team'in genel müdürü Pascal Chevalier Allio'nun geliştirdiği sistem, gözlükle seyredilenlere göre gözü çok daha az yormaktadır. Bu yöntemin en önemli avantajı, ekranın sadece iki adet olan görme açısına daha fazla piksel ayırıp mükemmel bir görüntü sunmasıdır. Ancak kullanıcının bu görüntüyü yakalayabilmeleri için ekran karşısında oturma pozisyonu belirleyip bu konumlarını bozmamaları gerekiyor [22].



Şekil 2.30 Stereoskopik görüntü sağlayan X3D Technologies'in monitör modeli [23]

Sanal Gerçeklik Gözlükleri

Sanal gerçeklik gözlüğüne, monitörden birisi sol göz için birisi sağ göz için olmak üzere iki ayrı görüntü gelmektedir ve bu iki ayrı görüntü aynı anda ekrana verilmektedir. Saniyede her görüntü 60 kere monitöre gelip, yine bir saniye içinde 60 kere sol göz için çekilmiş resim gelip kaybolmaktadır.

Sol göz için monitöre resim geldiği zaman gözlüğün üzerindeki yüksek kalite LCD camlarından sağ göz için olanı karartılıyor. Sağ göz hiçbir şey görmüyor, böylece sol göz, sol göz için çizilmiş olan görüntüye bakmaktadır. Sonra monitörden sol göz için olan görüntü gidiyor ve yerine sağ göz için çizilmiş görüntü geliyor. Hemen sağ göz aydınlanıyor ve sol göz karartılıyor. Bu saniyede 100–120 kere oluyor ve stereoskopik görüntü oluşuyor.

Sanal gerçeklik uygulamaları, minimum seviyede SG gözlüklerini içermelidir. Böylece, kullanıcı gideceği noktayı ve baktığı doğrultuyu etkileşimli olarak belirleyebilecektir. Bir

takım pozisyon izleyici aletlerin bu tür gözlüklerle kombine edilmesiyle bilgisayar tarafından yaratılmış ortamlarda yürümek olasıdır (Bayraktar, 2007).



Şekil 2.31 Sanal gerçeklik gözlüğü – Kristal gözlük [20]

2.4.2 3B Yazıcılar

Bir ürünün tasarımı aşamasında ya da yapılan bir ürüne yeni tasarıma uyarlanması sırasında bilgisayarda yapılmış model her zaman yeterli olmayabilir. 3B yazıcı teknolojisi, bilgisayarda oluşturulan 3B model bilgisine yüzde yüz sadık kalarak oluşturdukları fiziksel modeller ile ürüne ait problemlerin henüz tasarım aşamasında iken fark edilmesine olanak sağlar. 3B yazıcı teknolojisinde, üretilmesi düşünülen parça önce 3B bir tasarım programı ile bilgisayarda modellenir. Tasarıma sıfırdan başlanabileceği gibi halihazırda var olan bir model veya cismin 3B tarayıcılar ile taranmasıyla elde edilen veri de kullanılabilir.

Bilgisayarda üç boyut tasarımı yapılmış olan parça gerçek boyutları ile üretilip, estetik ve fonksiyon gibi görsel kontrolleri yapılmakta, tasarım onayı alınmakta veya karmaşık geometriler fiziksel model üzerinden incelenerek yapım, üretim metotları tartışılmaktadır. Kullanılan "plaster" esaslı toz ile küçük parçalar, ince cidarlar yüksek dayanım gücü ile üretilmekte, detaylar hassas olarak verilmektedir.

Tasarlanan 3B model geometrisi çoğunlukla STL (Stereolithography) formatında tanımlanarak 3B yazıcılara aktarılır. STL, her türlü 3B geometriyi birbirine bağlı üçgen şeklindeki düz yüzeylerle ifade eden bir formattır. Eğimli yüzeylere sahip bir parçanın üçgenlerle ifade edilmesi belli bir hata payı oluşturur ama üçgen sayısının yeterince fazla tutulması sayesinde CAD dosyasındaki hata payı üretim hatasının altına indirilebilir. Günümüzde hemen hemen tüm 3B CAD yazılımları STL formatında çıktı verebilmekte ve her 3B yazıcı da bu formatı kabul etmektedir. Fakat 3B CAD yazılımları hatalı STL çıktısı

verebilmektedirler. Hatalı STL dosyaları düzeltmek için ise ayrı yazılımlar geliştirilmiştir. Daha sonraları, STL formatı kadar yaygın olmayan, firma veya cihaza özel farklı formatlar da geliştirilmiştir [24].

STL formatı ilk defa 1988 yılında 3D Systems firması adına Albert Consulting Group tarafından geliştirilmiş ve kullanım kolaylığı sebebiyle bu format kısa sürede yaygınlaşarak piyasada bir standart haline gelmiştir.

Tanımlanan tüm işlemlerde giriş STL modeli olarak alınır ve parametreler işleme bağlı olarak tanımlanır. Üretilcek olan model paralel düzlemler ile dilimlenir (Slicing). Her iki dilim arasındaki uzaklık tabaka kalınlığı “Layer Thickness” olarak isimlendirilir. Fotopolimerlerden dışındaki diğer malzemelerin kullanımı gibi önemli şekilde fark eden etkenler olmasına rağmen, ana işlem aynıdır ve bu parçaların tabaka tabaka imal edilmesidir.

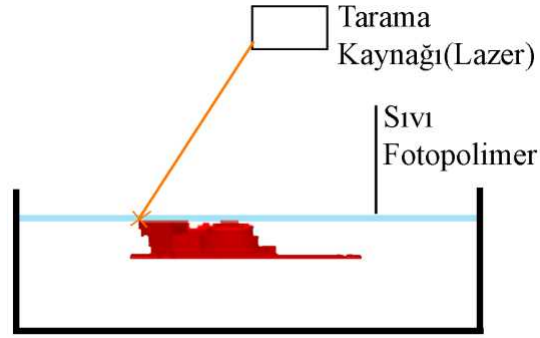
Ticari olarak üretilmiş bütün 3B tarayıcıların çalışma prensibindeki ortak yön, modelin katmanlar halinde inşa edilmesidir. Fakat katmanların oluşturulma tekniği ve inşa hammadresi olarak kullanılan malzemenin özelliği çok farklı olabilmektedir. Buna bağlı olarak 3B tarayıcılar, kullandığı teknolojiye göre, Işıklı Kür, Toz Bağlama, Harç Yığıma ve Tabaka Yığıma olarak dört ana kategori altında toplanabilir [24]. Aşağıdaki tabloda görüleceği üzere her ana kategori ise kendi içinde iki alt sınıfa ayrılmıştır:

3B Yazıcı Teknolojileri			
Işıklı Kür	Toz Bağlama	Harç Yığıma	Tabaka Yığıma
Tarayarak	Isıtarak	Püskürterek	Yapıştır + Kes
Maskeleyerek	Yapıştırıcıyla	Sıvayarak	Kes + Yapıştır

Çizelge 2.2 3B yazıcı teknolojileri [24]

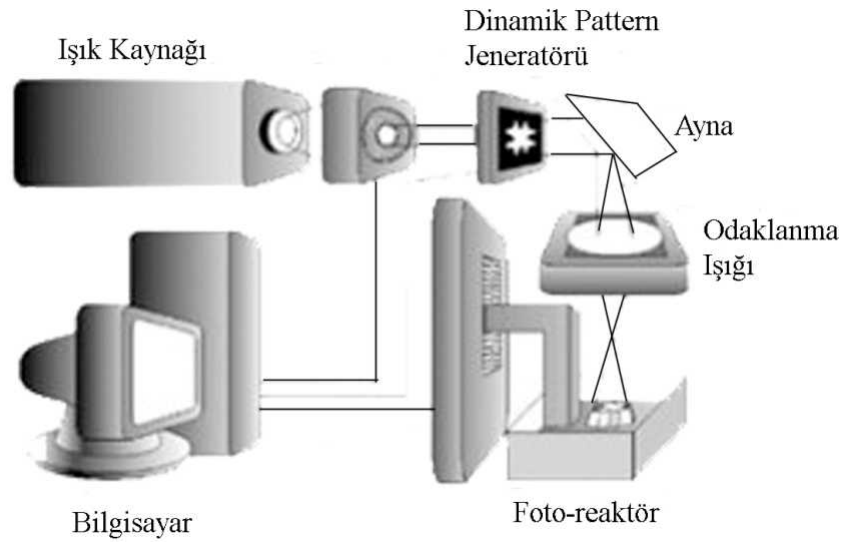
Işıklı kür teknolojisinde, fotopolimer maddeden oluşturulmuş (ham, kür olmamış) katman, ışık enerjisi ile istenilen bölgelerde kür edilir. Fotopolimer, ışık enerjisine maruz kaldığında kimyasal reaksiyona uğrayarak mekanik ve kimyasal yapısı değişen bir tür polimerdir. Işıklı kür teknolojisi, ışığın nasıl yönlendirildiği ve kontrol edildiğine bağlı olarak kendi arasında tarayarak ve maskeleyerek olmak üzere ikiye ayrılır [24].

Tarama tekniğinde, noktasal bir ışık kaynağı ile seçilen bölgeler taranarak kür edilir. Noktasal ışık elde etmek için, çoğunlukla, aynalar ile yönlendirilen bir lazer kaynağı kullanılır.



Şekil 2.32 Işıkla kür – tarama teknolojisi

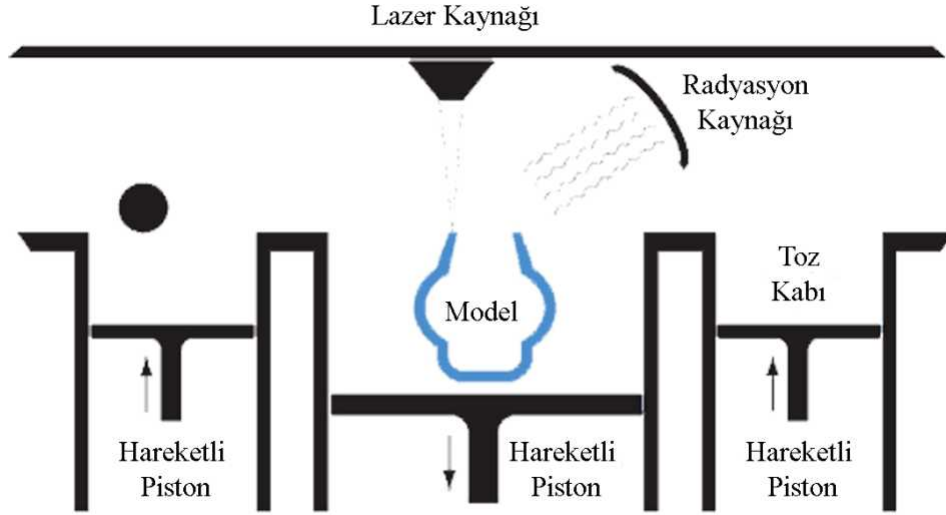
Maskeleme tekniğinde, güçlü bir ışık kaynağı (UV ampul) ve bir ışık maskesi aracılığı ile ham fotopolimerden oluşan inşa yüzeyinin istenilen noktaları aynı anda kür edilir. Başka bir deyişle, maske, kür olması istenmeyen bölgelerin ışığa maruz kalmasını önler.



Şekil 2.33 Işıkla kür – maskeleme teknolojisi [25]

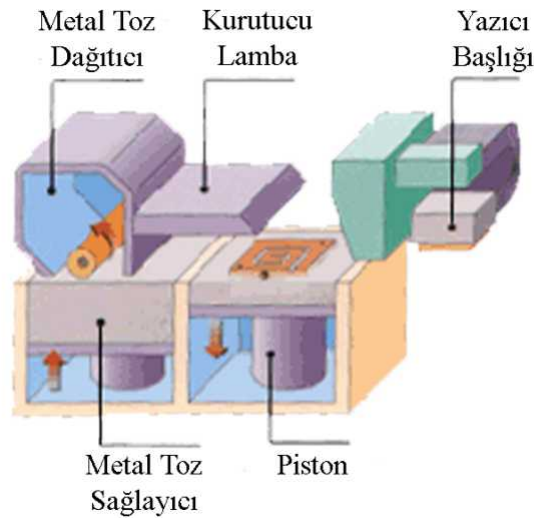
Toz Bağlama teknolojisinde, her katmanın inşası için, toz halindeki bir ham inşa malzemesi ince bir tabaka halinde yayılarak gerekli bölgelerdeki toz zerrecikleri ısıtarak veya yapıştırıcıyla birbirlerine bağlanır. İnşa malzemesi olarak, plastik, metal, seramik veya bunların karışımlarından oluşan tozlar kullanılabilir [26].

Toz Bağlama –Isıtarak: Toz halindeki ham katmanın istenilen noktalarda lazer veya elektron ışını gibi enerji kaynakları ile ısıtılıp eritilerek ve/veya sinterlenerek birbirine kaynaştırılmasıdır. Enerji kaynağı olarak lazer kullanıldığında bu teknik genellikle SLS (Selective Laser Sintering, seçmeli lazer sinterlemesi) ismiyle anılır.



Şekil 2.34 Toz bağlama – ısıtarak teknolojisi [26]

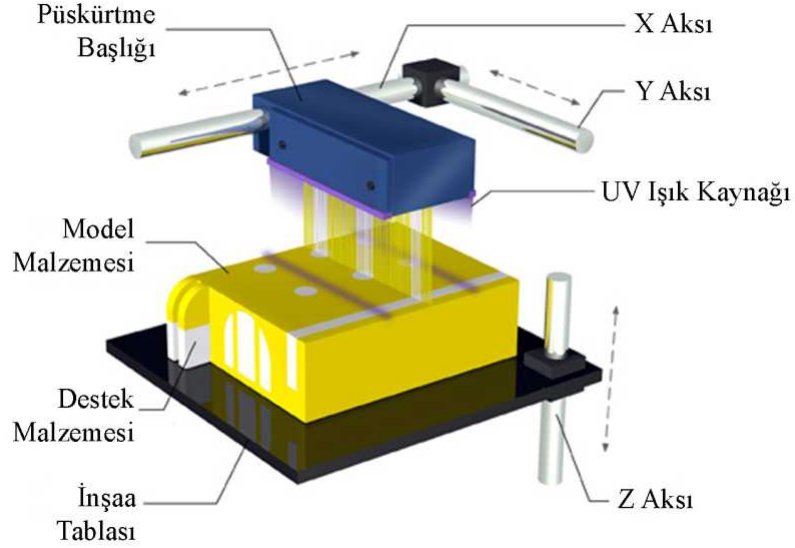
Toz Bağlama – Yapıştırıcı: Toz halindeki hammaddenin seçilen kısımlarına bir yapıştırıcı (harç) malzemesi püskürtülerek birbirine bağlanmasıdır [27].



Şekil 2.35 Toz bağlama – yapıştırıcı teknolojisi [27]

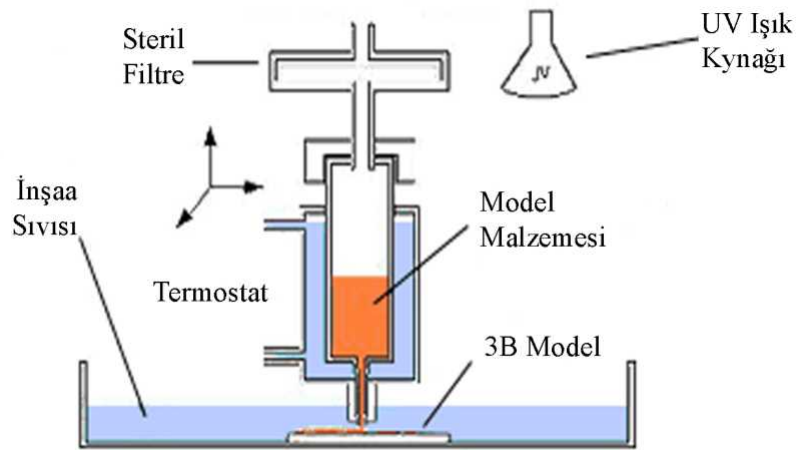
Harç yığma teknolojisinde katmanlar, sıvı veya macun kıvamındaki bir maddenin belli noktalara kontrollü olarak püskürtülerek veya sıvayarak yığılmasıyla inşa edilir. Sertleşme, soğuyarak sıvı halden katı hale geçme ile olabileceği gibi, kimyasal bir reaksiyonla da olabilir. Harç yığma teknolojisinin diğer üç ana teknolojiye önemli bir farkı, aynı katman içinde değişik bölgelere mekanik veya kimyasal özellikleri farklı malzemelerin yığılabilmek kolaylığı sayesinde çok malzemeli karmaşık parçaların veya mekanizmaların inşa edilebilme potansiyelidir [28].

Püskürterek harç yığma tekniğinde, akışkan halde olan inşa malzemesi bilgisayar kontrollü bir veya birden fazla meme yardımıyla damlacıklar halinde yüzeye püskürtülerek katmanlar inşa edilir.



Şekil 2.36 Harç yığma – püskürtme teknolojisi [28]

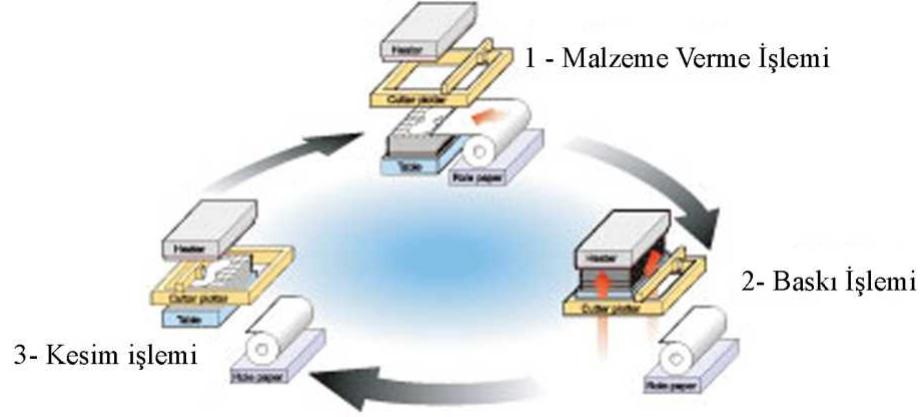
Sıvayarak harç yığma: Sıvı veya macun kıvamında olan yapı malzemesinin bir memeden sıkma yöntemiyle (extrusion) çıkarılıp gerekli noktalara sıvanması.



Şekil 2.37 Harç yığma – sıvama teknolojisi [29]

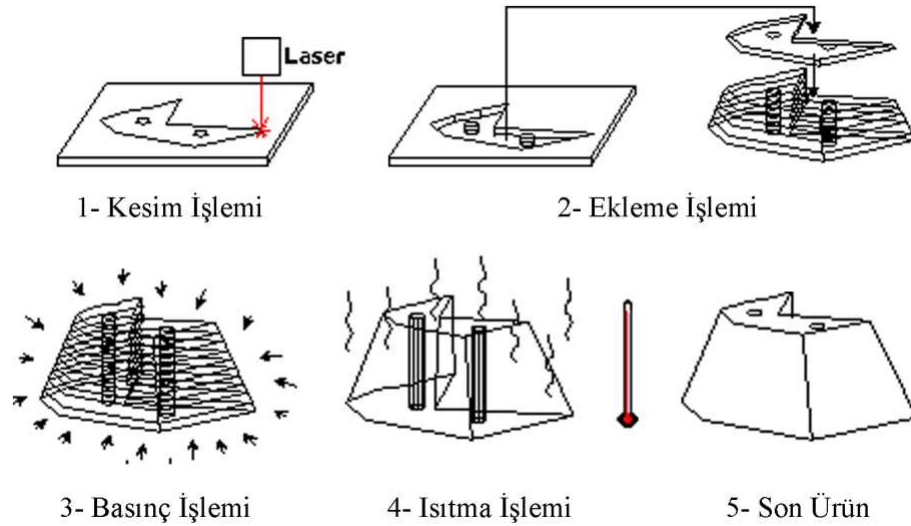
Tabaka yığma teknolojisinde katmanlar, (istenen inşa hassasiyetine ve hızına bağlı olarak) yeterince ince tabakalar halinde olan katı haldeki bir malzeme ile inşa edilir. Tabaka malzemesi olarak, kağıt, plastik, köpük, metal kullanılabileceği gibi, sinterleme sonrası tam yoğunluk elde edilebilecek, seramik veya metal tozu emdirilmiş malzemeler de kullanılabilir.

Yapıştır + Kes tekniğinde, her tabaka, bir önce inşa edilmiş olan katmana yapıştırdıktan sonra çeperleri kesilir. Bu tekniğin uygulamalarında inşa malzemesi olarak çoğunlukla kağıt kullanılır [30].



Şekil 2.38 Tabaka yığma – yapıştır + kes teknolojisi [30]

Kes + Yapıştır tekniğinde ise, tabakalar önce gerektiği gibi çeperlerinden kesilir ve sonra da, bir önceki katmana yapıştırılır. Yapıştırma için genellikle katmanlar arasında farklı bir yapıştırıcı malzeme kullanılır [30].



Şekil 2.39 Tabaka yığma – kes + yapıştır teknolojisi [30]

Kes + Yapıştır tekniği, mimari maketlerin zemininde bulunan topografik (dağ, tepe gibi yeryüzü şekilleri) modellerin tabakalar halinde kesilip birbiri üstüne yapıştırılarak yapılmasına çok benzerlik gösterir. Bu yöntemin diğer tabaka yığma yönteminden avantajı,

destek malzemesi olarak ayrı bir tabaka malzemesinin kullanılmasına imkan vermesidir. Bu tekniğin dezavantajı ise, kesilen katmanların inşa halindeki yüzeye hassas bir şekilde konumlandırılarak yapıştırılabilmesindeki güçlölüdür.

2.4.2.1 3B Yazıcıların Kullanım Alanları

Gerçekte kullanım alanı hayal gücümüzle sınırlı olabilecek ölçüde çok geniş olmasına karşın, günümüzde 3B yazıcı teknolojisi en çok hızlı prototip imalatında otomobil, elektronik eşya vb. parçalarının çok kısa sürede tasarlanıp üretilmesinde kullanılmaktadır. Mesela kullandığımız birçok cep telefonu modelinin plastik aksamaları önceleri 3B yazıcı teknolojisi ile üretilip test edilmişlerdir [24].

3B yazıcıların önemli uygulama alanları aşağıdaki başlıklar altında incelenmiştir.

Mühendislik: Yeni ürün geliştirme çalışmalarında olabilecek tasarım hatalarını erken teşhis etme ve ürünü en kısa sürede hatasız olarak piyasaya çıkarabilme için;

- Kavramsal modelleme
- Hızlı prototip imalatı
- Hızlı kalıp imalatı

Direkt İmalat: Belki de 3B yazıcı teknolojisinin en cazip uygulama sahasıdır. Çünkü önceki teknolojilerle imalatı mümkün olmayan malzeme ve geometri özelliklerine sahip parçaların imalatı ve direkt olarak son uygulama sahasında kullanılması söz konusudur. Bu konudaki örnekler henüz az olmasına karşın gelecekte çok artacağı beklenmektedir.

Tıp: Bilgisayarlı tomografi verisine bağlı olarak model ve protez, imalatı. Teşhise yardımcı olacak katı görüntüleme. Dişçilikteki implant ve protez çözümlerinde kullanılmaktadır.

Matematik, Fizik, Kimya: Matematikte veya diğer sahalarda karmaşık yüzey ve geometrilerin modellenmesinde (katı görüntüleme - solid imaging) kullanılmaktadır. Karmaşık matematik fonksiyonları sonucunda ortaya çıkan 3B yüzeyler artık katı modellenebileceği gibi, fizik ve kimyada, bilgisayarla tasarlanmış olan karmaşık moleköl yapıları da eğitim ve araştırma amacıyla imal edilmesinde kullanılmaktadır.

Kuyumculuk: Yeni tasarlanan karmaşık geometrili yüzük, küpe, bilezik vb. takı ve mücevherlerin modellerinin zahmetli el işçiliği gerektirmeden imalatında kullanılmaktadır.

Sanat: Bilgisayarla tasarlanan, normal heykeltıraşlık yöntemleri ile üretimi mümkün olmayan

karmaşık sanat eserlerinin imalatı kullanılmaktadır.

2.4.2.2 3B Yazıcıların Mimarlık Alanında Kullanımı

İlk konsept tasarımından itibaren mimarlar STT’ni kullanmaktadırlar. Konsepti tanımlamak ve tasarımı geliştirmek için fiziksel modeller yani maketler yapmaktadırlar. Tasarımın rahat bir biçimde anlaşılması ve sunulması için 3B fiziksel modeller önemli bir gereksinimdir.

3B yazıcılar fiziksel model yapımında, çok hızlı oldukları ve karmaşık geometrik modelleri oluşturabildikleri için tercih edilmektedirler. Bu cihazlar ile oluşturulmuş modellerde, tasarımda geliştirilecek yönler belirlenerek, fiziksel modeller oluşturulabilir. Birçok malzeme seçeneği ile ürün verebilen 3B yazıcılar ile görsellik açısından zengin modeller oluşturulabilir. Birkaç malzemeyi aynı anda kullanabilme özelliği de bu vizyonu genişletebilir. Mimari modelleme yazılımları ile olan uyumu da mimarlar tarafından tercih edilmesinin önemli bir sebebidir.

3B yazıcıların mimarlık alanı ve mimarlık eğitimindeki kullanımından Bölüm – 4’de daha detaylı bahsedilecektir.

2.4.2.3 3B Yazıcıların Gelişimi

Yakın gelecekte her teknolojiye olduğu gibi 3B yazıcılarında fiyatlarının düşmesi ve kullanım kolaylığı ile inşa kalitesinin artması beklenmektedir. Bu teknolojiye yatırım yapamayan küçük tasarım firmaları ise bilgisayarları ile hazırladıkları verilerini internet üzerinden servis firmalarına göndererek uzaktan imalat gerçekleştirilecektir. Bu servis bürosu sistemi zaten şu anda başta ABD olmak üzere birçok ülkede başarıyla uygulanmakta ve hızla yaygınlaşmaktadır.

Metal hammadde kullanan cihazların sayısı ve üretim hassasiyetinin artması beklenmektedir. Tıbbi alanda ise direkt olarak seramik malzemeden hastaya özel protez imal edilebilecektir. Aynı anda birkaç malzemeyi kullanarak (plastik, metal, seramik gibi) karmaşık malzeme özelliklerine sahip parça ile mekanik veya elektromekanik parça gruplarını (monte edilmiş haliyle) üreten cihazlar artacaktır [24].

İnşa sırasındaki katman kalınlığı eğer atom veya molekül sayıları ile ölçülebilecek kadar inceltilebilirse, elektronik aksamalar da beraber imal edilebilir. Bu durumda artık insanların asıl problemi imalat zorluğu değil, mükemmel ürün tasarımı yapabilme olacaktır.

Nano teknolojiye gelişmeler sayesinde inşa işinde kullanılan çok küçük robotlar

geliştirilebilir. Bu robotlar, arıların bal peteği yapmasına benzer bir şekilde aynı anda binlerce değişik yönden parçayı inşa edebilirler. Hatta robot yapan robotlar da üretilebilirse maliyetler çok aşağılara inebilir. Bu konuda kısa vadede bir takım makine parçalarının atomlar kullanılarak inşa edilmesi yönünde ciddi ve ümit verici gelişmeler olmaktadır.

Daha ileri bir gelecekte ise bu teknoloji ile insanlar evlerinde dahi birçok karmaşık imalat işini halledebilecek seviyeye gelebileceklerdir.

3. STT'DE KULLANILAN 3B DONANIMLARIN MİMARLIK EĞİTİMİNE KATKILARI

1960'lı yıllardan başlayarak mimarlıkta kullanılan STT, son 20 yılda gösterdiği hızlı gelişimle tasarım sürecimize entegre olmuş durumdadır. Bu gelişme ile birlikte geleneksel tasarım sürecinden sayısal tasarım sürecine doğru hızlı bir değişim yaşanmaktadır.

Ülkemizde, mimarlık ofislerinde ve mimarlık eğitiminde STT kullanılsa da, geleneksel tasarım sürecinin sayısal tasarım sürecine tam olarak dönüştüğü söylenemez. 3B modelleme yazılımlarının gittikçe yaygınlaşmasına karşın, bu yazılımları kullanırken hala fare ve klavye tercih edilmektedir. Bu tercihin en büyük nedeni 3B donanımların yüksek maliyetidir.

STT, başta Amerika olmak üzere gelişmiş ülkelerde, karmaşık geometrilerin tasarlanması ve üretimi için kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojilerinin gelişmesi ve bu bağlamda maliyetinin düşmesi, çeşitlenmesi ve tasarımda kolaylıklar sağlaması ile ülkemizde de yeni tasarım süreçleri başlamaktadır.

Bu yeni tasarım süreçlerini değerlendirmek açısından mimari tasarım süreçlerinin gelişimine bakmak gerekir. Geleneksel mimari tasarım sürecinden, bilgisayar destekli mimari tasarım sürecine, sonrasında ise STT ile gelişmekte olan mimari tasarım sürecine geçişin aşamaları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

3.1 Geleneksel Mimari Tasarım Süreci

Tasarımcılar geleneksel mimari tasarım sürecinde tasarım problemini çözmek için değişik metotlara başvurmuş, hatta kendilerine ait kişisel teknikler geliştirmişlerdir. Tasarımcılar, soyut olan düşüncelerini somutlaştırmaya ve sonuca ulaşmaya çalışmışlardır. Geleneksel mimari tasarım sürecinin ilk aşamalarını, tasarım problem ile ilgili yapılan analizler, değerlendirmeler ve sentezler oluşturur. Tasarım yaklaşımı ile ilgili, yol, cephe, kat, işlev, rüzgar, iklim v.b. birçok analiz yapılır. Bu analizler değerlendirilerek belli tasarım kararları alınır.

Bir tasarım problemi ile karşılaşıldığında, bu problemin çözüm sürecinin bir diğer aşaması da, olası çözümlerin görselleştirilmesidir. Tasarımcı çözüm üzerine çalıştıkça, zihinde tasarıma ilişkin soyut resimler oluşmaktadır. Tasarımcı bu resimleri kağıt, kalem ya da maket gibi somut araçlar kullanarak görselleştirmeye başlar. Bu görselleştirme tekniklerinden biri "Eskiz" 'dir.

Eskiz, bir tasarım düşüncesinin görsel-grafik olarak anlatılmış ilk örneğidir ve eskizler yoluyla tasarıma ilişkin soyut kavramlar somut biçimlere dönüştürülürler. Geleneksel tasarım sürecinde grafik bir anlatım yoluyla görselleştirme olacaktır. Bu grafik anlatımının en bilinen yolu eskiz çizimleridir (İnceoğlu, 1997).

Tasarımcılar, tasarımlarını algılanabilir resimler haline getirmek için, katı kütlelerle oluşturulmuş fiziksel modeller, yani maketler, de kullanmaktadır. Bu zihindeki resmin görselleştirilmesinin ötesinde, tasarımla doğrudan bir iletişimin sağlanmasına da imkan sunmaktadır.

3.2 Bilgisayar Destekli Mimari Tasarım Süreci

Tasarım süreçlerini bilgisayar olanakları üzerine kurgulayan mimarların, sabit bir tasarım yöntemi olduğundan bahsedilemez, tersine her projede problemin gerektirdiği yaklaşıma uygun olan teknolojilerle çalışılır; bir anlamda tasarım süreci tasarlanır. Geleneksel temsil tekniklerinin yardımcı araçlar olarak kullanımı devam etmekte, bunu yansıran bilgisayarın sayısal ve algoritmik yapısı tasarım stratejilerinin oluşturulmasında, mekanın biçimlenmesinde, genel olarak tasarıma yaklaşımda yeni olasılıklar sunmakta; mekansal araştırmaları desteklemektedir (Özsel, 2004).

Tasarım sürecinde etkin rol oynayan bilgisayar destekli tasarım yöntemleri kullanıcının deneyimleri ve donanım ve yazılımların kapasitesi doğrultusunda değişmektedir. Tasarım problemini çözmek için, bilgisayarın sayısal ve algoritmik gücünü kullanarak en doğru çözüme ulaşmak, sadece tasarım aşamasında değil uygulama ve üretim aşamasında da uygun ve doğru çözümler üretebilmek gerekir. Bunun için tasarıma en uygun bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinden birini veya birkaçını seçerek uygulamak gerekmektedir.

Bilgisayar destekli tasarım yöntemleri için çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Bu sınıflandırmada, tasarım sürecindeki değişik yöntemler ele alınmıştır. STT kavramına taban oluşturacak bu sınıflandırmada, 3B donanımların, yöntemlerdeki kullanımı kapsam dışı bırakılmıştır.

Parametrik tasarım: Tasarımın belli parametreler üzerine kurulmasıyla ilgilidir. Mimari tasarım sürecinde parametrik tasarımın kullanıldığı örneklerde, rüzgar şiddeti, deniz tuzluluk oranı, su miktarı, insan akışındaki yoğunluk gibi çevresel veriler tasarım sürecinde parametreler olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayar ortamında kurgulanan sistemde, parametrelere girilen farklı değerler sonucu oluşan değişim, tasarım aşamasında form üretimi

için ya da fiziksel mekanda ışık-ses-biçim değişimleri için kullanılır. Parametrik tasarım detay çözümleri ve strüktür tasarımı için de kullanılmaktadır (Burry, 1999).

Türetici Tasarım: Bu yöntemde tasarım modelleri dilbilim kökenli araştırmalara dayalı, gramer tabanlı bilgisayar destekli tasarım modelleridir. Türetici tasarım sistemlerinde, belirli bir biçim grubundaki elemanların çeşitli kombinasyonlarının belirlenmesine dayalı alternatif çözümler, sistematik olarak araştırılır. Gramerlere dayalı sistemlerde tasarım alternatiflerinin türetmesi kullanıcının belirlediği kurallar setine bağlıdır. Bu kurallar setine göre türetilebilecek tüm olası alternatifler ve biçimsel kombinasyonlar bilgisayar tarafından türetilir ve tasarımcı geleneksel temsil ortamında araştıramayacağı sayıda alternatifi değerlendirme imkanına sahip olur (March ve Stiny, 1984).

Yapay Zeka; Uzman Sistemler; Veri Tabanı: Biliş bilimi kökenli çalışmalarda tasarım bir bilgi işleme süreci olarak ele alınmıştır. Tasarımcı düşünce ve tasarım sürecindeki zihinsel davranışlar çeşitli bilgi işleme modellerine göre sistematize edilmeye çalışılır. Bilgi işlem kuramı tasarımı, ardışık bir bilgi işleme düzeni ve bunun sonucundaki dönüşümlere dayandırır (Kolarevic, 2003).

Evrimsel Sistemler; Kendini Organize Eden Sistemler: Biyolojik büyüme ve biçimlenme konseptlerinin mimari tasarım sürecinde, tasarıma model olarak kullanılmasıyla ilgilidir. Bu modeller doğadaki evrimsel sürecin birer temsilcisi olmaktan çok, bilgisayar destekli ortamda üretilen modelleri geliştirici metaforlar olarak hizmet verirler (Kolarevic, 2003).

Animasyon Teknikleriyle Tasarım: Animasyon genel anlamda hareketli görüntü oluşturma tekniğidir; el çizimleri, fotoğraf teknikleri, bilgisayar ortamında 2B görüntüler, 3B modeller ya da fiziksel modeller kullanılarak hareketi oluşturacak görüntüler tek tek oluşturulur. Aynı ayrı oluşturulan kareler saniyede minimum 16 kare gösterildiğinde göz bunu hareketli görüntü olarak algılar. Mimarlıkta 3 B sayısal modelin animasyonu genellikle projenin sunumunda mekanın anlatılması için bir temsil tekniği olarak kullanılmaktadır (Lynn, 1999).

Diyagram Mimarlığı; Veri Eşleme: Bilgisayar ortamında tasarım süreçlerinde tasarım stratejisinin oluşturulmasında diyagramlar aktif rol oynamaktadır. Bağlamla ya da programla ilgili veriler, örneğin arsadaki rüzgar gücü, güneşlenme gibi çevresel etkilerin, insan akışı ve yoğunluklar gibi verilerin tasarımdaki belirleyiciliği temsili çizimlerle değil diyagramlarla organize edilir (Tschumi ve Berman, 2003).

Performansa Dayalı Tasarım: Güneş, akustik, rüzgar gibi yapı fiziğiyle ilgili özelliklerin tasarımı yönlendirmesine olanak tanıyan bir tasarım yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda bina performansı binanın sadece yapı fiziğiyle ilgili özellikleriyle sınırlı değildir. Maliyet, strüktür, mekansal ilişkiler, sosyal yaşantıyla ilgili kriterlerin karşılanması da bina performansı olarak ele alınır. Bilgisayar ortamında simülasyon teknikleri, tasarımın ilk aşamalarından itibaren tasarım teknolojileri olarak kullanılır ve mekanın biçimlenişini yönlendirir (Kolarevic, 2003).

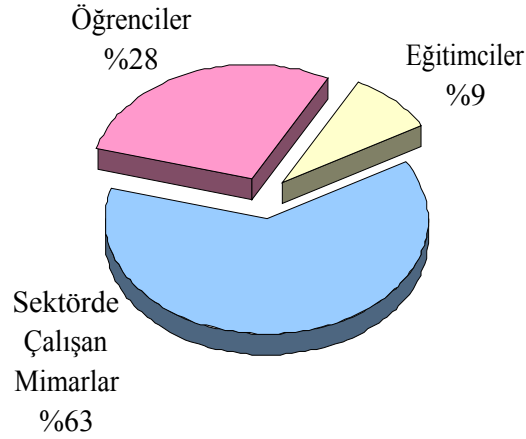
Bilgisayar Destekli Üretim: CAD/CAM teknolojilerinin kullanıldığı tasarım ve üretim sürecinde bilgisayar ortamındaki proje bilgileri yine bilgisayar ortamında fabrikaya ulaşır. “Dosyadan fabrikaya” olarak isimlendirilen bu süreçte bilgisayar tabanlı sayısal kontrole dayalı üretim teknikleri kullanılır (Kolarevic, 2003).

3.3 STT’de Kullanılan 3B Donanımların Kullanımına Yönelik Anket Çalışması

Tez kapsamında, mimarların ve tasarımcıların, tasarım sürecinde izledikleri yollar ve tasarım yöntemlerini araştırmaya, süreç içerisinde kullandıkları donanım ve yazılımları belirlemeye ve yeni bir donanım kullanırken karşılaştıkları zorlukların neler olduğunu belirlemeye yönelik anket çalışmasına yer verilmiştir. STT’de kullanılan 3B donanımların ne derecede bilindiği ve kullanılmasının yaygınlığına yönelik araştırmada, katılımcılara çeşitli sorular yöneltilmiştir. Bu çalışmada amaç, bahsedilen donanımların mimarlar, öğrenciler ve eğitimciler arasında ne derecede bilindiği, hangi aşamalarda kullanıldığı ve kullanım zorluklarının hangi sebepler olduğunun öğrenilmesidir.

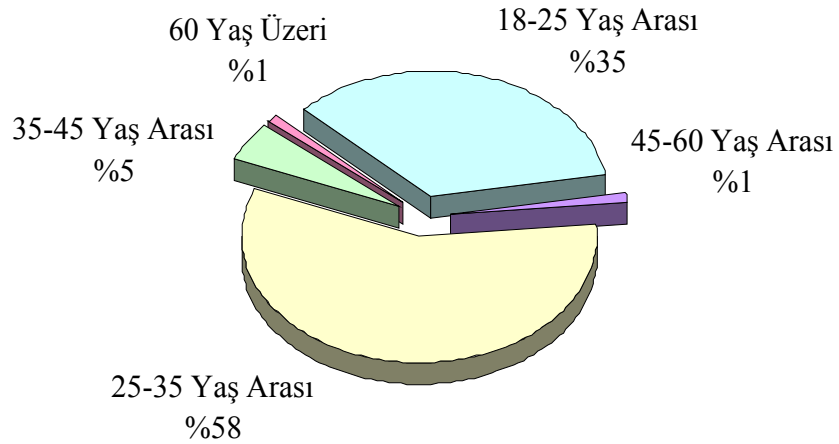
Yapılan çalışmada çeşitli tecrübe gruplarını barındıran katılımcı sınıfları bulunmaktadır. Anket çalışmasında, mimarlık mesleği içerisinde aktif olarak çalışan mimarlar, Yıldız Teknik Üniversitesi ve Bahçeşehir Üniversitesi’nde farklı tecrübe düzeylerinde bulunan yüksek lisans ve lisans eğitimindeki mimari proje gruplarında bulunan öğrenciler ve bu üniversitelerde mimarlık eğitimi veren eğitimcilerden oluşan 112 katılımcı yer almaktadır (Şekil 3.1).

Çalışma kolaylığı açısından, öğrenim görmekte olan katılımcılar ağırlıklı olarak Yıldız Teknik ve Bahçeşehir Üniversiteleri’nin proje gruplarından seçilmiştir. Bu kategoride bulunan katılımcılara, anket soruları A4 sayfa formatında çıktı alınarak ve birebir görüşülerek sorulmuş, verdikleri bilgiler kaydedilmiştir. Anket sorularının ağırlıklı olarak bilgisayar destekli tasarım konusunu ilgilendirmesinden dolayı, katılımcıların bu konuda bilgi sahibi olmasına dikkat edilmiştir. Mimarlık mesleği içerisinde aktif olarak çalışan mimarların %72’sine, anket soruları elektronik posta yoluyla ulaştırılıp, cevaplara yine aynı yolla ulaşılmıştır.



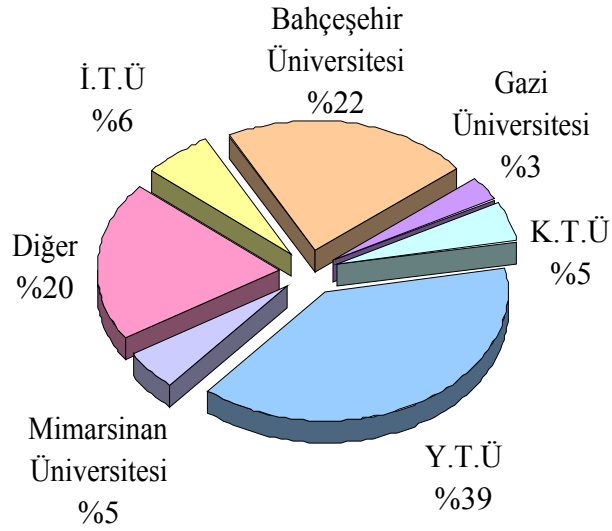
Şekil 3.1 Çalışmaya katılan katılımcıların sınıflandırılması

Anket çalışmasındaki 112 katılımcı, çeşitli yaş grupları içerisinde bulunmaktadır. Şekil 3.2’de katılımcıların yaşları ile ilgili grafiksel oran bulunmaktadır. 25-35 yaş arası katılımcılar %58’lik bir oranla en fazla orana sahip yaş grubundadır (Şekil 3.2).



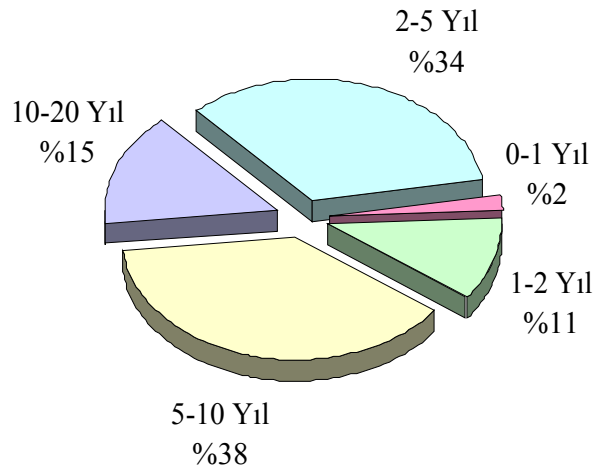
Şekil 3.2 Katılımcıların yaş oranları

Anket çalışmasına katılanların, mezun oldukları ya da eğitim aldıkları farklı üniversiteler bulunmaktadır (Şekil 3.3). Bu çeşitlilik sayesinde, katılımcıların aldıkları eğitim sonucunda, bu üniversitelerin mimari proje derslerinde izledikleri tasarım yöntemleri belirlenmeye çalışılmıştır.



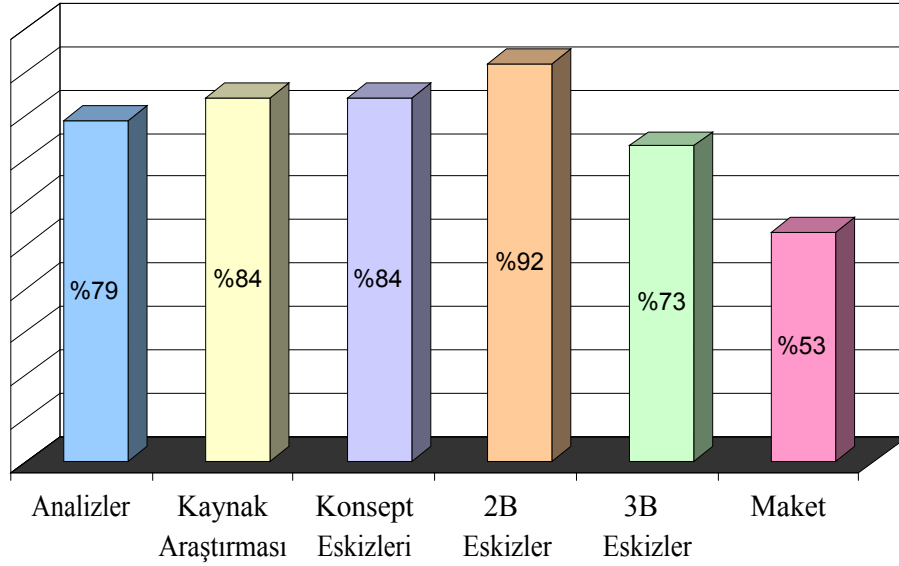
Şekil 3.3 Katılımcıların mezun olduğu; eğitim aldığı; çalıştığı üniversiteler oranları

Katılımcılara, ne kadar süredir tasarım ve sunumları için bilgisayar kullandıkları sorulmuştur. Şekil 3.2’de görüldüğü üzere 25–35 yaş arası katılımcıların çokluğu ve yaş oranları ile orantılı olarak çoğunlukla 5–10 yıl arası tasarım ve sunumları için bilgisayar kullandıkları ortaya çıkmıştır (Şekil 3.4). Bu sonuç ise mimarlık eğitiminde de bilgisayar kullanımının sıklığını göstermektedir.



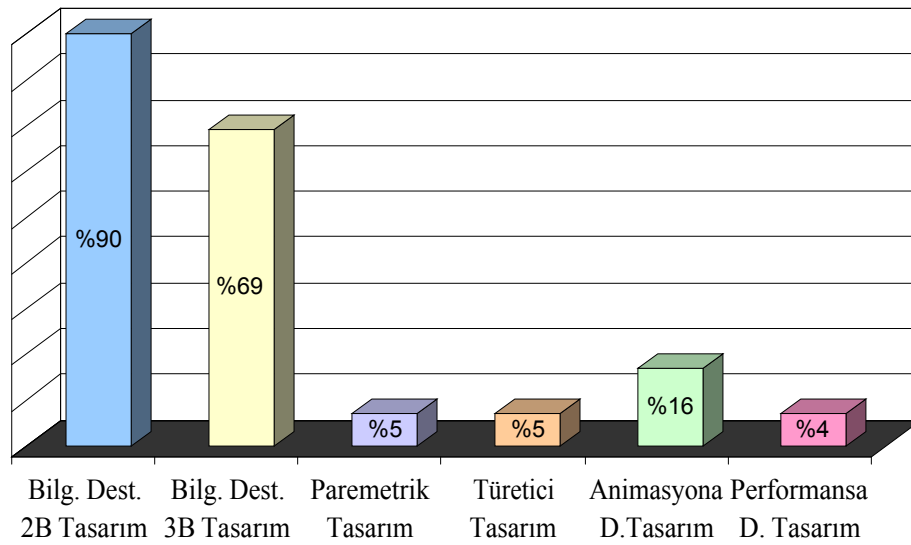
Şekil 3.4 Katılımcıların bilgisayar destekli tasarım kullanma oranları

Yapılan ankette, katılımcılara geleneksel tasarım sürecinde kullandıkları yöntemler sorulmuştur. Alınan cevaplara göre, 2B eskizler en çok tercih edilen yöntemlerden biri olmuştur. Fiziksel model (maket) ise, katılımcıların yarısı tarafından tercih edilen bir yöntemdir (Şekil 3.5).



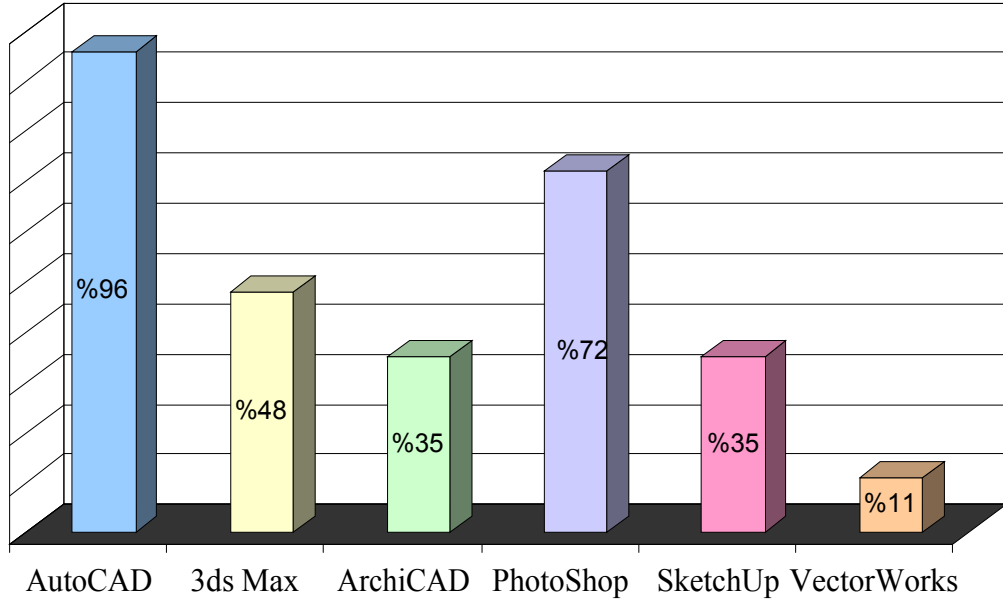
Şekil 3.5 Geleneksel tasarım sürecinde kullanılan yöntem dağılımı

Araştırma içerisinde bahsedilen bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinin, mimarlar tarafından ne kadar kullanıldığı da ankette sorulan sorulardan biridir. Verilen yanıtlara göre, tez içerisinde bahsedilen bilgisayar destekli tasarım yöntemlerinin çok az bir oranda kullanımına rastlanmıştır (Şekil 3.6).



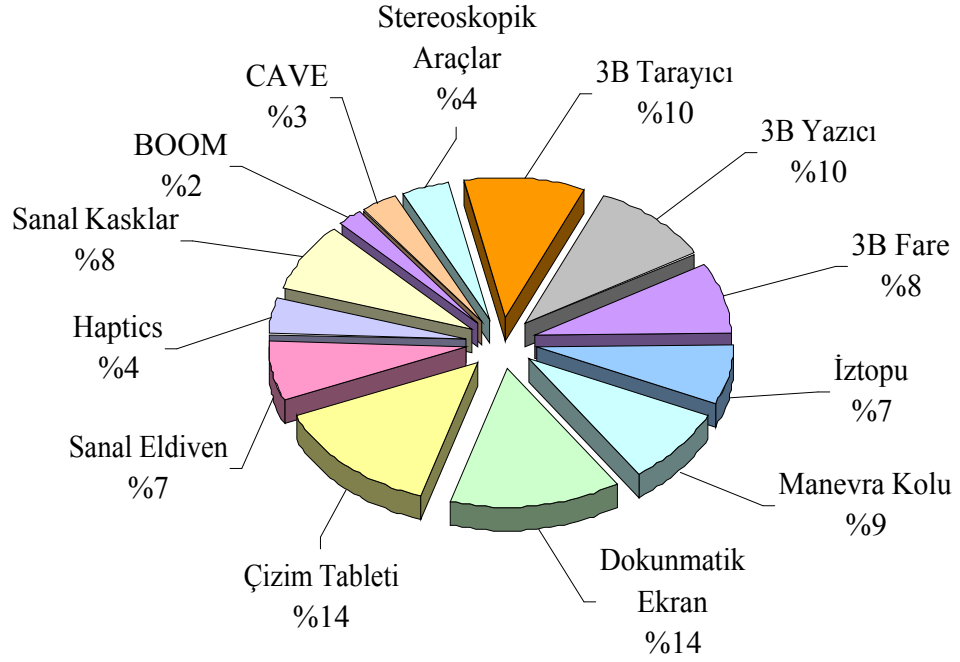
Şekil 3.6 Bilgisayar destekli tasarım sürecinde kullanılan yöntem dağılımı

Tasarım ve sunum için bilgisayar destekli tasarımda, katılımcıların çok büyük çoğunluğu AutoCAD kullanmayı tercih etmektedir. 3ds Max ve Photoshop yazılımları AutoCAD'den sonra en çok kullanılan yazılımlar arasında yer almaktadır. Şekil 3.7'de katılımcıların, tasarım ve sunum için kullandıkları yazılımlar bulunmaktadır.



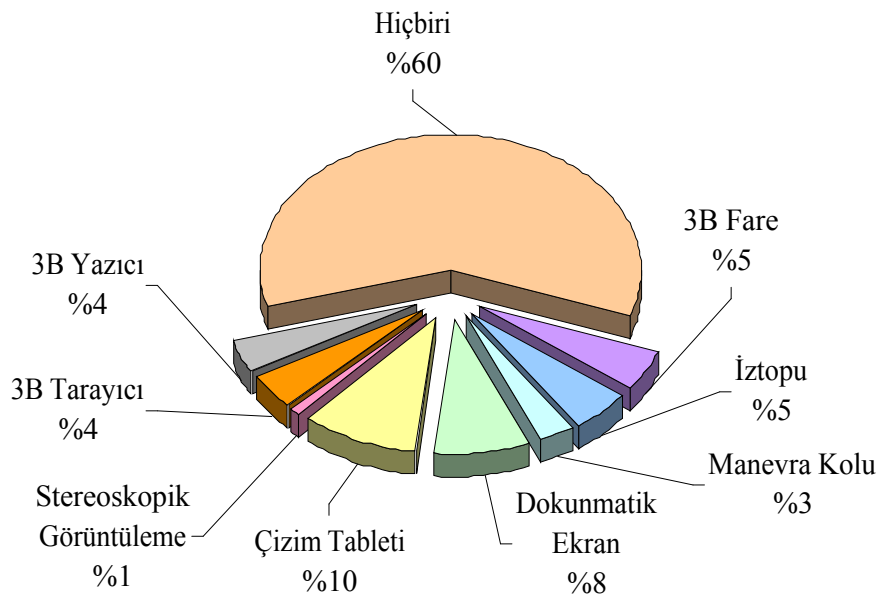
Şekil 3.7 Katılımcıların tasarım için kullandıkları yazılım dağılımı

Şekil 3.8'de, STT'de kullanılan 3B donanımların katılımcılar tarafından duyulma oranları yer almaktadır. Bu oranlara göre, %14'lük oranlar ile çizim tabletleri ve dokunmatik ekranlar en çok duyulan 3B donanımlar arasında yer almaktadır. Bu donanımları %10'luk oranlar ile 3B tarayıcılar ve 3B yazıcılar takip etmektedir. Eğitim almakta olan öğrenciler arasında ise manevra kolları en çok duyulan 3B donanımlar arasındadır. Sanal gerçeklik 3B çıkış araçlarından BOOM ve CAVE ise, 110 katılımcıdan 13 katılımcı tarafından bilinmektedir. 11 katılımcı ise bahsedilen donanımlardan hiçbirini duymamıştır.



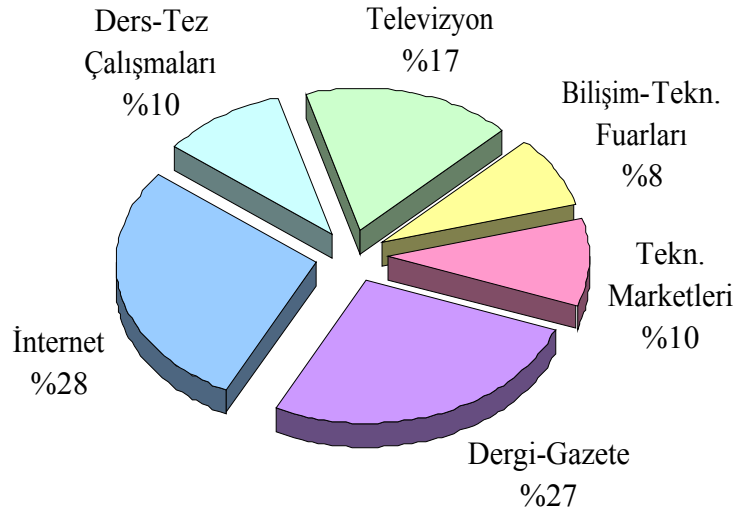
Şekil 3.8 STT'de kullanılan 3B donanımların duyulma oranları

Şekil 3.9'da anket katılımcılarının, bahsedilen bu donanımlardan hangilerini kullandıkları ve kullanılma oranları yer almaktadır. %60 gibi bir çoğunluk, 3B donanımlardan hiçbirini kullanmamıştır. Sektörde çalışan mimarlardan 11 mimar çizim tableti kullanmıştır. Bütün katılımcıların %10'u ise yine çizim tableti kullananlardır. Sanal gerçeklik araçları ve dokunma hisli / kuvvet geri beslemeli donanımlar ise hiçbir katılımcı tarafından kullanılamamıştır.



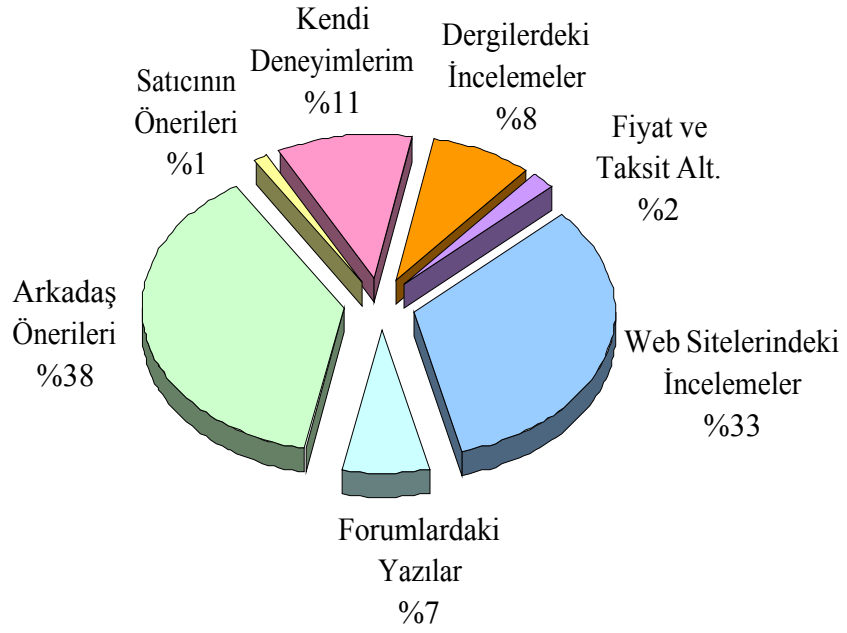
Şekil 3.9 STT'de kullanılan 3B donanımların kullanılma oranları

Katılımcılara, STT’de kullanılan 3B donanımları nerelerden duydukları sorulmuştur. Amaç bu donanımların tanıtımının ne derecede ve nerelerde gerçekleştiğinin sorgulanmasıdır. Çeşitli basın ve yayın organları bu sıralamada en başlarda yer almaktadır. Bilgi çağında kullanımı büyük oranda artmış bulunan internet, katılımcılar tarafından en çok tercih edilen seçenek olmuştur (Şekil 3.10). Bahsedilen donanımların üst modellerinin araştırılması ve kullanım kolaylığının tartışılması yine internet üzerindeki donanım forumlarından takip edilmektedir.



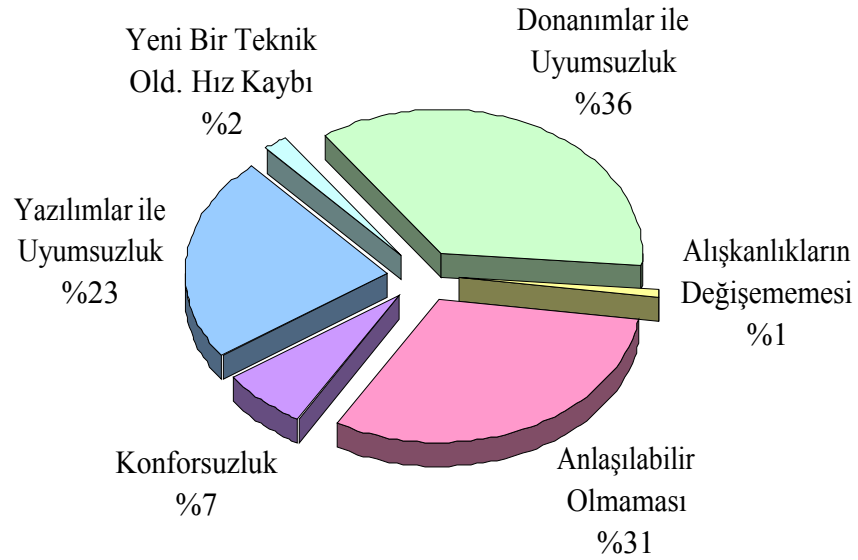
Şekil 3.10 STT’de kullanılan 3B donanımların duyuldukları yerlerin oranı

Anket çalışmasında yer alan sorulardan biri de, yeni çıkan donanımların nerelerden takip edildiği yönündedir. İnternet ortamı ve internetteki forumlar %32’lik bir oranla en çok tercih edilen ortam olmuştur. Dergi-Gazete gibi basın-yayın organları yine en çok tercih edilen seçenekler arasında yer almaktadır. Bu donanımların satın alınacağı zaman, katılımcılar için en önemli referansın ne olduğu sorusuna ise, katılımcıların %38’i arkadaş önerilerini referans alacaklarını belirtmişlerdir. Web sitelerindeki incelemeler ve forumlardaki yorumların toplam %40’lık yüzdesi ise internet ortamının yine en çok tercih edilen referans olduğunu göstermektedir (Şekil 3.11).



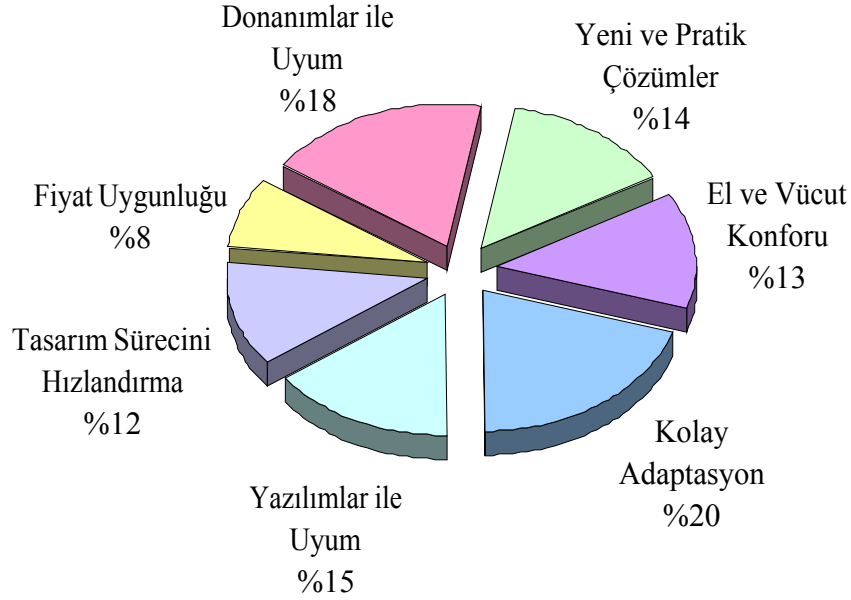
Şekil 3.11 Donanım satın alınacağı zaman en önemli referans oranları

Tasarımcıların, geleneksel tasarım süreci ve bilgisayar destekli tasarım süreci içerisinde kullandıkları donanımlardan, yeni donanımlara geçmekte zorlandıkları tespit edilmiştir. Bu yeni donanımların süreç içerisinde kullandıkları donanımlar ile uyumsuzluğu ve anlaşılabilir olmaması bu zorlukların başında gelmektedir (Şekil 3.12).



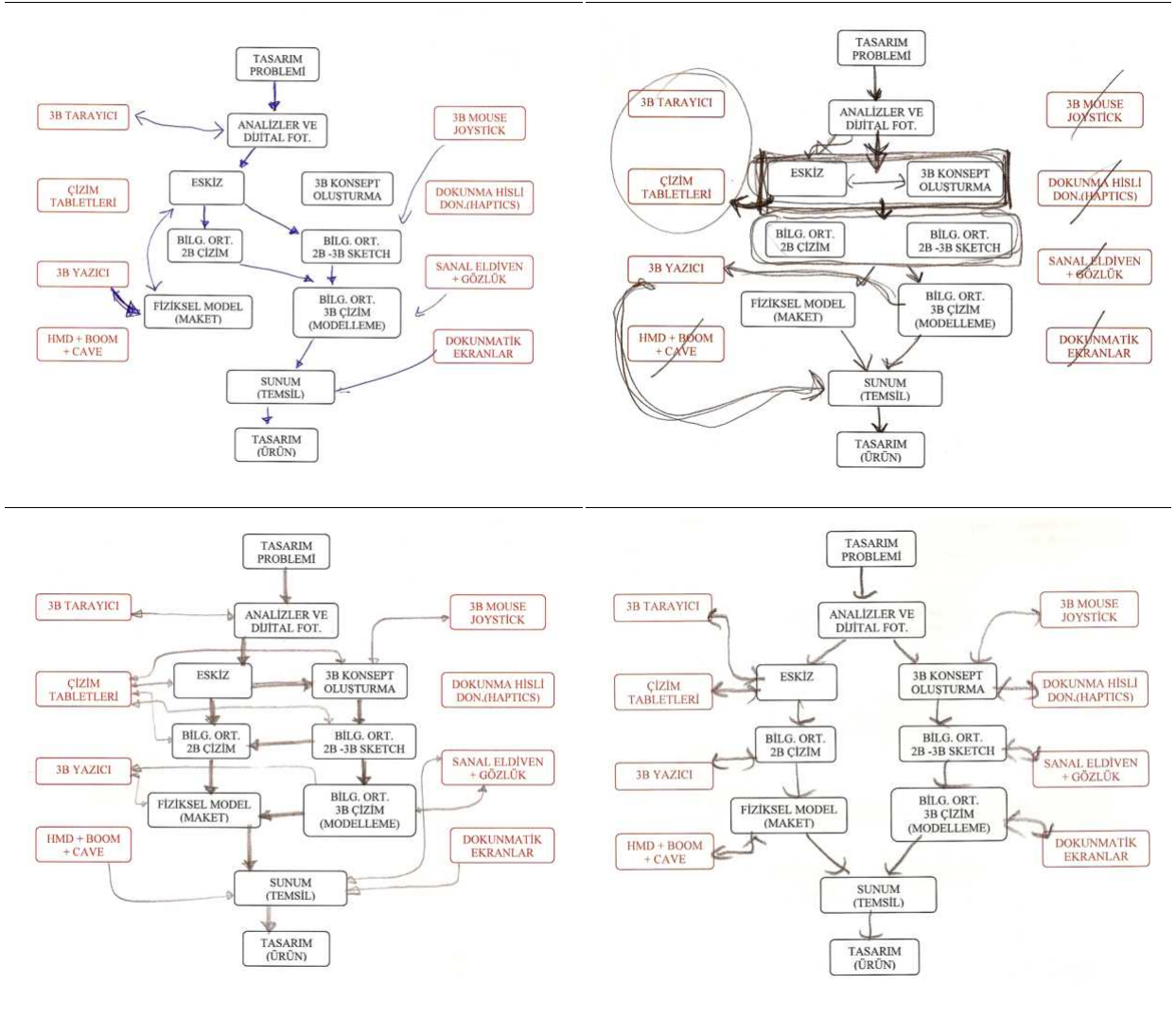
Şekil 3.12 Yeni bir donanımın kullanmanın zorluk nedenlerinin oranları

Katılımcılara tasarım süreçlerinde kullanmaları önerilen 3B donanımlardan beklentileri sorulmuştur. Bu donanımlara kolay adapte olmayı, süreç içerisinde kullandıkları donanımlar ve yazılımlar ile uyumu ve bu donanımların, tasarım yöntemlerine yeni ve pratik çözümler sunmasını beklemektedirler (Şekil 3.13).



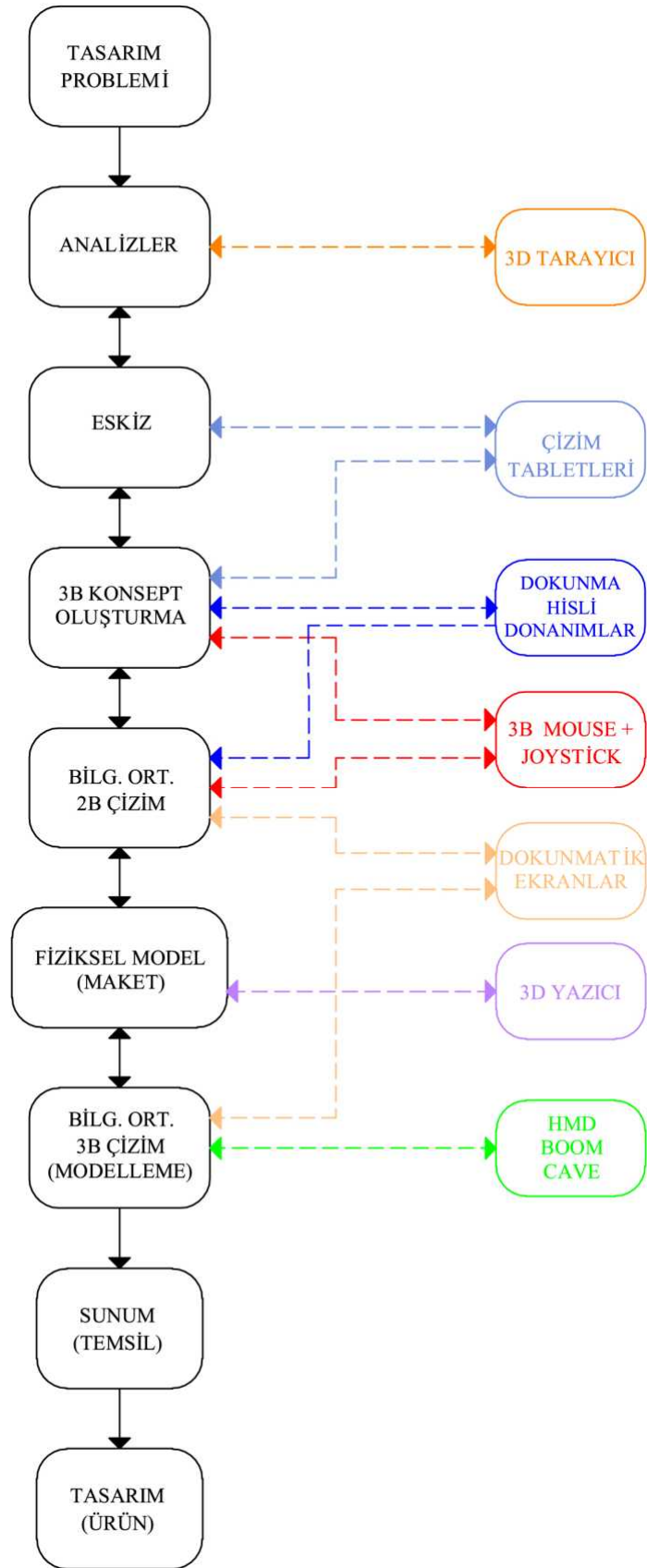
Şekil 3.13 Katılımcıların yeni bir donanımdan beklentilerin oranları

Anket çalışmasında, araştırma içerisinde yer alan STT’nde kullanılan 3B donanımlar ile oluşturulmuş öneri tasarım sürecine ait bir çalışma ve bu çalışmada 3B donanımların süreç içerisindeki kullanım aşamaları, katılımcılara örnek olarak verilmiştir. Bu doğrultuda, katılımcılardan, STT’nde kullanılan 3B donanımları kullanma imkanları olsaydı, kullandıkları veya önerdikleri tasarım süreçlerini oluşturmaları ve bu araçları hangi aşamalarda kullandıklarını belirtmeleri istenmiştir. Katılımcıların % 73’ü kullandıkları veya önerdikleri tasarım süreçlerini, %55’i ise süreç içerisinde kullandıkları donanımları belirtmişlerdir. Ek 2’de bütün katılımcıların sorulara verdikleri yanıtlar bulunmaktadır. Şekil 3.14’de önerilen tasarım süreçlerinin dört adet örneği bulunmaktadır.



Şekil 3.14 Katılımcıların önerdikleri tasarım süreçlerine örnekler

Veilen yanıtlara göre en çok önerilen süreç ve süreç içerisinde kullanmayı istedikleri 3B donanımlar, Şekil 3.15’de yer almaktadır. Katılımcılar tasarım süreci içerisinde çok farklı tasarım yöntemleri kullanmaktadır. Önerilen diğer süreçler ve süreç içerisinde kullandıkları 3B donanımlar için Ek 2’ye bakılabilir.



Şekil 3.15 Katılımcıların en çok önerdiği tasarım süreci ve kullandıkları 3B donanımlar

Demir'in (1996) "3rd Design & Decision Support Systems In Architecture & Urban Planning" konferansında yayınlanan bildiride benzer bir anket çalışması yer almıştır. CAD sistemlerinin dayandığı genel prensipler ve tasarım sürecinin ilk aşamalarındaki performansının sorgulandığı bildiride mimarlar ile görüşülüp CAD sistemlerinin kullanımına yönelik görüşmeler yapılmıştır.

Mimarlar ile yapılan görüşmede, mimarlar, tasarım sürecini ilk aşamalarından biri olan "Eskiz" için bilgisayarı uygun ve elverişli bulmamışlardır. Görüşülen mimarlardan %30'u eskiz yapmak için bilgisayarı tercih etseler de, tam performans alamadıklarını söylemişlerdir. Varolan sistemlerin de eskiz için uygun olmadığını düşünmüşlerdir.

Yapılan araştırmada, teknik resim çizimleri CAD sistemlerinin en çok kullanılma sebebi olmuştur. Mimarların birçoğu tasarım fikrinin kaybolmaması için, insiyatifi bilgisayarların eline vermek istemiyorlar. Yeni sistemlere adapte olmak için harcadıkları zamanı ve gücü harcamak istemediklerini kaydetmişlerdir.

3.4 STT'de Kullanılan 3B Donanımlarla Oluşturulan Öneri Mimari Tasarım Süreci

Yaşadığımız enformasyon ve iletişim çağı, ekonomik, sosyal ve kültürel yaşamın yeniden şekillenmesine yol açmaktadır. Gelişen STT ile toplumda mimarın rolü üzerinde özellikle gerçeklik, özgünlük ve onların algısı konusunda etkili olmaktadır.

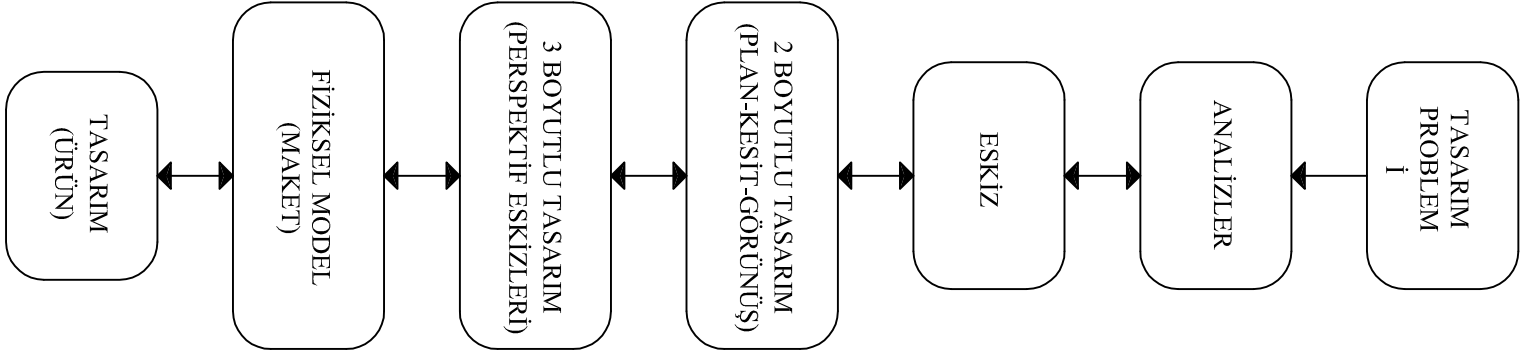
Bilgisayar destekli tasarım ortamının mimarlıkta ilk kullanımı yoğun olarak, sunuş ve çizim amaçlı olmuştur. Yani eskiz üzerinde yapılan çalışmaları bilgisayar ortamına aktarma ve sunma amacı ile kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarın temsil için bir araç olarak kullanıldığı alanlar çoğunlukla 2B çizim, 3B modelleme, animasyonlar gibi uygulamalardır.

STT'de kullanılan 3B donanımların giderek ekonomik anlamda daha geniş bir kitleye ulaşmaya başlaması, insan bilgisayar etkileşim teknolojilerinin gelişmesi, çeşitli hale gelmesi ve iş kolaylığı sağlaması, yeni mimari tasarım süreçlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır.

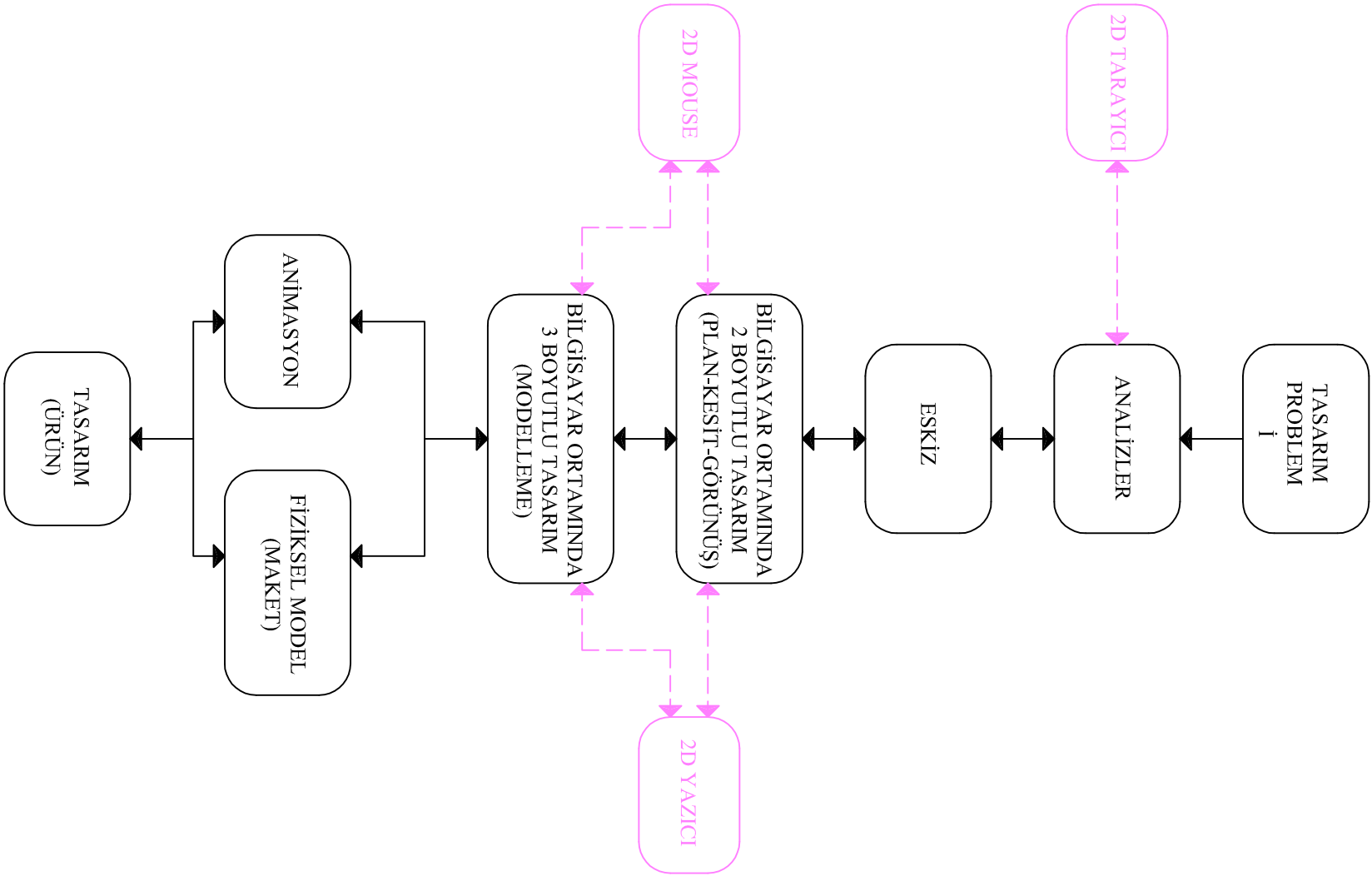
Geleneksel anlamda bir "araç" olarak görülen sayısal donanımlar, günümüzde bir tasarım ortamı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarlama eylemlerinin önemli bir kısmı, ya da tümü sayısal ortamda gerçekleştirilirken, tasarım anlayışlarında da değişim gözlemlenmektedir.

Şekil 3.16, 3.17, 3.18 'de geleneksel mimari tasarım süreci, bilgisayar destekli mimari tasarım süreci ve STT kullanılarak gelişen öneri mimari tasarım süreçlerini açıklamaya yönelik oluşturulmuş modeller bulunmaktadır.

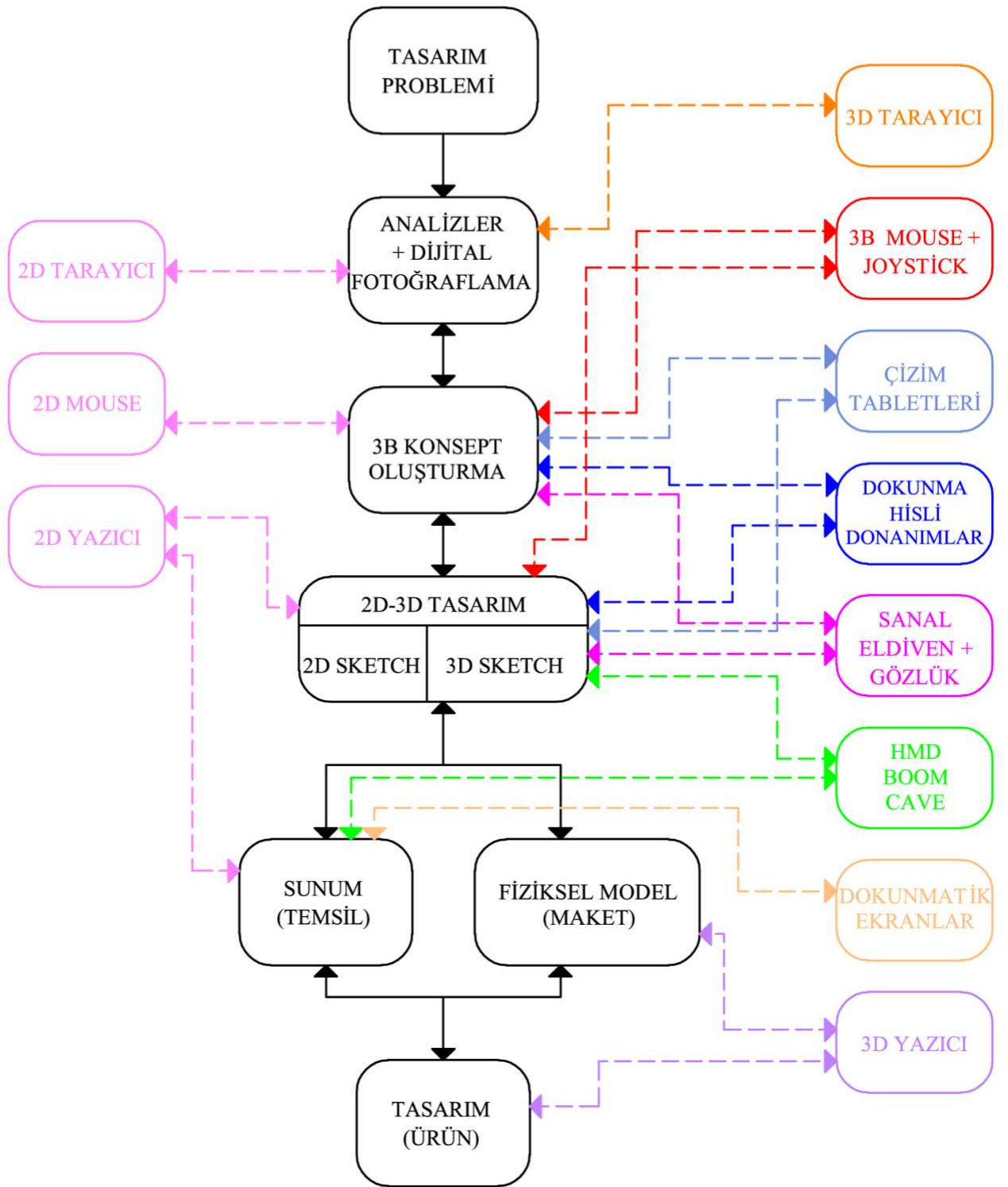
Geleneksel mimari tasarım süreci modeli



Bilgisayar destekli mimari tasarım süreci modeli



Şekil 3.16 Geleneksel mimari tasarım ve bilgisayar destekli mimari tasarım süreci modelleri



Şekil 3.17 Anket yansımaları sonucu, STT’de kullanılan 3B donanımlar ile oluşturulan öneri mimari tasarım süreci

	2B MOUSE	2B TARAYICI	2B YAZICI	MASAÜSTÜ ÇALIŞAN 3B DNM.	DOKUNMA HİSLİ 3B DNM.	3B TARAYICI	3B YAZICI	SANAL GERÇEKLİK ARAÇLARI
ESKİZ		●						
BİLG. ORT. 2B TASARIM	●	●	●	●				
3B KONSEPT OLUŞTURMA	●	●		●	●	●		●
3B TASARIM	●		●	●	●	●		●
FİZİKSEL MODEL		●					●	
ANİMASYON	●			●	●			●
TASARIM (ÜRÜN)							●	●
SUNUM (TEMSİL)			●			●		●

Şekil 3.18 STT’de kullanılan 2B ve 3B donanımların öneri tasarım sürecinde kullanım dağılımları

Yukarıdaki şekiller tasarımcıya, STT’nin tasarım sürecine getirdiği olanakları, farklılaşan donanımların, tasarım sürecine nasıl entegre edilebileceği ve bu süreci nasıl dönüştürmekte olduğunu göstermekte yardımcı olmaktadır.

1.1 STT’de Kullanılan 3B Donanımların Mimarlık Eğitiminde Kullanımı

Günümüzde gelişen donanım teknolojileri ile bilgisayarlar, mimarların hayal dünyalarını sergilemek için tasarım sürecinde kullandıkları birer araç olmaktan çıkıp, tasarım ortamına dönüşmüşlerdir. Bilgisayarların, 3B etkileşim ve canlandırma teknikleri için oldukça iyi ve hızlı bir ortam olduğu düşünülürse, STT’de kullanılan 3B donanımların ve mimari tasarım sürecini dönüştürmekte olduğu söylenebilir.

Mimarlık eğitiminde, üniversiteler bünyesinde bulunan bilgisayar destekli tasarım laboratuvarlarında, öğrencilere yazılımlar öğretilirken, geleneksel tasarım sürecinde oluşturdukları tasarımları uygulamaları ve yeni tasarımlar yaratmaları beklenmektedir.

Leyla Tokman'ın 1999'da 5. Türkiye'de İnternet Konferansı'ndaki "Eğitim ve Öğretimde Uzaktan Erişim" konulu bildirisinde, ülkemizde bilgisayar destekli tasarımın, mimarlık eğitim programlarında kullanımının çok etkin olmadığını belirtmiştir. 1999'da yayınlanan bu bildiride yer alan Çizelge 3.3'de görüleceği gibi ülkemizin eski üniversitelerinden olan dört üniversitede mimarlık lisans programlarında zorunlu veya seçmeli olarak verilen bilgisayar derslerinin ana konusunu daha çok "çizim programlarının öğretimi" oluşturmaktadır. İncelenen bu dört üniversiteden üçünde de "bilgisayar temel konularının öğretilmesi" ikinci en fazla öğretilen konu olarak görülmektedir (Tokman, 1999).

TARİH	KURUM	MİMARLIK ÖĞRETİMİNDEKİ KAPSAMI	METOD	UYGULAMA
1999	İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	- Bilgisayarla çizim programı öğretilmesi - Bilişim teknolojisi - Multimedya - Uzman sistemler - Bilgisayar programlama dillerinin öğretilmesi - Bilgisayar temel konularının öğretilmesi	- Pascal, Fortran 4 - AutoCAD programları - İnternet kullanımı - İşletim sistemleri ve MS Ofis uygulamaları	2 ve 3B çizimler - e-mail ile haberleşme - İnternet 'te araştırma yapma
1999	MİMAR SİNAN ÜNİVERSİTESİ	- Bilgisayarla çizim programı öğretilmesi - Mediaccess- uzaktan mimarlık eğitimi ve öğretimi araştırma projesi	AutoCAD ve ArchiCAD programları	2 ve 3B çizimler
1999	ORTADOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	- Bilgisayarla çizim ve animasyon programlarının öğretilmesi - Bilgisayar temel konularının öğretilmesi	- AutoCAD ve ArchiCAD programları 3D Studio programı - İşletim sistemleri ve MS Ofis uygulamaları	2 ve 3B çizimler - Foto gerçek görselleştirme - Animasyon
1999	YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	- Bilgisayarla çizim ve animasyon programlarının öğretilmesi - Multimedia - Bilgisayar temel konularının öğretilmesi	- AutoCAD 3D Studio programı - İşletim sistemleri ve MS Ofis uygulamaları	2 ve 3B çizimler - Foto gerçek görselleştirme - Animasyon

Çizelge 3.3 Üniversitelerin bilgisayar destekli tasarım eğitimi ve yöntemleri (Tokman, 1999)

Mimarlık eğitiminde uygulanan bilgisayar destekli tasarım eğitiminin, yazılım açısından

geliştirilmekte olan bu desteğin donanımlar konusunda da sağlanması gerekmektedir. STT’de kullanılan 3B donanımların bilgisayar laboratuvarlarında öğrencilerin öğrenimine ve kullanımına sunulması, mimarlık eğitimi alan öğrencinin tasarım sürecinde mekanı farklı bir yaklaşımla tasarlamalarını ve sunmalarını destekleyecektir.

1.1.1 STT’nde Kullanılan 3B Donanımların Mimarlıktaki Uygulama Örnekleri

Mimari tasarım sürecinde, bilgisayar desteğinin kullanılmaya başlamasıyla değişen süreçte, geleneksel 2B donanımların kullanımı devam etmek ile birlikte, STT’nde kullanılan 3B donanımların büyük kolaylıkları ve avantajları keşfedilmektedir. Tasarımın her aşamasına entegre olmaya başlayan bu donanımlar, tasarımda, sunumda ve üretimde kullanıcılarına zaman açısından da kolaylıklar sağlamaktadır.

STT’nde kullanılan 3B donanımların mühendislik alanında birçok uygulama örneğine rastlanmakla birlikte, artan bir ivmeyle mimarlık alanına da giriş yaptığı söylenebilir. Mimarlık alanındaki uygulama örnekleri, kullanılabilecek alanlar ve kullanılmış projeler ile aşağıda sıralanmıştır.

3B Farelerin Mimarlıkta Kullanımı

Mimarlık eğitiminin ilk aşamalarında öğrencilere tasarı geometri derslerinde X, Y, Z düzlemleri öğretilmektedir. Bu eğitimden sonra bilgisayar destekli tasarım laboratuvarlarında bu düzlemler ile çalışılan vektör tabanlı programlar kullanılmaktadır. Kısacası mimarlar için tasarımlarını oluşturdukları bu düzlemler büyük önem taşımaktadır. 3B fareler tasarım ortamının koordinat sistemlerini kullanıcının elinde çok rahat ve kolay bir şekilde yönlendirmesini sağlamaktadır.

3B farelerin mimari tasarım sürecinde kullanılan birçok yazılım (AutoCAD, 3ds Max, SketchUp, Adobe Photoshop...) ile uyumu, mimarlık alanında tercih edilmesinin en büyük nedenlerinden biridir. Şekil 3.19’da SketchUp yazılımında 3B fare kullanılarak oluşturulmuş bir model bulunmaktadır. Mimarlık alanında tercih edilmesinin diğer bir nedeni ise tasarımları oluştururken kullanılan diğer donanımlar ile birlikte kullanılabilmesidir. Mimar, klasik 2B fare ile tasarımını detaylandırırken, 3B fare ile tasarımın her açısı kontrol edilebilmektedir.



Şekil 3.19 Chris Allen tarafından SketchUp programında 3B fare ile oluşturulmuş model
(Google SketchUp gallery, 2006)

Dokunmatik Ekranların Mimarlıkta Kullanımı

Dokunmatik ekranlar ile butonlar, pencereler arasında rahat bir yönetim, el yazısı ile metin girdisi veya grafik programları ile hızlı çizimler yapmak mümkündür. Geliştirilen sanal klavye yazılımı ile ekrana çıkan klavyeye dokunarak, normal tuşlu klavye ile yapılan tüm işlemler rahatlıkla yapılabilmektedir.

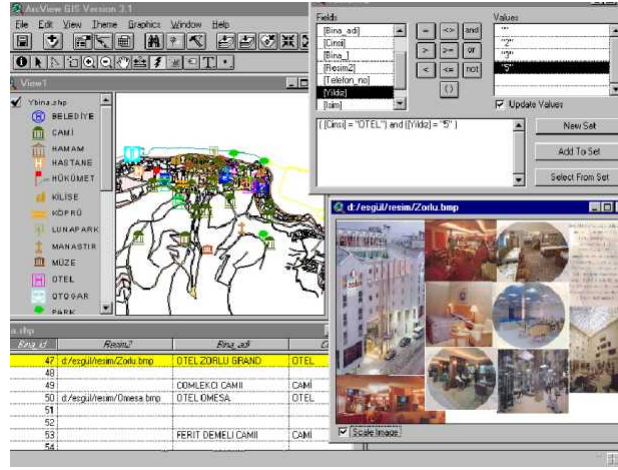
Sayısal fotoğraflama tekniği ile elde edilen verilerin düzenlenmesi, fotoğrafların boyut değişiklikleri ve sıralaması dokunmatik ekranların mimarlar tarafından tercih edilmesinin en büyük nedenlerinden biridir. Dokunmatik ekranların mimari tasarım sürecinde diğer tercih edilme nedenleri ise, fare veya klavye kullanmadan bilgiye hızlı erişim olanağı vermesi, yazılımların kolayca her türlü çözüme uygulanabilmesi ve ekonomik olmaları, gibi sıralanabilir.



Şekil 3.20 Dokunmatik ekran ile oluşturulan, fotoğraf düzenleme örneği [31]

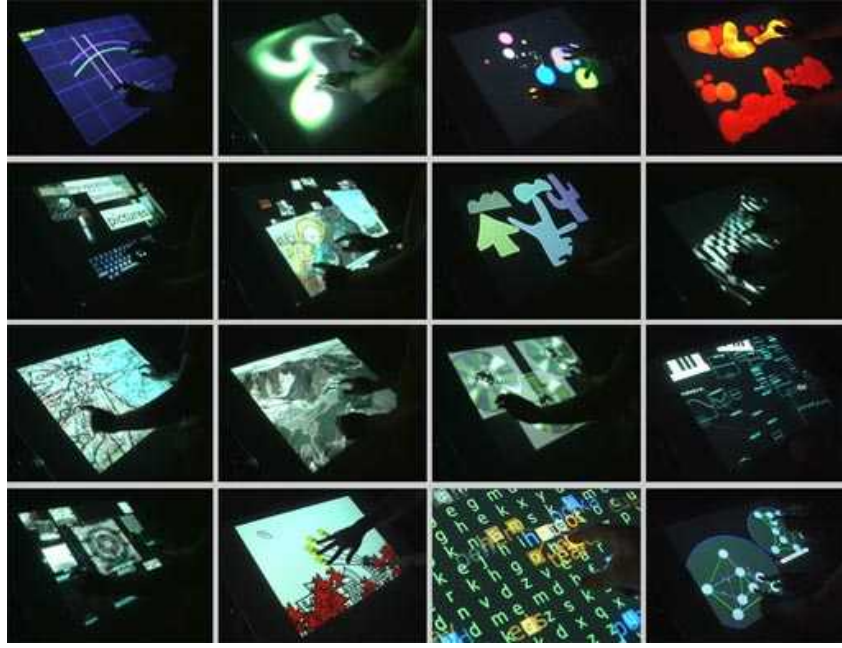
Halka açık yerlerde, kurumsal ve sektörel uygulamalarda dayanıklı oldukları için ve tasarımları gereği pratik ve hızlı çözüm yarattıkları için avantaj sağlamaktadırlar. Bunun yanı sıra, kent tanıtım projelerinde de kullanımına rastlanmaktadır. Oluşturulan dokunmatik ekran sistemi ile coğrafi bilgi sistemlerinin kullanımı konuma ve mekana bağlı olan verinin tüm kentlilerle paylaşılması adına önemli bir adımdır.

Karadeniz Teknik Üniversitesi'nin CBS laboratuvarında gerçekleştirilen, Trabzon ili için turistik haritaya eşdeğer bir bilgi kapsamına sahip olacak bir sistem tasarımı yapılmıştır. Bununla birlikte, sistem için bir gereksinim analizi yapılmıştır. Buna göre turistlerin başlıca beklentilerinin kalacakları yerlerdeki konaklama olanakları, restoranlar, alışveriş merkezleri, tarihi eserler, gezi yerleri, festivaller gibi bölgedeki ayrıntılıları incelemeleri üzerine bu sistem oluşturulmuştur (Şekil 3.21).



Şekil 3.21 Trabzon 5 yıldızlı otel sorgulama ekranı (Cömert, 1999)

New York Üniversitesi Bilgisayar Bilimleri Bölümü çalışanlarından olan Jeff Han liderliğinde sürdürülen Multi Touch Screens (Çoklu Dokunmatik Ekran) projesi, gerek yapısı, gerekse sağladığı olanaklarla donanımsal alandaki gelişimin iyi bir göstergesidir. Kullanıcıların el ile işlemlerini birebir olarak ekran üzerinde gerçekleştirmesini sağlayan proje, dahil olduğu “Dokunmatik Ekran Teknolojisi”ni bir adım öteye taşıyacak kapasiteye sahiptir.



Şekil 3.22 Multi Touch Screens projesinden örnekler [31]

Çizim Tabletlerinin Mimarlıkta Kullanımı

Geleneksel mimari tasarım sürecinde, mimarların en çok kullandığı yöntemlerden biri serbest el çizimi, yani eskizdir. Eskizdeki gibi sezgisel ve yaratıcı çizim tekniğini barındıran çizim tabletleri, bu yönüyle mimarların kullanmakta tercih ettiği 3B donanımlar arasında yer almaktadır. Oluşturulan çizimlerin anında bilgisayara aktarılması, eskizden çok daha hızlı bir çözüm sunmaktadır.



Şekil 3.23 Çizim tabletlerinin mimari çizimlerde kullanımına bir örnek (Novitski, 2000)

Çizim tabletleri, mimari tasarım sürecinde kullanılan birçok yazılım (AutoCAD, SketchUp, Adobe Photoshop...) ile uyumludur ve ek bir yazılım gerektirmemektedir. İki boyutta oluşturulan çizimler, daha sonra diğer 3B donanımlar ile geliştirilebilmektedir.



Şekil 3.24 3D Tractus çizim tabletinin kullanıcı ile etkileşimi (Lapides, 2005)

Sanal Gerçeklik Donanımlarının Mimarlıkta Kullanımı

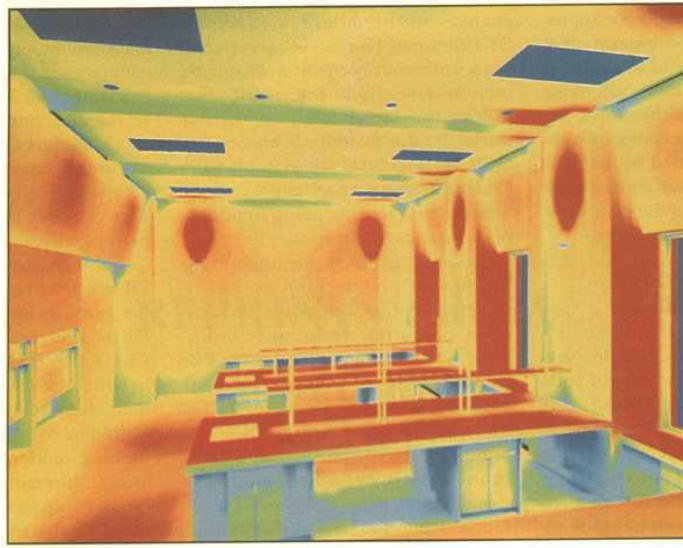
Sanal gerçekliğin mimari tasarım ve uygulama açısından sunduğu olanaklar, bugün 3B bir dünyada herhangi bir mimari nesne içinde ya da çevresinde gezintiyi olanaklı kılmaktadır. CAD ile oluşturulan bilgisayar simülasyonlarından yararlanarak "tasarım içinde yolculuk" mimarlar ve işverenlere, proje inşaa edilmeden çok önce doğru yolun rehberliğini sunmaktadır.



Şekil 3.25 Sanal gerçeklikte HMD kullanarak oluşturulan simülasyon (Broll, 2004)

Sanal gerçeklik aynı zamanda tasarımcılara ve plançılara bugüne kadar yalnızca yazı formatında mümkün olabilen çeşitli tasarım kriterlerini ve kısıtları görselleştirmeyi olanaklı kılmaktadır. Bina standartları ve yönetmelikler, aydınlatma, akustik, ısıtma, soğutma gibi bina sistemlerine ait teknik veriler tasarımcılara kolay anlaşılır görsel formatta sunulabilmektedir. Bu tür ilerlemeler soyut bilgilerin 3B sunumunu sağlayarak, tasarımın kalitesi ve içeriğine çok daha fazla hakim olabilme olanağını yaratmaktadır.

Mimarlar, oluşturdukları tasarımın, aydınlatma, akustik, iklimlendirme v.b. değerlerini sanal gerçeklik donanımları ile bilgisayar ortamında test edebilmektedirler. Örneğin, çeşitli aydınlatma düzeyleri belirleyerek, mekanın aydınlatması en doğru şekilde test edilebilir.



Şekil 3.26 Farklı aydınlatma seviyelerinin test edildiği bir oda (Good, 1994)

Tümüyle sanal bir ortam içinde tasarım ve kurgulama olanağını verecek teknolojiler ile 2B farenin, klavyenin ve monitörün 2B arayüzünden kurtularak sanal gerçekliğe geçen mimarlar, üç boyut içinde doğal ve sezgisel tasarım yeteneklerini yepyeni bir şekilde yeniden keşfedebilmektedirler.

Sanal ortam içinde, birebir eller ile inşa edilen, kolon üstüne kirişi yerleştirilip, malzemeleri tek tek seçerek oluşturulan, beğenilmeyen duvarı yıkıp başka bir yere inşa edilebilen binaları, özenle döşenilen odaları, hatta önerilen yaşam biçimine uygun kurgulanan kentleri, bu sanal dünya içinde oluşturabilmek mümkündür. Bu bağlamda, STT ile gelişen tasarım yaklaşımı, geleneksel tasarım yaklaşımına getirdiği farklı bakış açısını, çok daha ileri bir noktaya taşıyacak ve mimari tasarımda bambaşka boyutları ortaya çıkaracaktır (Ulukavak, 2002).

1998 yılında kullanıma açılan, Paris yakınlarındaki Stade De France stadyumu, IBM Fransa tarafından yapımından önce sanal olarak inşa edilmiştir. Amaç tasarım aşamasında insan akınlarını ve onların davranışlarını analiz etmek, ayrıca sağlık ve güvenlik kuruluşlarını ihtiyaç duyulan yerlere yerleştirmek ve ziyaretçilere mümkün olduğunca konfor ve hareket serbestliği sağlayabilmektir. Bunların yanı sıra müdahale olanaklarını ve etkilerini daha iyi tahmin etme imkanı olmaktadır. Bu simülasyon, havaalanları, resmi binalar ve alışveriş merkezlerinin tasarımında da kullanılabilmektedir.



Şekil 3.27 Stade De France stadyumunun ziyaretçi davranışları için hazırlanan simülasyonu
(Musse, 1998)

Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli Donanımların Mimarlıkta Kullanımı

Dokunma hisli / kuvvet geri beslemeli donanımlar ile, ilk konsept tasarımında, bilgisayarda modellemenin oluşturduğu zorluklar olmadan, kolay ve hızlı bir şekilde konsept oluşturulabilir. Tasarım sürecinin sonraki aşamalarında hazırlanan konsept üzerinde değişiklikler yapılabilir, detaylar işlenebilir. 3B sunumların hazırlanması ve animasyonların oluşturulması, donanımların gerektirdiği yazılımlar veya CAD yazılımları ile gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3.28 Sensable Technologies firmasının, dokunma hisli donanım kullanarak, Freeform modelleme sistemi ile modellenmiş aydınlatma elemanı [12]

Dokunma hisli donanımlar, mimar ile tasarladığı model arasında fiziksel etkileşim kurularak çalışılmasını sağlamaktadır. Fiziksel modele gereksinim duymadan, 3B modelleme ile tasarıma dokunulabilmektedir. Dokunma hisli tasarım ile, model üzerinde karmaşık formlar kolayca oluşturulabilmektedir. Birçok mimari modelleme yazılımı ve tasarım sürecinde kullanılan diğer donanımlar ile uyumludur.



Şekil 3.29 Sensable Technologies firmasının, dokunma hisli donanım kullanarak, Freeform modelleme sistemi ile modellenmiş bir lavabo ve batarya [12]



Şekil 3.30 Sensable Technologies Firmasının, Dokunma Hisli Donanımı sanal fırça olarak kullandığı bir model [12]

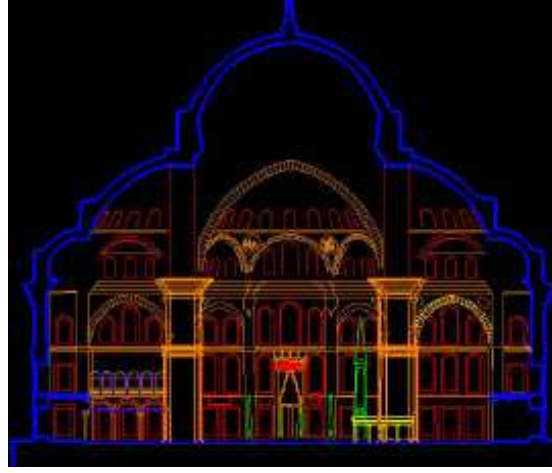
3B Tarayıcıların Mimarlıkta Kullanımı

3B tarayıcıların mimarlıkta, belgeleme ve fotogrametrik rölöve, CAD ortamında tarihi ve kültürel mirasın 3B modellenmesi, 3B verinin görselleştirilmesi, elde edilen verilerin yönetilmesi ve CBS ortamına aktarılarak bu verilerin sorgulanması gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır.

Yıldız Teknik Üniversitesi, Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Anabilim Dalı tarafından 2002 yılında başlanan, Fatih Camii Fotogrametrik Rölöve Projesi 2003 yılında tamamlanmıştır. Uygulanan bu proje kapsamında Fatih Camii dış cephe rölöveleri, camii içerisinden iki adet boyuna kesit çizimi, şadırvan avlusu ve iki adet türbenin rölövelerinin çizimleri hazırlanmıştır (Şekil 3.31 – 3.32).



Şekil 3.31 Fatih Camii güneybatı cephesi çizimi (Yastıklı, 2005)



Şekil 3.32 Fatih Camii kuzeydoğu-güneybatı cephesi çizimi (Yastıklı, 2005)

Yine araştırma amaçlı Yıldız Teknik Üniversitesi Beşiktaş kampüsündeki Fen bilimleri Enstitüsü olarak kullanılan Çukursaray Binası'nın ön cephesi lazer tarayıcı ile taranmıştır (Şekil 3.33). Tarama sonucu elde edilen nokta bulutları AutoCAD formatına dönüştürülerek rölöveleri hazırlanmıştır.

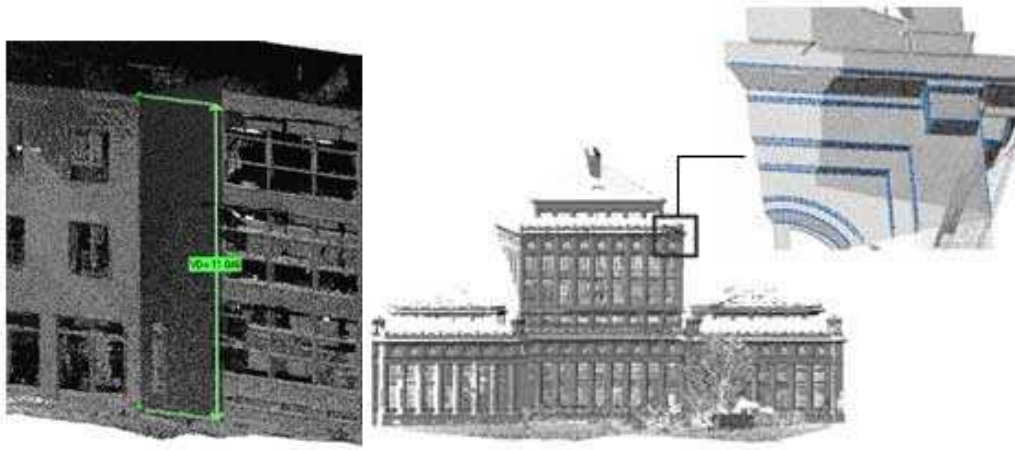


(a)

(b)

Şekil 3.33 Lazer tarayıcı ile taranan Çukursaray'ın gri tonlar (a) ve yapay renklerle (b) sunumu (Yastıklı, 2005)

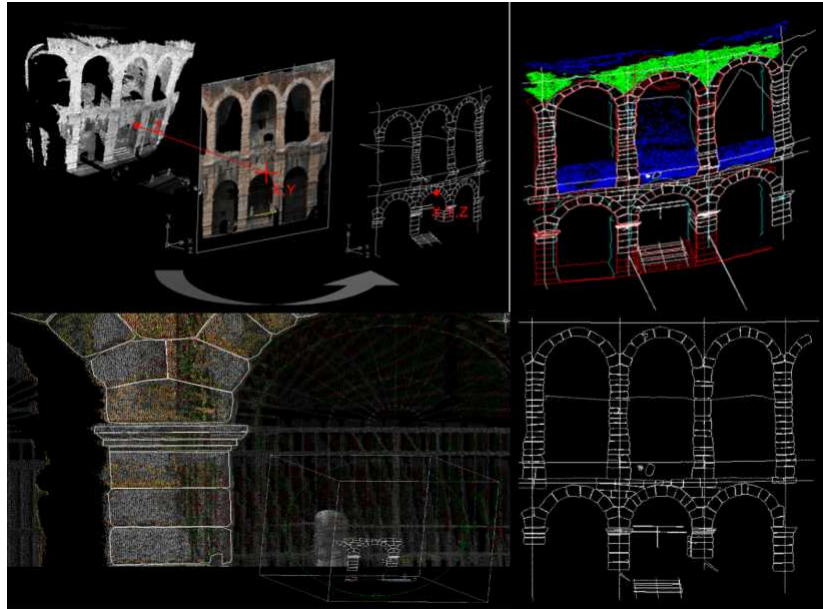
3B tarayıcılar ile, bina cephelerinin yüksekliklerinden, detaylandırılmasına kadar birçok işlem yüksek hassasiyet ve doğrulukla yapılabilmektedir (Şekil 3.34). Taranan modellerin doğruluk yüzdeleri yüksek olduğundan, rölöve ve restorasyon projelerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Binanın farklı noktalarından görüşler elde edebilmek için, 3B tarayıcı farklı tarama pozisyonlarına yerleştirilir.



Şekil 3.34 3B Tarayıcı ile sayısallaştırılan Cephe Örnekleri [32]

RIEGL Lazer ölçme sistemlerinin 3B tarayıcıları kullanılarak gerçekleştirilen bazı projeler aşağıda sıralanmıştır.

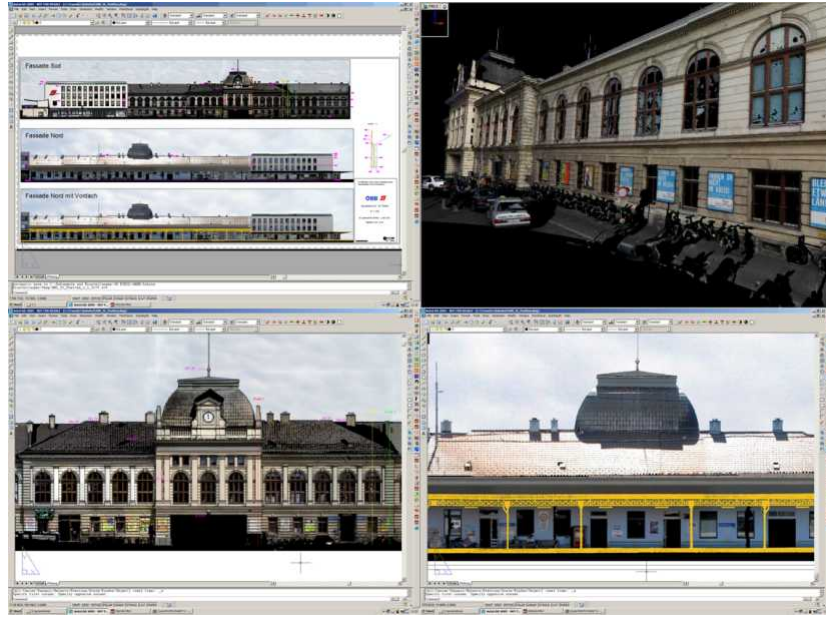
Venedik Üniversitesi tarafından, İtalya'daki Arena di Verona üç boyutlu tarayıcılar ile taranmıştır. Bu işlem 32 tarama pozisyonu ile 32 saat tarama süresi içinde tamamlanmıştır. Daha sonra elde edilen nokta bulutları AutoCAD yazılımı ile 3B çizgilere dönüştürülmüştür (Şekil 3.35).



Şekil 3.35 İtalya'daki Arena di Verona'nın taranmış modelleri [33]

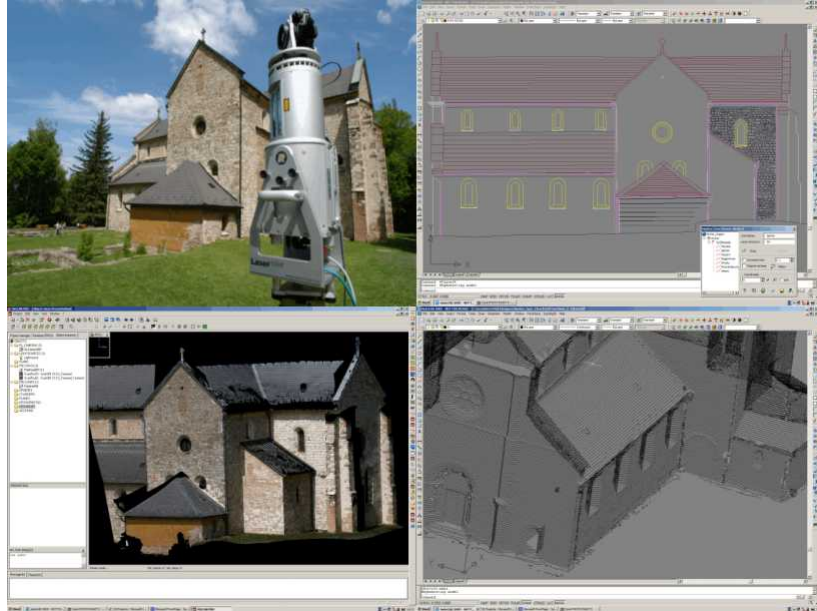
Avusturya'da St. Pölten Demiryolu İstasyonu, 16 tarama pozisyonu ile 15 saat tarama süresi içinde tamamlanmıştır. Araba üzerine yerleştirilen 3B tarayıcı ile panoramik tarama, detay taraması ve otomatik sayısal görüntü oluşturma işlemleri yapılmıştır. Nokta bulutlarının 3B çizgilere dönüştürülmesi ve cephe çizimlerinin bilgisayar ortamına aktarılması ise 4 gün süre

almıştır (Şekil 3.36).



Şekil 3.36 Avusturya St. Pölten Demiryolu İstasyonu’nun taranmış modelleri [33]

Hungary’deki Belapatfalva kilisesi, 26 tarama pozisyonu ile 20 saat tarama süresi içinde tamamlanmıştır. 3B tarayıcı, yüksekliği 10 metreyi bulan bir yapı iskelesine yerleştirilmiştir. 2 gün içerisinde tarama işlemlerinden elde edilen nokta bulutları, cephe çizimleri ve binanın 3B modeli olarak AutoCAD ortamına aktarılmıştır (Şekil 3.37).



Şekil 3.37 Hungary’deki Belapatfalva Kilisesi tarama pozisyonu ve modeller [33]

ARGE Laserworks tarafından, Avusturya’daki Linz Tiyatrosu, 26 tarama pozisyonu ile 20 saat tarama süresi içinde tamamlanmıştır. “Kuş Gözü Görüntü” ismi ile bilinen 360°

panoramik görüntü ve detay taramaları yapılan binanın, cephe çizimleri ise 2 gün içerisinde oluşturulmuştur (Şekil 3.38).



Şekil 3.38 Avusturya'daki Linz Tiyatrosu'nun taranmış modelleri [33]

Hannover Üniversitesi tarafından, Türkiye'deki Patara Tiyatrosu'nda 40 tarama pozisyonu tarama yapılmıştır. 3B tarayıcılar ile, 360° panoramik görüntü, detay taramaları ve otomatik sayısal görüntü oluşturma işlemleri yapılmıştır. Tarama sonucu elde edilen nokta bulutları, AutoCAD yazılımları ile 3B çizgilere dönüştürülmüştür. Daha sonra 3ds Max yazılımında 3B katı modeli oluşturulmuştur. (Şekil 3.39).



Şekil 3.39 Türkiye'deki Patara Tiyatrosu tarama pozisyonu ve modeli [33]

3B Yazıcıların Mimarlıkta Kullanımı

3B yazıcılar, fiziksel model yapımında hızlı oldukları ve karmaşık geometrik modelleri

kolaylıkla oluşturabildikleri için mimarlarda kullanılmaktadır. Bu cihazlar ile oluşturulmuş modellerde, tasarımda geliştirilecek yönler belirlenerek, fiziksel modeller tekrar oluşturulabilir.



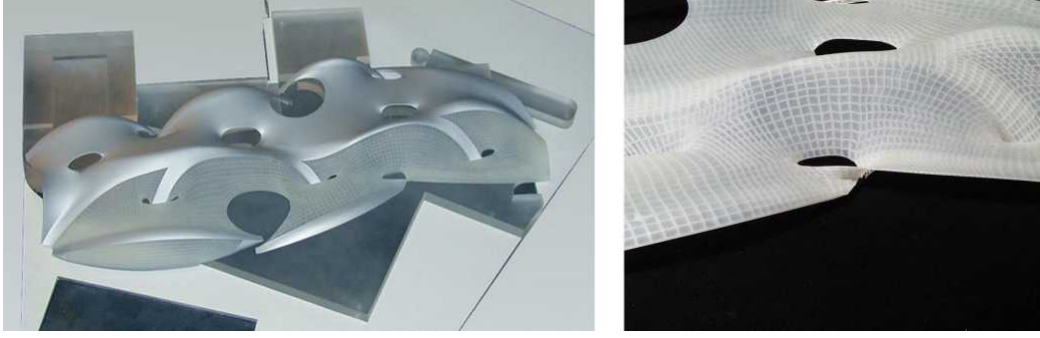
Şekil 3.40 3B yazıcı ile oluşturulan fiziksel model örneği [24]

Yukarıda, Japonya'dan Afit firmasının 2002 yılında geliştirdiği üç boyutlu yazıcı tarafından inşa edilmiş bir şehir merkezi modeli görülmektedir. Aşağıdaki şehir maketi ise 3D Systems firması tarafından inşa edilmiştir.



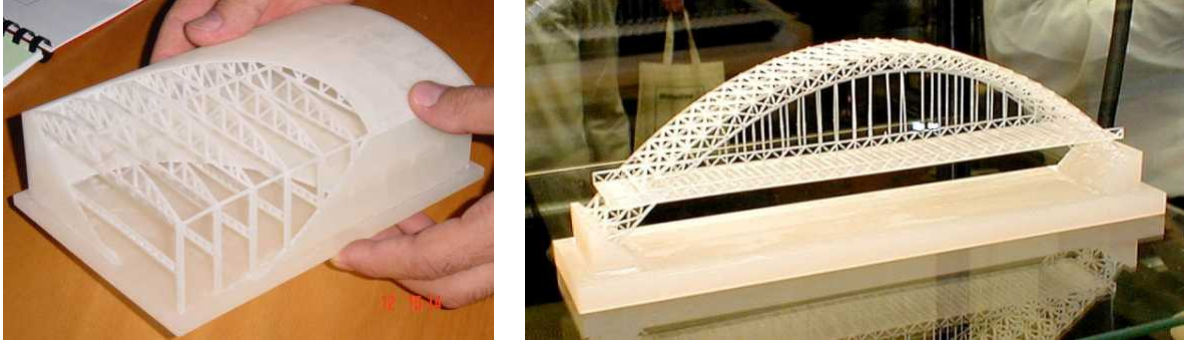
Şekil 3.41 3D Systems firmasının ürettiği bir model [24]

Birçok malzeme seçeneği ile ürün verebilen 3B yazıcılar ile görsellik açısından zengin modeller oluşturulabilir. Birkaç malzemeyi aynı anda kullanabilme özelliği de bu vizyonu genişletebilir. Mimari modelleme yazılımları ile olan uyumu da mimarlar tarafından tercih edilmesinin önemli bir sebebidir.



Şekil 3.42 Arup Ofisi tarafından gerçekleştirilen çatı modelleri [24]

Arup, çok karmaşık geometriye sahip orijinal yapıların tasarımı ve inşası için iç boyutlu yazıcılar kullanmaktadır. Şekil 3.42’de, üç boyutlu yazıcı ile üretilmiş Arup tasarımı karmaşık bir çatı modeli görülmektedir. Şekil 3.43’de görülen maketler ise, 3D Systems firmasının Kasım 2003’de piyasaya sürdüğü InVision ürünü ile inşa edilmiştir.



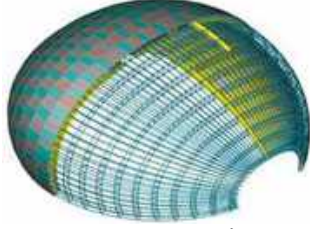
Şekil 3.43 3D Systems tarafından üretilmiş çelik konstrüksiyon yapı maketleri [24]

3B yazıcı teknolojileri kullanarak karmaşık modeller bir hafta içinde oluşturulabilmektedir. Modeller direkt renkli inşa edilebildiği gibi genellikle sonradan boyanmaktadır. Şekil 3.44’deki modeller, 1:48 ölçekle imal edilmiş ve 3B CAD veri hazırlığı ve otoinşaa dahil toplam 3 günde tamamlanmıştır.



Şekil 3.44 Üç boyutlu yazıcı ile inşaa edilmiş bina modelleri [24]

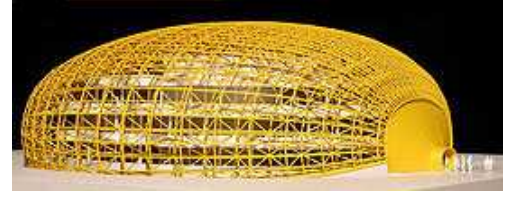
Şekil 3.45’de, 3T RPD firması tarafından, Foster And Partners için, AutoCAD’de oluşturulan CAD ve SLS modelleri, 3B yazıcı ile inşaa edilmiş fiziksel modeli bulunmaktadır. Karmaşık formların rahatlıkla oluşturulabildiğine iyi bir örnek teşkil etmektedir.



CAD Resmi



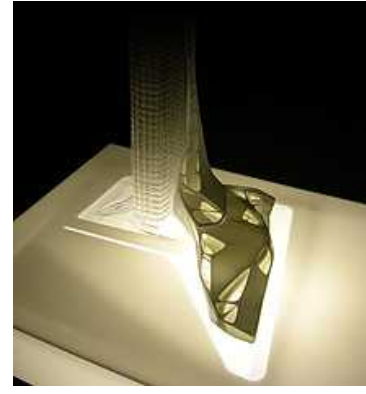
SLS Modeli



Bitmiş Model

Şekil 3.46 Foster and Partners için modellenen ve inşaa edilen bir model [34]

Şekil 3.46’da ise yine 3T RPD firması tarafından, Sam Chamoun mimarlık ofisi için inşaa edilen fiziksel model örnekleri bulunmaktadır. Fotopolimer malzeme kullanılarak “Işıklı Kür – Tarama” tekniği kullanılarak üretilmiş modelde, renk kullanılmamıştır.



Şekil 3.47 Sam Chamoun Mimarlık Ofisi için inşaa edilmiş bir model [34]

Şekil 3.48’de Zoyes East Inc. Firması tarafından, 3B yazıcı teknolojilerinden, “Kes + Yapıştır tabaka yığma” tekniği ile oluşturulmuş, fiziksel model örneği bulunmaktadır.



Şekil 3.48 Michigan Üniversitesi kampüsünün fiziksel modeli [35]

2. SONUÇLAR

Mimari tasarım sürecinde, bilgisayar desteğinin kullanılmaya başlamasıyla değişen süreçte, tasarımcı, geleneksel tasarım sürecinde belli bir zamanda çıkaracağı alternatif formları, değişik bir bakış açısı ile görmeye başlamıştır. STT’de kullanılan donanım ve yazılımların, düşünce için bir araç olarak kullanılması, tasarımcıya birçok tasarım problemi çözümünü hızlı bir şekilde sunmanın yanı sıra, mekânı yeni bir yaklaşımla görmesini sağlamıştır.

STT’de kullanılan 3B donanım ve yazılımların giderek alım gücü bağlamında daha geniş bir kitleye ulaşmaya başlaması, insan bilgisayar etkileşim teknolojilerinin gelişmesi, çeşitli hale gelmesi ve iş kolaylığı sağlaması yeni soyut tasarım olanaklarının ortaya çıkmasına yol açmıştır. Geleneksel tasarım sürecinde bir “araç” olarak görülen donanımlar, günümüzde bir tasarım ortamı olarak karşımıza çıkmaktadır. Tasarım sürecinin önemli bir kısmı ya da tümü sayısal ortamda gerçekleştirilirken, tasarım anlayışlarında da değişim gözlemlenmektedir. Sadece ortam ve sürecin değil, tasarlanan mekânların niteliğini değiştiren sayısal olguları düşünebilmek, tasarıma yeni bir bakış açısı kazandırmıştır.

Kullanıcıya, tasarım probleminin ilk aşamalarından son ürün aşamasına kadar olan süreçte, 3B konsept oluşturma, 2B veya 3B çizim ve modelleme gibi aşamalarda, kolay kullanım, süre, adaptasyon gibi katkıları bulunmaktadır. Tasarımın her aşamasına entegre olmaya başlayan bu donanımlar, tasarımda, sunumda ve üretimde kullanıcılarına zaman açısından da büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Ancak tasarımcılar, ülkemizde STT’nin yeteri kadar gelişmemesi ya da ekonomik nedenlerden ötürü, STT’de kullanılan 3B donanımların birçoğunu kullanma imkanı bulamamıştır. Bu donanımları sadece internet, gazete, dergi gibi ortamlardan takip edebilmektedirler.

Tasarımcıların birçoğu, tasarım sürecinde kullandıkları yöntemlerden ve donanımlardan, kısacası alışkanlıklardan vazgeçmek istememektedirler. Bunun nedenlerinden biri, yeni bir donanımın, kullandıkları donanım ve yazılımlar ile uyumsuzluk içinde olabileceğidir. Tasarımcılar, kullanacakları yeni donanımın anlaşılabilir olması, kolay adapte olunabilmesi ve konforlu olmasını istemektedirler.

STT’nde kullanılan 3B donanımların yaygın olarak kullanılabilmesinin önünde teknoloji pahalılığı, yeni bir donanım ve yazılım ile çalışmanın getirdiği öğrenme güçlüğü ve alışkanlıklardan vazgeçilememesi gibi engeller vardır. Bu bağlamda, kullanılan donanımın rahat ve kullanışlı, fonksiyonel ve amaca yönelik olması, kullanıcı ve tasarım açısından oldukça önemlidir.

Yapılan anket çalışması sonucunda, internet STT’de kullanılan 3B donanımların en çok takip edildiği ortam olmuştur. Bu nedenle, ülkemizde bu teknolojiyi üreten ya da ithal eden firmaların internet sitelerinde ve dergi, gazete gibi basın yayın organlarında tanıtımlarını arttırmaları gerekmektedir. Ayrıca bu teknolojilerin mimarlık alanında gelişmesinin önünü açmak gerekmektedir. Bu donanımların mimarlıkta kullanımının araştırılması ve mimari tasarım sürecinin hangi aşamalarında, nasıl kullanılabileceğinin sorgulanmalıdır.

Bu doğrultuda donanımların, mimarlık alanındaki kullanımında geliştirilmesi gereken yönler ortaya çıkarılmalıdır. Tasarımcılar ile karşılıklı görüşülerek ve bu teknolojileri kullandırma imkanı sağlayarak, hangi donanımın, hangi süreçte yararlı olabileceği belirlenmeli ve bu yönler geliştirilmelidir. Kullanıcı davranışları ve ergonomisi kontrol edilerek, donanımın kullanım konforları gözden geçirilmelidir.

STT’de kullanılan 3B donanımların mimarlık eğitimi veren üniversitelerin bilgisayar laboratuvarlarında öğrencilerin öğrenimine ve kullanımına sunulması, mimarlık eğitimi alan öğrencinin tasarım sürecinde mekanı farklı bir yaklaşımla tasarlamalarını ve sunmalarını destekleyecektir. Bu bağlamda mimarlar ve mimarlık eğitimi farklı dinamikleri ve bakış açıları ile sayısal tasarım ve yeni ortam çalışmalarının odağını oluştururken, oldukça kısa geçmiş olan bazı girişimlerin güçlenebilmesi ise etkin işbirliklerinin ve paylaşımın arttırılmasını gerektirmektedir.

STT’nde kullanılan 3B donanımlara mekansal deneyim imkanları açısından eleştirel yaklaşmak, hem gelişen teknolojileri anlamak, eski teknolojileri yeniden değerlendirmek ve yeni özelliklerini görmek; hem de mekan, mimarlık ve üretimi üzerine farklı düşünmek için fırsat yaratması açısından önemlidir.

Ülkemizde yeterli devlet teşvikleri olmaması, firmaların ihtiyaç duydukları teknolojiyi ithal etme gibi nedenler ile, bilgi teknolojilerini araştırma, geliştirme ve üretmek yolunda diğer birçok ülkeye göre çok az yol alınabilmiştir. Ülkemizde STT’nin belirli düzeyde kullanımı bulunmakla birlikte, üretiminin de sağlanması gerekmektedir.

KAYNAKLAR:

- Atabek, Ü., (1998), "İnternet ve Sanal Eğitim", 1.Eğitim Günleri Sempozyumu. İzmir, s. 5-8.
- Bayraktar, E., (2007), "Sanal Gerçeklik Ve Uygulama Alanları", Akademik Bilişim Konferansı 2007, Kütahya, s. 1-2.
- Broll, W. Ve Lindt, I., (2004), "A Collaborative Augmented Environment for Architectural Design and Urban Planning", International Conference of Human and Computer 2004, London, s. 5.
- Burry, M., (1999), "Paramorph: Anti-accident methodologies", AD, Hypersurface Architecture II, 69 (141):s. 78-83.
- Carpendale, S., Scott, S., Hinrichs, U. ve Pattison, E., (2005), "Interface Currents: Supporting Fluent Collaboration on Tabletop Displays", In Proceedings of the 5th Symposium on Smart Graphics, Munich.
- Ceyhun, Y. ve Çağlayan, M., (1997), "Bilgi Teknolojileri Türkiye İçin Nasıl Bir Gelecek Hazırlamakta", Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları No:361, Tisamad Basım Sanayi, Ankara.
- Cömert, Ç., (1999), "Turist Bilgi Sistemleri ve Trabzon Örneği", Yerel Yönetimlerde Kent Bilgi Sistemi Uygulamaları Sempozyumu , Trabzon, s. 178.
- Çavaş, B. Ve Huyugüzel, P., "Eğitimde Sanal Gerçeklik", TOJET October 2004 ISSN: 1303-6521 Volume 3, Issue 4, Article 15.: s. 2-3.
- Demir, Y., (1996), "CAD Systems For Early Design Phases or CAD Systems For Designers' Early Phases", 3rd Design & Decision Support Systems In Architecture & Urban Planning Conference, August 18-21, Spa, Belgium.
- Dereli, T. Ve Baykasoğlu, A., (2004), "Ters Mühendislik", Otomasyon Dergisi, Sayı 143, s. 64-66.
- Ergun, U., (2004), "İki Boyutlu Medyalarda Üç Boyutlu Anlatım ve Mimarlık", Y. Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Froehlich, B. ve Plate, J., (2000), "The Cubic Mouse: A new device for 3D input", Proceedings ACM CHI 2000, Hague.
- Gauldie, D., (2003), "3D Modelling is Not For WIMPS: Haptic Interaction and Digital Design", Edinburgh College Of Art Research Projects, Edinburgh.
- Good, M., (1994), "VR in Architecture: Today's Use and Tomorrow's Promise", Miller Freeman Inc., California.
- Görür, B.V., Yurci, M.E., Durakbaşı, M.N. Akdoğan, A., (2003), "Comparison of Coordinate Measuring Machines Digitizing Capability and an Optical Digitizer", Proceedings of 4th Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration, University of Miskolc, Hungary.
- Howe, R., (2002), "Multi-Channel Vibrotactile Display For Teleoperated Assembly", 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation, Washington, Sf. 5-6.
- İnceoğlu N., Soygeniş, M. Ve Çil, E., (1997), Tasarımda Eskizler, Y.T.Ü. Yayın-Basım Merkezi, İstanbul.
- Kayabaşı, Y., (2005), "Sanal Gerçeklik Ve Eğitim Amaçlı Kullanılması", TOJET July 2005 ISSN: 1303-6521 Volume 4, Issue 3, Article 20: s. 1-5.

- Kolarevic, B., (2003), *Architecture in the Digital Age: Design and Manufacture*, Spon Press, London.
- Kolarevic, B., (2003), "Design and Manufacturing Architecture in the Digital Age", *Architectural Information Management*, 05 Design Process 3: s. 117-123.
- Lapides, P., (2005), "The 3D Tractus: A Three-Dimensional Drawing Board", Department of Computer Science, University of Calgary, Alberta.
- Lynn, G., (1999), *Animate Form*, Princeton Architectural Press, New York.
- March, L. Ve Stiny, G., (1984), "Spatial Systems in Architecture and Design: Some History and Logic", *Environment and Planning B: Planning and Design*, 12:31-53.
- Musse, S.R., (1998), "A Model of Human Crowd Behavior: Group Inter-Relationship and Collision Detection Analysis", *Workshop of Computer Animation and Simulation of EUROGRAPHICS*, Budapeste.
- Novitski, B., (2000), "Rendering Real & Imagined Buildings: The Art of Computer Modeling from the Palace of Kublai Khan to Le Corbusier's Villas", Rockport Publishers; Bk&CD-Rom edition, New York.
- Özen, A., (2004), "Sanal Ortamlarda Mekansal Okuma Parametreleri ve Sanal Müzeler", Y. Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Özsel, F., (2004), "Bilgisayar Teknolojilerinin Mimarlıkta Tasarım Geliştirme Amaçlı Kullanımları", Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Şener, B., (2002), "Towards 'Virtual Clay' Modelling – Challenges and Recommendations: A Brief Summary of the Literature", *International Design Conference - Design 2002*, Dubrovnik.
- Tokman, L., (1999), "Eğitim ve Öğretimde Uzaktan Erişim", 5. Türkiye'de İnternet Konferansı, Ankara.
- Tschumi, B. Ve Berman, M., (2003), *Index Architecture*, MIT Press, New York.
- Ulukavak, G., (2002), "Binaların Enerji Performansının Değerlendirilmesi Bağlamında Bina Simülasyon Programları", *Türk Tesisat Mühendisleri Dergisi*, 19: 33-40.
- Varol, A., (1999), "Türkiye'de Bilgisayar Destekli Eğitimin Dün, Bugünü ve Yarını", *BT Haber*, Sayı:156.
- Yastıklı, N., (2005), "Dijital Fotogrametri ve Yersel Lazer Tarayıcılar ile Belgeleme ve Üç Boyutlu Modelleme", *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2005*, Ankara.
- Walker, J., (1990), "Through the Looking Glass", *The Congress of The Art of Human Computer Interface Design*, Addison-Wesley Publishing Company Inc, Menlo Park, CA.
- Zengin, E., (2006), "Sanal Geçeklik", *Bilişim Teknolojileri Dersi Proje 1 Ödevi*, Sf. 20

İNTERNET KAYNAKLARI

[1] <http://www.3dconnexion.com> (Son Erişim Tarihi: Şubat 2007)

- [2] <http://www.logitech.com> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [3] <http://www.bilgisayarogren.com/dokunmatik.htm> (Son Erişim Tarihi: Kasım 2006)
- [4] <http://graphicssoft.about.com/od/aboutgraphics/a/graphicstables.htm> (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)
- [5] www.wacom.de (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [6] http://en.wikipedia.org/wiki/Graphics_tablet (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)
- [7] <http://www.spip-scribble.be/> (Son Erişim Tarihi: Mayıs 2007)
- [8] <http://www.paceblade.com> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [9] <http://www.inition.co.uk> (Son Erişim Tarihi: Aralık 2006)
- [10] www.turkuazforum.com/forum/showthread.php/sanal-gerceklik-1245.html - 87k - (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [11] <http://www.cadem.com.tr/indexalt.php?s=262> (Son Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [12] <http://www.sensable.com/> (Son Erişim Tarihi: Mayıs 2007)
- [13] <http://www-percero.sssup.it/wcgi-bin/moin.cgi/WorldHaptics2005Press> (Son Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [14] http://www.reo-tek.com/tr_tarayici.html (Son Erişim Tarihi: Aralık 2006)
- [15] <http://www.cadcamdizayn.com/makale.asp?ID=37> (Son Erişim Tarihi: Mayıs 2007)
- [16] <http://www.turkcadcam.net/rapor/3d-optik-tarama/index.html> (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)
- [17] <http://www.3btarama.com/uymak.php> (Son Erişim Tarihi: Mayıs 2007)
- [18] <http://www.trsohbeti.net/pages/Donanim.htm> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [19] <http://www.mic.atr.co.jp/~poup/3dui/TUT3DUI/content/io.ppt> (Son Erişim Tarihi: Haziran 2007)
- [20] <http://www.stereoscopy.com/faq/virtualreality.html> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [21] <http://actuality-systems.com/site/content/products.html> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [22] <http://webarsiv.hurriyet.com.tr/2003/10/25/362730.asp> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [23] <http://www.newsight.com/Technology/Hardware/multiview19.html> (Son Erişim Tarihi: Haziran 2007)
- [24] <http://www.turkcadcam.net/rapor/otoinsa/index.html> (Son Erişim Tarihi: Şubat 2007)
- [25] <http://www.3dsystems.com/> (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)
- [26] www.prometal-rt.com (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)
- [27] www.2objet.com (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [28] www.envisiontec.de (Son Erişim Tarihi: Mayıs 2007)
- [29] www.kiracorp.co.jp (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)

- [30] <http://www.camlem.com/camlemprocess.html> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [31] <http://cs.nyu.edu/~jhan/ftirtouch/index.html> (Son Erişim Tarihi: Haziran 2007)
- [32] <http://www.innovmetric.com/Surveying/english/architecture.html> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [33] http://www.riegl.com/terrestrial_scanners/3d_projects_/3d_projects_all.htm (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)
- [34] <http://www.3trpd.co.uk/architecture/index.htm> (Son Erişim Tarihi: Mart 2007)
- [35] <http://www.architecturalmodel.com> (Son Erişim Tarihi: Nisan 2007)

EKLER

Ek 1 Anket Çalışmasında Kullanılan Sorular

Ek 2 Anket Çalışmasından Elde Edilen Sonuçlar

Ek 1 Anket Çalışmasında Kullanılan Sorular

İletişim Bilgileri

Adınız ve Soyadınız
 Mezun Olduğunuz Üniversite
 Çalıştığınız Firma
 Telefon
 E-mail

1- Öğrenim Durumunuz

☐ Doktora Mezunu ☐ Yüksek Lisans Mezunu ☐ Lisans Mezunu

2- Yaşınız

☐ 18-25 ☐ 25-35 ☐ 35-45 ☐ 45-60 ☐ 60 üzeri

3- Ne Kadar Süredir Mimarlık Mesleğindesiniz?

☐ 0-1 Yıl ☐ 1-2 Yıl ☐ 2-5 Yıl ☐ 5-10 Yıl
☐ 10-20 Yıl ☐ 20 Yıl Üzeri

4- Çalıştığınız Ofiste Tasarım ve Sunum İçin Bilgisayar Kullanıyor musunuz?

☐ Evet; Sıklıkla ☐ Ara Sıra ☐ Hayir Kullanmıyorum

5- Tasarım ve Sunum İçin Ne Kadar Süredir Bilgisayar Kullanmaktasınız?

☐ 0-1 Yıl ☐ 1-2 Yıl ☐ 2-5 Yıl ☐ 5-10 Yıl
☐ 10-20 Yıl ☐ 20 Yıl Üzeri

6- Tasarım ve Sunum İçin Kullandığınız İki Boyutlu Donanımlar (Araçlar)

☐ 2D Mouse ☐ Klavye ☐ Monitör
☐ 2D Tarayıcı ☐ Lazer Yazıcı ☐ Deskjet Yazıcı
☐ Nokta Vuruşlu (Dot Matrix) Yazıcı ☐ CNC Makinası

7- Tasarım Yaparken Kullandığınız Yazılımlar

☐ AutoCAD ☐ Autodesk Revit ☐ Alias
☐ 3ds Max ☐ Cinema4D ☐ Adobe Photoshop
☐ ArchiCAD ☐ Maya ☐ SolidWorks
☐ SketchUp ☐ Rhino ☐ Autodesk Raster

Diğer

8- Geleneksel Tasarım Sürecinde Kullandığınız Yöntemler

- ☐ Analizler(Cephe-Yol-Işlev...) ☐ İnternet ve Kaynak Araştırması
- ☐ Tasarım Kararı(Konsept) Eskizleri
- ☐ 2 Boyutlu Tasarım Eskizleri (Plan-Kesit-Görünüş)
- ☐ 3 Boyutlu Tasarım Eskizleri (Perspektif) ☐ Fiziksel Model (Maket)

Diğer _____

9- Bilgisayar Ortamında Tasarım Sürecinde Kullandığınız Yöntemler

- ☐ Bilg. Destekli 2 Boyutlu Tasarım
- ☐ Bilg. Destekli 3 Boyutlu Tasarım(Modelleme)
- ☐ Parametrik Tasarım ☐ Türetici Tasarım(Biçim Gramerleri)
- ☐ Animasyona Dayalı Tasarım ☐ Performansa Dayalı Tasarım
- ☐ Bilgisayar Destekli Üretim(CAM) ☐ Diyagrama Dayalı Tasarım

Diğer _____

10- Dijital Tasarım Teknolojilerinde Kullanılan Üç Boyutlu Donanımlardan Duyduklarınız

(Bahsedilen bu donanımların kısa tanımlamalarını sayfa 6-7’de bulabilirsiniz.)



☐ 3D Mouse



☐ Trackball (Iztopu)



☐ Manevra Kolu(JoyStick)



☐ Dokunmatik Ekranlar



☐ Çizim Tabletleri



☐ CAVE(Sanal Duvarlar)



☐ Sanal Gerçeklik Eldivenleri



☐ BOOM



☐ Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli 3D Donanımlar (Haptic Devices)



☐ Sanal Kasklar (Head-Mounted Displays)



☐ Stereoskopik Görüntüleme Araçları



☐ 3D Tarayıcı



☐ 3D Yazıcı

☐ Hiçbirini Duymadım

11- Duyduysanız Nereden?

☐ Dergi - Gazete

☐ Internet

☐ Ders -Tez Çalışmaları

☐ Televizyon

☐ Bilişim ve Teknoloji Fuarları

☐ Teknoloji Marketleri

Diğer _____

12- Dijital Tasarım Teknolojilerinde Kullanılan Üç Boyutlu Donanımlardan Kullandıklarınız

☐ 3D Mouse

☐ Trackball (Iztopu)

☐ Manevra Kolu(JoyStick)

☐ Dokunmatik Ekranlar

☐ Çizim Tabletleri

☐ Sanal Gerçeklik Eldivenleri

☐ Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli 3D Donanımlar (Haptic Devices)

☐ Sanal Kasklar (Head-Mounted Displays)

☐ BOOM

☐ CAVE(Sanal Duvarlar)

☐ Stereoskopik Görüntüleme Araçları

☐ 3D Yazıcı

☐ 3D Tarayıcı

☐ Hiçbirini Kullanmadım

13- Bilgisayar Destekli Tasarım Yaparken Çift Mouse Kullandınız mı?

☒ Evet

☐ Hayır

14- Bilgisayar Destekli Tasarım Yaparken Çift Monitör Kullandınız mı?

- ☐ Evet ☐ Hayır

15- Yeni Çıkan Donanımları Ne Derecede Takip Edersiniz?

- ☐ Sürekli Takip Ederim ☐ Ara Sıra Takip Ederim ☐ Takip Etmiyorum

16- Yeni Çıkan Donanımları Nereden Takip Edersiniz?

- ☐ Dergi - Gazete ☐ Internet
☐ Ders -Tez Çalışmaları ☐ Televizyon
☐ Bilişim ve Teknoloji Fuarları ☐ Teknoloji Marketleri

Diğer _____

17- Donanım Satın Alacağınız Zaman Sizin İçin En Önemli Referans Nedir?

- ☐ Dergilerdeki incelemeler ☐ Web Sitelerindeki incelemeler
☐ Forumlardaki yorumlar ☐ Arkadaş önerileri
☐ Saticinin önerileri ☐ Kendi deneyimlerim
☐ Fiyat ve Taksit Alternatifleri

Diğer _____

18- Sizce, Tasarım ve Sunum İçin, Yeni Bir Donanım Kullanmanın Zorlukları Nelerdir?

- ☐ Konforsuzluk ☐ Yazılımlar ile Uyumsuzluk
☐ Diğer Donanımlar ile Uyumsuzluk ☐ Anlaşılabilir Olmaması

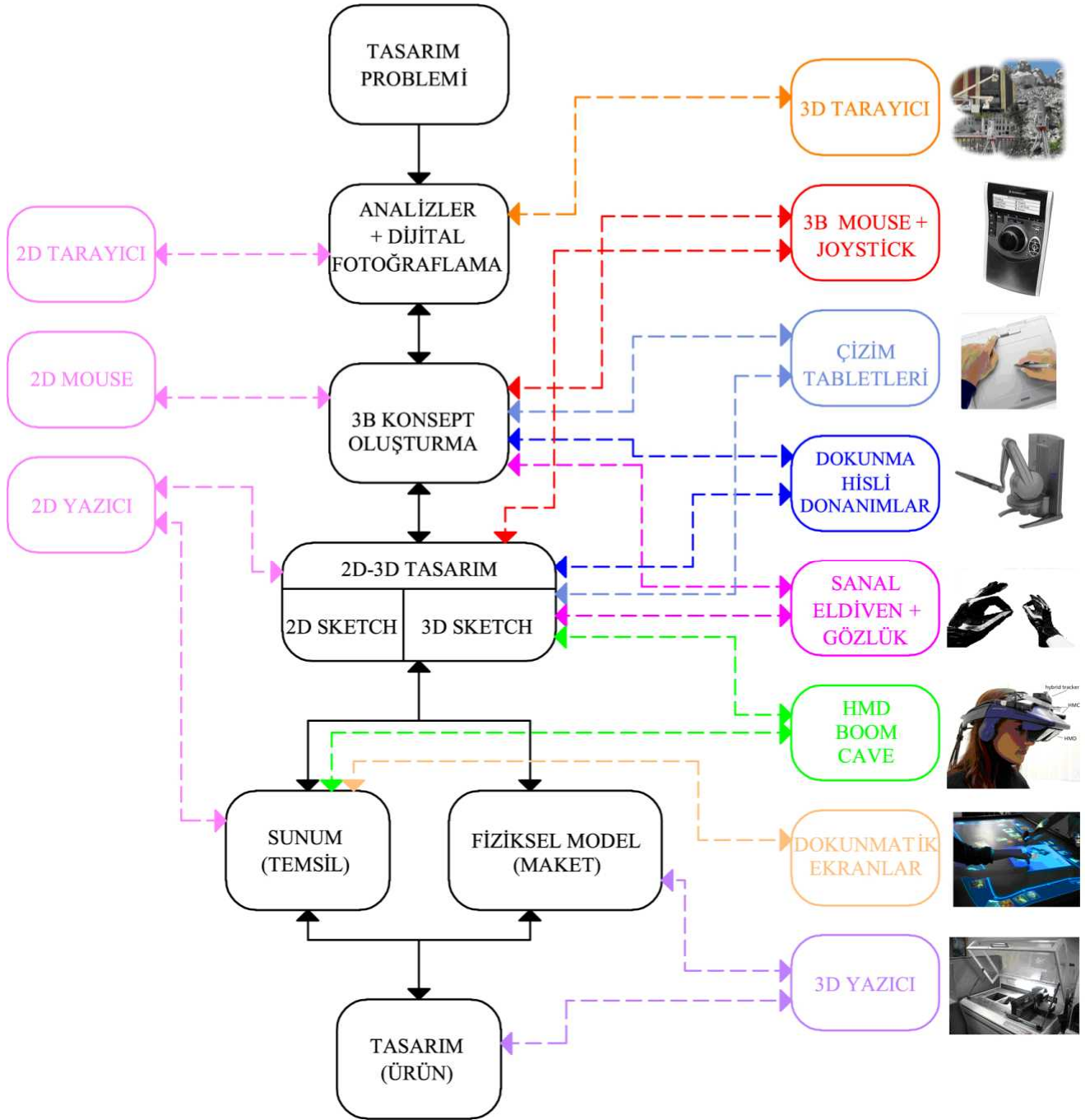
Diğer _____

19- Yeni Bir Donanım Kullanırken Hangi İsteklerinizi Karşılamanı İstersiniz?

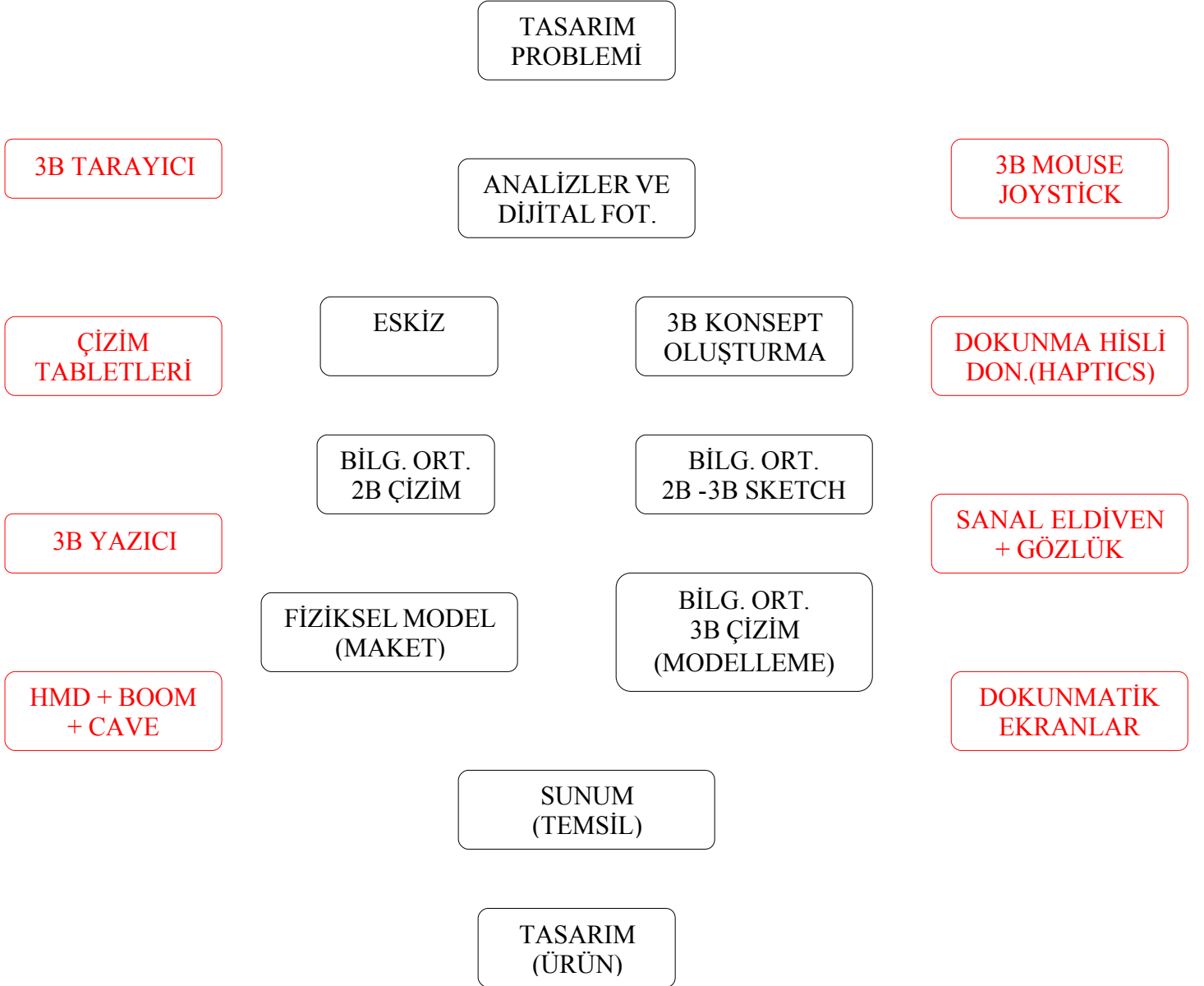
- ☐ El ve Vücut Konforu İyi Olmalı ☐ Kolay Adapte Olunabilmeli
☐ Kullandığım Yazılımlar ile Uyumlu Olmalı
☐ Tasarım Sürecimi Hızlandırmalı ☐ Fiyatı Uygun Olmalı
☐ Diğer Donanımlar ile Uyumlu Olmalı
☐ Yeni ve Pratik Çözümler Sunmalı

Diğer _____

Aşağıda Dijital Tasarım Teknolojilerinde Kullanılan Üç Boyutlu Donanımlar ile Oluşturulmuş Öneri Tasarım Süreci Bulunmaktadır.



20- Tasarımlarınız İçin Kullandığınız Veya Önerdiğiniz Tasarım Süreci ve Bu Süreçte Kullanılmasını Önerdiğiniz(Bahsedilen Donanımları Kullanma İhtimaliniz Olsaydı) Üç Boyutlu Donanımları (Öneri Tasarım Sürecindeki Gibi) Oklar ile Tanımlayınız. (Süreç İçerisinde Kullanmadığınız veya Önermediğiniz Aşamaları Pas geçiniz).



Dijital Tasarım Teknolojilerinde Kullanılan Üç Boyutlu Donanımlar Sözlüğü

Dijital Tasarım Teknolojileri: Tasarım sürecinin ilk aşamalarından son ürünün temsiline kadar kullanılan, tasarımı yönlendiren ve süreci etkileyen bilgisayar tabanlı teknolojilerdir.



3D Mouse: Tasarımcının çizim ve modelleme yaparken, sahnelerde rahatlıkla pan, zoom ve döndürme yapabildiği, aynı anda diğer el ile iki boyutlu klasik fareyle modelleri oluşturup düzenleme yapabildiği üç boyutlu giriş donanımdır.



Trackball(İztopu): 3B farelerin değişik bir versiyonudur. İztopu masaüstünde sabit durur ve üstündeki top tek parmak ile döndürülerek imleç hareketi sağlanır.



Manevra Kolu(Joystick): Sabit bir taban üstünde bulunan yatay bir çubuktan oluşur. Çubuk istenen yöne doğru eğilerek imleç hareketi sağlanır. Çubuğun üst kısmında başparmak ve işaret parmağı ile basılabilen düğmeler bulunur.



Dokunmatik Ekranlar: Dokunmaya duyarlı bir ekranın üzerine herhangi bir araç kullanmadan parmaklarınızla yönlendirdiğiniz bir giriş donanımdır.



Çizim Tabletleri: Birbirine bağlı, çizim için düzgün bir alandan oluşan tablet ve birlikte çalışmak için programlanmış kaleminden (stylus) oluşur. Çubuk, tablet üzerinde kalem gibi hareket ettirilerek bilgisayar ekranında çizim yapmak için kullanılır.



Dokunma Hisli / Kuvvet Geri Beslemeli Donanımlar (Haptic Devices): Bilgisayarda 3 boyutlu tasarım sürecinde, tasarımcı ile bilgisayar arasında fiziksel etkileşimi olanaklı kılan, kullanıcı hareketlerine karşılık veren ve dokunma hisli tasarım olanakları sağlayan donanımlardır.



Sanal Gerçeklik Eldivenleri: tasarımcının, tasarım ile etkileşebilmesini ve hissedebilmesini sağlamak üzere, tasarımcının elini kullanarak yaptığı her hareketi bilgisayara ileten özel giriş donanımlarıdır.



Sanal Kasklar (Head Mounted Display, HMD): Kaska benzeyen, taşınabilir ekranlardan oluşan ve görüntüye boyut kazandıran bir donanımdır.



BOOM (Binocular Omni Orientation monitor): BOOM aracı mekanik olarak bir kol ve bunun üzerine yerleştirilmiş bir monitörden oluşmaktadır. Mekanik kolun bükülme noktalarına hareketleri takip etmek için alıcılar yerleştirilmiştir.



CAVE: Bir kabin şeklindedir. Kullanıcı bu donanım ile görüntüyü bir ekranda izlemek yerine, görüntünün içinde yer alma olanağına kavuşur.



Stereoskopik Görüntüleme Araçları: Sanal gerçeklik gözlüğüne, monitörden birisi sol göz için birisi sağ göz için olmak üzere iki ayrı görüntü gelmektedir ve bu iki ayrı görüntü aynı anda ekrana verilmektedir. Böylece modeli üç boyutlu görmemiz sağlanmaktadır.



3D Tarayıcı: Gerçek dünyadaki bir objeyi ya da yeri analiz edip formu ve mümkünse rengi hakkında veri toplayan, bunun sonucunda, taranan objenin yüzeyini oluşturan bir nokta bulutu üreten bir üç boyutlu giriş donanımdır.



3D Yazıcı: Bilgisayarda oluşturulan 3 boyutlu model bilgisine yüzde yüz sadık kalarak, çeşitli malzemelerden fiziksel model oluşturulabilen bir üç boyutlu çıkış donanımdır.

	1		2		3				4		5				6						7							8				9				10														11				12														13														14			15			16						17						18				19						20-1		20-2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	JJ	JK	JL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KK	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LL	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NN	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TT	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	WV	WW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YY	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ
1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																				

ANKUT SORU SEÇENEKLERİ	
1. SORU	A- DOKTORA MEZUNU B- YÜKSEK LİSANS MEZUNU C- LİSANS MEZUNU
2. YAŞINIZ	A- 18-25 B- 25-35 C- 35-45 D- 45-60 E- 60 ÇİZİRİ
3. NE KADAR SÜREDİR MİMARLIK MESLEĞİNDESİNİZ?	A- 0-1 YIL B- 1-2 YIL C- 2-5 YIL D- 5-10 YIL E- 10-20 YIL F- 20 YIL ÜZERİ
4. TASARIM VE SUNUM İÇİN BİLGİSAYAR KULLANIVOR MUSUNUZ?	A- EVET; SIKLIKLA B- ARA SIRA C- HAYIR; KULLANMIYORUM
5. TASARIM VE SUNUM İÇİN NE KADAR SÜREDİR BİLGİSAYAR KULLANIMKTA SINIZ?	A- 0-1 YIL B- 1-2 YIL C- 2-5 YIL D- 5-10 YIL E- 10-20 YIL F- 20 YIL ÜZERİ
6. TASARIM VE SUNUM İÇİN KULLANDIĞIIZ 3B DONANIMLAR	A- 2D MOUSE B- KİLLAYE C- MONİTÖR D- 2D TARAYICI E- LAZER YAZICI F- DESİKİT YAZICI G- NOKTA VURUŞLU (DOT MATRIX) YAZICI H- CNC MAKİNASI
7. TASARIM YAPARKEN KULLANDIĞIIZ YAZILIMLAR	A- AUTOCAD B- AUTODESK REVIT C- ALLAS D- 3DS MAX E- CINEMA 4D F- ADOBE PHOTOSHOP G- ARCHICAD H- MAYA I- SOLIDWORKS J- SKETCHUP K- RHINO L- AUTODESK RASTER
8. GELENEKSEL TASARIM SÜRECİNDE KULLANDIĞIIZ YÖNTEMLER	A- ANALİZLER B- İNTERNET VE KAYNAK ARAŞTIRMASI C- KONSEPT EKİZLERİ D- 2B FİZİKSEL E- 3B EKİZLER F- FİZİKSEL MODEL
9. BİLGİSAYAR ORTAMINDA TASARIM SÜRECİNDE KULLANDIĞIIZ YÖNTEMLER	A- BİLGİSAYAR DESTEKLİ 2D TASARIM B- BİLGİSAYAR DESTEKLİ 3B TASARIM C- PARAMETRİK TASARIM D- TÜRETİCİ TASARIM E- ANİMASYONA DAYALI TASARIM F- PERFORMANSA DAYALI TASARIM G- BİLGİSAYAR DESTEKLİ ÖRETIM H- DİYAGRAMA DAYALI TASARIM
10. DİTDE KULLANILAN 3B DONANIMLARDAN DUYDUKLARINIZ	1- 3B MOUSE 2- İZTUPU 3- MANEVRVA KOLU 4- DOKUNMATİK EKRAN 5- ÇİZİM TABLETİ 6- SANAL GERÇEKLİK EL DUVİLENLERİ 7- HAPTIC DEVICES 8- SANAL KASK 9- BOOM 10- CAVE 11- STEREOSKOPİK GÖRÜNTÜLEME ARACILARI 12- 3B TARAYICI 13- 3B YAZICI 14- HİÇBİRİ
11. DUYDUYUSINIZ NEREDEN?	A- DERİĞİ -GAZETE B- İNTERNET C- DİERS -ZET ÇALIŞMALARI D- TELEVİZYON E- BİLİŞİM VE TEKNOLOJİ FUARLARI F- TEKNOLOJİ MARKETLERİ
12. DİTDE KULLANILAN 3B DONANIMLARDAN KULLANDIKLARINIZ	1- 3B MOUSE 2- İZTUPU 3- MANEVRVA KOLU 4- DOKUNMATİK EKRAN 5- ÇİZİM TABLETİ 6- SANAL GERÇEKLİK EL DUVİLENLERİ 7- HAPTIC DEVICES 8- SANAL KASK 9- BOOM 10- CAVE 11- STEREOSKOPİK GÖRÜNTÜLEME ARACILARI 12- 3B TARAYICI 13- 3B YAZICI 14- HİÇBİRİ
13. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM YAPARKEN ÇİFT FARE KULLANDIĞIIZ MI?	A- EVET B- HAYIR
14. BİLGİSAYAR DESTEKLİ TASARIM YAPARKEN ÇİFT MONİTÖR KULLANDIĞIIZ MI?	A- EVET B- HAYIR
15. YENİ ÇİKAN DONANIMLARI NE DERİEDE TAKİP EDERSİNİZ?	A- SÖREKLİ TAKİP EDERİM B- ARA SIRA TAKİP EDERİM C- TAKİP ETMİYORUM
16. YENİ ÇİKAN DONANIMLARI NEREDEN TAKİP EDERSİNİZ?	A- DERİĞİ -GAZETE B- İNTERNET C- DİERS -ZET ÇALIŞMALARI D- TELEVİZYON E- BİLİŞİM VE TEKNOLOJİ FUARLARI F- TEKNOLOJİ MARKETLERİ
17. DONANIM SATIN ALACAGIEM ZAMAN SİZİN İÇİN EN ÖNEMLİ REFERANS NEDİR?	A- DERİĞİ LERDEKİ İNCELEMELER B- WEB SİTİLERİNDEKİ İNCELEMELER C- FORUMLARDAKİ YORUMLAR D- ARKADAS ÖNERİLERİ E- SATTICIN ÖNERİLERİ F- KENDİ DENEYİMLERİM G- FİYAT VE TAKSİT ALTERNATİFLERİ
18. SİZE, TASARIM VE SUNUM İÇİN YENİ BİR DONANIM KULLANMANNIN ZORLUKLARI NİLERDİR?	A- KONFORSUZLUK B- YAZILIMLAR İLE UYUMSUZLUK C- DİĞER DONANIMLAR İLE UYUMSİZLİK D- ANLAŞILABİLİR OLMAMASI
19. YENİ BİR DONANIM KULLANIRKEN HANGİ İŞLEREKİNİZİ KARŞILAMASINI İSTERSİNİZ?	A- EL VE VÜCUT KONFURU İYİ OLMALI B- KOLAY ADAPTE OLUNABİLMEİ C- KULLANDIĞIIZ YAZILIMLAR İLE UYUMLU OLMALI D- TASARIM SÜRECİNİ HIZLANDIRMAALI E- FİYATI UYGUN OLMALI F- DİĞER DONANIMLAR İLE UYUMLU OLMALI G- YENİ VE PRATİK ÇÖZÜMLER SUNMALI
20. SİZİN TASARILARINIZ İÇİN KULLANDIĞIIZ VEYA ÖNERDİĞIIZ TASARIM SÖRÇİ VE BU SÖRÇE KULLANILMASINI ÖNERDİĞIIZ Çİ HOYUTLU DONANIMLARI SİRALAYINIZ.	20-1 TASARIM SÖRÇİ A- ANALİZLER VE DİJİTAL FOTOĞRAFILAMA B- SENTEZ C- EKİZ D- 2B EKİZ E- 3B EKİZ F- BİLGİSAYAR ORTAMINDA 2D ÇİZİM G- BİLGİSAYAR ORTAMINDA 3B ÇİZİM H- BİLGİSAYAR ORTAMINDA 3B KONSEPT OLUSTURMA I- FİZİKSEL MODEL(MAKEET) J- GERİ BESLEME
22-1 TASARIM SÖRÇİNE KULLANILAN 3B DONANIMLAR	1- 3B MOUSE 2- İZTUPU 3- MANEVRVA KOLU 4- DOKUNMATİK EKRAN 5- ÇİZİM TABLETİ 6- SANAL GERÇEKLİK EL DUVİLENLERİ 7- HAPTIC DEVICES 8- SANAL KASK 9- BOOM 10- CAVE 11- STEREOSKOPİK GÖRÜNTÜLEME ARACILARI 12- 3B TARAYICI 13- 3B YAZICI

[illegible][illegible]

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 19.07.1980

Doğum yeri Kayseri

Lise 1991–1998 Nuh Mehmet Baldöktü Anadolu Lisesi

Lisans 1998–2004 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fak.
Mimarlık BölümüYüksek Lisans 2004– Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mimarlık Bölümü, Bilgisayar Ortamında Tasarım
Anabilim Dalı**Çalıştığı kurumlar**

2003–2004	Raydolap Tasarım
2004–2005	Han Mimarlık
2005–Devam ediyor	AG Mimarlık