



**T.C.
MİMAR SİNAN GÜZEL SANATLAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**'HAPTİK'İN TASARIMI'
TASARIM AŞAMALARINDA HAPTİK ETMENLER**

DOKTORA TEZİ

Zeynep KAYAALP BİNGEL

**Anabilim Dalı: Endüstri Ürünleri Tasarımı
Programı: Endüstri Ürünleri Tasarımı**

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Cemil Toka

HAZİRAN 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışma insan odaklı tasarım anlayışının bir parçası olan haptik deneyime ve haptik sisteme ait bulguları ve olguları değerlendirerek ürün tasarımı aşamalarına aktarılacak etmenleri ortaya çıkarmayı hedeflemektedir.

Öncelikle çalışmamın danışmanlığını yürüten Prof.Dr. Cemil Toka başta olmak üzere, çok değerli öğretim üyeleri Prof. Dr. Önder Küçükerman, Prof. Dr. Oğuz Bayrakçı, Prof. Dr. Şermin Alyanak ve Prof. Dr. Süha Erda'ya desteklerinden ötürü teşekkür ederim. Aynı zamanda görev aldığım Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü öğretim üyelerine verdikleri destekten ve toleranstan dolayı teşekkür ederim.

Özellikle eşim ve başta babam olmak üzere aileme sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Mayıs 2009

Zeynep Kayaalp Bingel

Daima destek olan anne ve babama,

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
SUMMARY	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
RESİM LİSTESİ	vii
GİRİŞ	x
1. HAPTİK SİSTEM VE FİZYOLOJİK ESASLARI	1
1.1. Sistem Olarak Haptik ve Tanımları	1
1.2. Haptik'in Etimolojisi ve Tarihi	2
1.3. İnsanda Genel Duyusal Algılama Sistemi: Duyu Tipleri	4
1.4. Haptiğe İlişkin Ana Terimler ve Haptik Biyomekaniği	6
1.4.1. Dokunma Duyusu ve Deri Altı Yapılar	8
1.4.1.1. <i>Yüzeysel Duyular (Ektraseptif)</i>	9
1.4.1.2. <i>Derin Duyular (Proprioseptif)</i>	9
1.4.1.3. <i>İç Organ Duyuları (İnteroseptif)</i>	10
1.4.2. Birden Fazla Duyuyla Algılama (Multimodality)	11
1.5. Haptik Geribildirim	13
1.5.1. Güç ile Geribildirim (Kinestetik Geribildirim- <i>Force Feedback</i>)	13
1.5.2. Dokunsal Geribildirim (Taktil Geribildirim- <i>Tactile Feedback</i>)	14
2. HAPTİK ARAYÜZ OLARAK 'EL' VE DOKUNMA PSİKOLOJİSİ	15
2.1. Elin Fizyonomisi ve <i>Haptik</i> Dinamikleri	15
2.2. El ile Nesne Tanımlama Sistemleri ve Stereognozi	18
2.2.1. Nesne Tanımlama Süreçleri ve El ile Keşfetme	20
2.3. Kavrama: El ve Zihinsel Kavrama	24
2.3.1. Nesne Tutma ve Kavrama Biçimleri	24
2.3.1.1. <i>Temas Ederek Tutma</i>	26
2.3.1.2. <i>Yakalayarak Tutma</i>	27
2.3.1.3. <i>Kavrarak Tutma</i>	29
2.3.2. Zihinsel 'Kavrama' ve Bilişsel Süreç	30
2.3.3. Hafıza Türleri ve Beynin Depoları	31
2.3.4. İnsanın Duyusal Hafızası, Girdilerin İşleme Konması	32
2.4. Dokunmanın Gerekliliği ve <i>Ototelik</i> Dokunma	35
2.5. Dokunma Psikolojisini Etkileyen Temel Faktörler	37
2.5.1. Malzeme Faktörü: Doğal ve Yapay Malzemeler	38
2.5.2. Yaş Faktörü	45
2.5.3. Sosyal ve Kültürel Faktörler	49
2.5.4. Kişisel Farklar, Farklılaşma Eşiği ve Ürün Farklılığı	51
2.6. Gündelik Ürünlerle Haptik Etkileşim	51

3. “HAPTİK’İN TASARIMI”: TASARIM AŞAMALARINDA HAPTİK UYGULAMA ÖRNEKLERİ	56
3.1. Haptik Etkileşim Kanalları: Takton ve Haptikon	56
3.2. ‘Deneyim Çağı’nda Haptik Deneyimin Yeri	58
3.3. Otomotiv Sektöründe Haptik Tasarım Aşaması Örnekleri: ‘AUDI’ ve ‘Daimler AG’	61
3.3.1. AUDI	61
<u>3.3.1.1. Otomobil Koltuğu Haptik Değerlendirme Kriterleri</u>	61
<u>3.3.1.2. Otomobil iç donanımı ‘sürme tip küllük’ için Haptik Değerlendirme Kriterleri</u>	63
<u>3.3.1.3. İç Donanımda Yüzeylerin Haptik Değerlendirme Kriterleri</u> ...	64
3.3.2. ‘DAIMLER AG’	67
3.4. Haptik Tasarım Aşaması Örneği: ‘Kablosuz Tornavida’	69
3.4.1. Karşılaştırma-Benchmark	70
3.4.2. Ergonomi Analizi	70
<u>3.4.2.1. Vidalama ve Delmede İş Yükü</u>	71
<u>3.4.2.2. Kullanıcının Çalışma Pozisyonları</u>	71
<u>3.4.2.3. Kabza Ölçüleri ve Biçimi</u>	72
<u>3.4.2.4. Kavrama Yolları</u>	72
<u>3.4.2.5. Elin Tutma Bölgeleri ve Eşleşme Düzeyi</u>	72
<u>3.4.2.6. Kabzanın Malzemesi</u>	73
3.4.3. Önkoşullar Derlemesi	73
3.4.4. Alternatif Versiyonların Oluşumu	73
3.4.5. Değerlendirme ve Seçme	75
4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME	76
4.1. İnsan Haptik Sistemine dair Temel Fizyolojik ve Sistemik Bulgular	77
4.2. Haptik Algılama Bileşenleri	79
4.2.1. Haptik Algılamada İşlevsel Etmenler	79
4.2.2. Haptik Algılamada Bağlamsal Etmenler	81
4.3. Üründe Haptik Bileşenler	84
4.3.1. Üründe Haptik Bileşen olarak <i>Malzeme</i>	84
4.3.2. Üründe Haptik Bileşen olarak <i>Form</i>	86
KAYNAKLAR	92
TERİMLER SÖZLÜĞÜ	100
EK A- ‘Mühendislikte Bazı Malzeme Özellikleri’	102
EK B- ‘Farklı Malzeme ve El arasındaki Sürtünme Katsayıları’	112
EK C- ‘Farklı Yüzey Profilleri ile El arasındaki Sürtünme Katsayıları’	113
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

İnsanın duyuşal yapısı içinde hayati derecede öneme sahip olan haptik sistem, temel olarak dokunmaya dair duyuşal bir mekanizmadır. Haptik sistemin tasarım aşamalarına katkısını ortaya koyabilmek için karakteristiklerini belirlemek, bu çalışmanın esas amacıdır. Tezin ilk bölümü insanın genel duyuş sistemi, haptik duyuşaya ait deri ve deri altı yapıları gibi fizyolojik bilgileri içermektedir. İlk bölümün son kısmında, iki gruba ayrılan haptik geribildirim ele alınmıştır. İkinci bölümde elin haptik dinamikleri, hareketleri ve el ile nesne tanımlamaya ait bulgular sunulmuştur. Ayrıca, dokunma psikolojisi, zihinsel durum, bilişsel olgular, gündelik ürünlerle haptik etkileşim ve dokunmayı etkileyen malzeme, yaş ve sosyokültürel etmenler de ortaya konmuştur. Tezin üçüncü bölümü, haptiğın tasarım aşamalarında üstlendiğı rolün yer aldığı örneklere ayrılmıştır. Bu bölümde haptik etkileşim kanalları ve endüstride tasarım aşamalarında uygulanan tipik örneklere ait bulgular sunulmuştur. Sonuç bölümünde ise, haptiğın etmen olarak endüstriyel tasarım mesleğinde belirginleşen rolü ve bileşenleri ortaya konmuştur.

SUMMARY

Haptic system, being an essential component of human sensory structure is basically a mechanism related to tactile senses. Determining the characteristics of the human haptic system in order to present its contribution to product design, is the core of this study. First section of this thesis contains physiological information about human sensory system and both skin and under skin structures. The last part of the first section the haptic feedback which is divided into two groups is examined. In the second section, haptic dynamics, movements of the hand and the object defining role of the hand is presented. Additionally, touch psychology, mental state, cognitive concepts, interaction with everyday objects and the factors effecting touch such as materials, age and sociocultural part of the haptics are studied. The third section of this thesis is dedicated to examples of haptic's application on the different stages of product design. In this section, haptic interaction channels and data related to the examples of its use in different stages of design within the industry is presented. In the final section, haptics and its growing role as a factor in the industrial design profession and its elements are set forth.

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 2.1. Girdilerin temel olarak duyuşal hafızaya işlenişi.....	33
Şekil 2.2. Zihinsel işlemlerde bilincin yeri.....	33
Şekil 2.3. Charles Rusch'un zihin işleyiş modeli	34
Şekil 2.4. Bağlamsal algılama diyagramı	50
Şekil 2.5. Tutma ve kavrama sırasında elin davranışları	55
Şekil 3.1. Tasarım mesleğinin evrimi.....	59
Şekil 3.2. Uygulanan kuvvetin şiddetinin dalgaboyu ölçümü.....	66

TABLO LİSTESİ

	Sayfa No
Tablo 1.1. Algısal Sistemler	5
Tablo 1.2. Haptik duyuyu tanımlamada kullanılan ana terimler ve açıklamaları.....	7
Tablo 2.1. Kroemer'in el ile kavrama tipleri.....	25
Tablo 2.2. Parametreler Tablosu.....	41
Tablo 2.3. Özellikler Tablosu.....	42
Tablo 2.4. Avrupa'da yaşla birlikte oluşan duyu kayıpları ve oranları.....	47
Tablo 3.1. AUDI Operasyonel Haptik Takımı çalışması 'koltuk rahatlığı değerlendirme kriterleri'	62
Tablo 3.2. Sürme tip kültablası işlev bileşenleri.....	64
Tablo 3.3. Haptik izlenimin dört alanı	66
Tablo 3.4. Daimler AG 'Haptik Araştırmaları Metodolojisi'	68

RESİM LİSTESİ

	Sayfa No
Resim 1.1. Deri ve deri altı yapıları.....	8
Resim 1.2. Deri altı alıcıların eldeki konumları	9
Resim 1.3. Birden fazla duyu ile algılama (Çoklu kiplik durumu- <i>Multimodality</i>).....	11
Resim 1.4. Algı-eylem döngüsü ve BBK.....	12
Resim 1.5. Sensable Phantom® ve Nintendo® Wii.....	13
Resim 1.6. Çoklu dokunmatik ekran ve temel çalışma ilkesi	14
Resim 1.7. Multitouch Screen örnekleri	14
Resim 2.1. Elin Haptik Dinamikleri	16
Resim 2.2. Elin hareketleri ve ‘Keşif amaçlı işlemler’	22
Resim 2.3. Kavrama Biçimleri.....	24
Resim 2.4. Kroemer’in kavrama tiplerine örnekler.....	26
Resim 2.5. Temas ederek tutma (<i>kontaktgriffe, contact grip</i>).....	27
Resim 2.6. Yakalayarak tutma (<i>zufassunggriffe, precision grip</i>).....	28
Resim 2.7. Yakalarayak tutma örnekleri	28
Resim 2.8. Kavrayarak tutma (<i>umfassunggriffe, power Grip</i>).....	29
Resim 2.9. Beton izlenimi ve dokunmasız yanılısama.....	43
Resim 2.10. Çeşitli malzeme uygulamalarıyla yaratılan ürün izlenimleri-a.....	44
Resim 2.11. Çeşitli malzeme uygulamalarıyla yaratılan ürün izlenimleri-b.....	45

Resim 2.12. Gebeliğin 21. haftasında fetus.....	46
Resim 2.13. ‘Tadoma’ metodu.....	48
Resim 2.14. Bölgelere ve bazı ülkelere göre değişen haptik davranışlar.....	50
Resim 2.15. Sınıflandırma: Gündelik ürünlerde kullanım sıklığı ve temas süreleri	52
Resim 2.16. Mekanik ve dijital. Mekanik kontrollü kasetçalar ve müzik çalma özelliği olan cep telefonu	53
Resim 2.17. El ürüne uygun davranma eğilimindedir.....	54
Resim 3.1. Sanal kütlelin uzamsal bilgileri ve <i>stylus</i>	57
Resim 3.2. ‘Optagon’ <i>pin array</i> modeli	58
Resim 3.3. Koltuk Basınç dağılımı örneği	63
Resim 3.4. Sürme tip küllük değerlendirme örneği.....	63
Resim 3.5. Haptik izlenimin dört alanı	65
Resim 3.6. Erkek ve kadın el ölçüleri (mm).....	70
Resim 3.7. Delme ve vidalama esnasında iş yükü	71
Resim 3.8. Kullanıcının çalışma duruşları	71
Resim 3.9. Elin kavrama bölgeleri ve eşleşme düzeyleri	72
Resim 3.10. Kabza versiyonları	74
Resim 4.1. Parmak ucuyla yüzey değerlendirme	78
Resim 4.2. Dokunsal geribildirim ‘Çoklu-Dokun Yüzeyler’	81
Resim 4.3. Sanal klavye ve taşınabilir klavye	81
Resim 4.4. Simgesel değer ve Biçim-kültürel Nitelik	82
Resim 4.5. Dokunmada cinsiyet farkı	83
Resim 4.6. Haptik algıyı etkileyen malzeme yapısı	85
Resim 4.7. Püskürtme (<i>Flocking</i>)	85
Resim 4.8. Yönlendirici biçim	86

Resim 4.9. Bilgisayar faresi kullanımında elin temas bölgeleri	86
Resim 4.10. Uygulanan gücün miktarı haptik geribildirim etkiler	87
Reism 4.11. Kavrama tiplerine bazı örnekler	88
Resim 4.12. Klasik elektrik anahtarında kullanılan iki duyu kanalı	89
Resim 4.13. Algı düzeyini artırmak ' <i>Light Switch Energy Saver</i> '	89

GİRİŞ

Dış dünya ile temas kurma haptik* duyu tanımının temelini oluşturmaktadır. Davranış biçimleri çevreden gelen uyarıların bireyde yarattığı izlenimlerin sonucudur.

Çevre ile bulunan tüm nesnelere öncelikle görmeye dayalı ilişki kuruluyor. *Bir diğer deyişle* insan “görme” temelli varlıktır. Çoğunlukla “Görme”, dünya hakkında ham bilgileri edinilen duyudur. Ancak diğer duylara aldırılmazlık edilemez. Görme duyusuyla beraber diğer duylar da aktiftir: Tat alma, dokunma, duyma ve koklama...

Bu temel beş duyu dışında, araştırmalara göre tanımlanabilir 9 ila 21 duyu bulunuyor. Dokunma ile ilk akla gelen uzuv eldir. Ancak dokunma, deriyi dolayısıyla tüm bedeni ilgilendirir. Vücutta bulunan alıcılar (reseptör) sinir sistemine uykudayken bile daima uyarım gönderir.

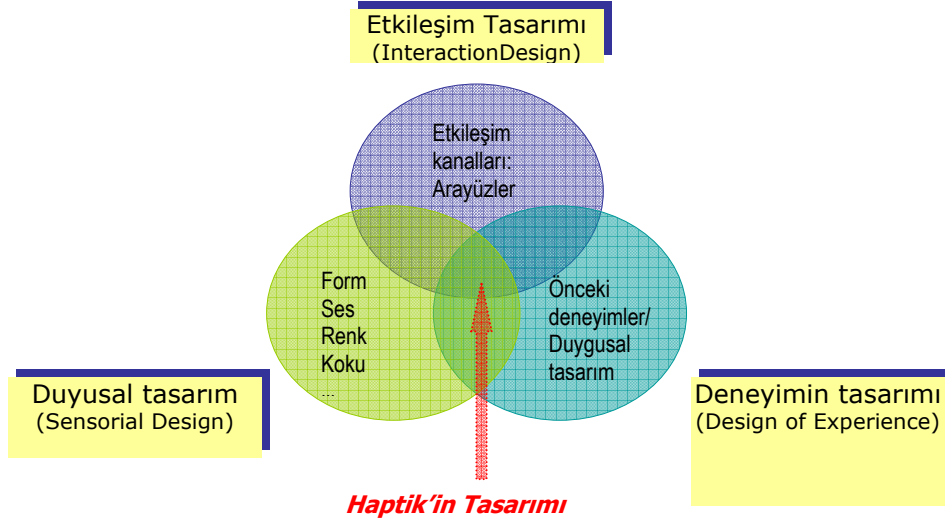
Araştırmamıza göre kullanıcının ürüne verdiği tepki, günümüz tasarım kuramlarında özellikle deneyim tasarımı, duysal tasarım, etkileşim tasarımı kuramlarında derinlemesine irdelenmektedir. Deneyim tasarımı araştırmaları, kullanıcının önceki deneyimleri, kültürel altyapısı veya edindiği izlenimler veya eğilimleri gibi başlıklar altında yürütülürken, duysal tasarım araştırmalarında koku alma, görme, işitme gibi bedensel duyu kanallarının çalışma prensipleri, yarattığı etkisi gibi alt araştırma alanlarına ayrılmaktadır. Etkileşim tasarımı ise, çoğunlukla İnsan-Bilgisayar etkileşimi çerçevesinde yürütülen çalışmalardan oluşmaktadır.

Bu üç ana başlığın esas amacı, kullanıcının memnuniyetini artırmak, öznel isteklerini yerine getirebilmek, gereksinmelerini tam olarak karşılayabilmektir.

Yürütülen çalışmaların ortak odak noktası kaçınılmaz olarak insandır. İnsanın hem fiziksel hem de zihinsel aşamaları ve beynin işleyiş biçimleri ara kesitler halinde

* Haptik terimi Türkçe’de dokunsal olarak kullanılsa da, anlamını tam karşılamaması nedeniyle olduğu gibi kullanılmıştır.

parçalara ayrılarak irdelenmektedir. Laboratuar deneyleri ve alan araştırmaları ile yrtlen çalışmalarda, seçilen parametreler sıklıkla kesişmektedir.



Multimodel kuramsal çalışmaların ortak paydalarından biri; deri yoluyla algılama, motor hareketler ve zihinsel kavrama bileşenlerinden oluşan haptik duyu'dur. Temel olarak insanın bedeniyle dokunma mekanizması olarak kabul edilen haptik duyuya ait etmenlerin, tasarım aşamaları çalışmalarında yer aldığı grlmştr. Özellikle, rn memnuniyeti ve etkileşim tasarımı gibi alanlar, tüm vücudun bilgi algılaması ve dokunma duyusuna odaklanmıştır. Bu açıdan şirketler tasarımcılarını, tüketicileri ile daha fazla duygusal bağ kurmaları doğrultusunda ynlendirmekteler.

Tasarımda geleneksel odak noktası, ürünlerin görsel algılanması üzerinedir. Her bir duyu bir diğerinden etkilenmektedir. Ancak bunların arasında *haptik deneyim*, özel bir yere sahiptir ve tasarım alanında değerlendirilmesi gereken bir yol olarak grlmektedir. Bu bağlamda, tezin amacı endüstri tasarımında haptik (dokunsala ait) duyuya ait karakteristikleri ve ürün tasarımındaki malzeme, biçim, yüzey, doku, deneyim gibi etmenlerini vurgulamaktır. Geniş kapsamı nedeniyle bu çalışma 'el' ve elin kullanımına odaklanmıştır.

1. HAPTİK SİSTEM VE FİZYOLOJİK ESASLARI

Araştırmalarımıza göre, *haptik*'in dokunma duyusuna bağlı duyu olarak kabul edildiği, diğer yandan bilimadamlarının bu duyuya uzmanlık alanlarına göre değişen tanımlar getirdikleri görülmektedir. Ürün tasarımı bakımından ele almadan önce *haptik*'in bu tanımlarını irdelemek, ürünler üzerinden *haptik* etmenlerin ortaya koyulması açısından gerekli görülmüştür.

1.1. SİSTEM OLARAK HAPTİK VE TANIMLARI

20 yy. önemli psikologlarından biri kabul edilen James J. Gibson (1904–1979)'a göre *haptik* duyu bir sistemdir ve “vücudu kullanarak vücuda bitişik kişisel dünyanın farkındalığı¹”dır. Duyu yolu ile algılama ve algı psikolojisi Gibson'dan önce, dünyadaki nesnelere ve insan deneyimi üzerine kurulu teoriye sahip değildi; o teorinin temeli duyu organları yolu ile algılanan şeyin etkileri, algılanma biçimi ile nesnelere arasındaki ilişki üzerine kurulmuştu.

Gibson'ın tanımı kabulü ile yola çıkılırsa *haptik* duyu, yalnızca tensesel temas ya da diğer deyişle deri aracılığıyla çevreden bedene iletilen bilgileri değil, sürekli ve kesintiye uğramadan vücudun tümünün (iç ve dış organlar ile uzuvlar dahil) kullanımıyla alınan bilgileri de içerir. Örneğin; dayanma, yatma, çarpma; zeminler, yüzeyler; sıkı ayakkabı, kemer ya da midenin hareketleri gibi...

Gibson'ın tanımına temellendirilen bir başka bakışa göre *haptik*, dokunma duyusu ile uzay arasındaki ilişkidir². Dolayısıyla *haptik* sistem, ‘dış’ ile iletişim kurulmasını sağlayan bir alan oluşturan, yokluğunda ise “hayati sonuçlar doğuran, bu açıdan da oldukça yüksek önemi olan bir duyu sistemidir”³.

¹ Gibson, J.J.; “Algı mekanizması”, Büyük Bilimsel Deneyler, TÜBİTAK,1998, s.142-143

² “Haptic Spaces”, çevrimiçi: www.ggy.bris.ac.uk/postgraduates/ggmp/touch.html

³ www.roblesdelatorre.com.

Haptik ile ilgili Katz*(1884-1953) ve Weber**(1795-1878)'in temel bulgularını irdelleyen bir diğer inceleme yazısına göre haptik, esas olarak dokunma duyusu ile deri altı duyumsamayı kapsar.

John Berger***(1926- ...), “Görme Biçimleri” kitabında ‘*Görme konuşmadan önce gelir*’ der⁴. Bir diğer deyişle, görme dilden öncedir. Ancak dokunma her iki duyudan önce yer alır. Bir yenidoğan, çevresini ilk olarak elleri ile dokunarak keşfetmeye başlar. Dolayısıyla, ilk olarak haptik sistem kullanarak dünya ile iletişime geçilir. Bu görüşle *haptik, araştırma/ keşfetme amacıyla çevreyle ilgili iletileri alma ya da çevreyi değiştirerek çevreyle ‘el yolu’ ile kurulan etkileşime dayanmaktadır*⁵.

1.2. HAPTİK’İN ETİMOLOJİSİ VE TARİHİ

Etimolojik olarak haptik, Yunanca ‘haphē’, ‘haptikos’ kökünden türemiştir. Bu kökten türeyen ‘Haptestai’ ise, ‘dokunmak’ anlamına gelmektedir.

Fransız filozof Denis Diderot’ya (1713-1784) göre dokunma, diğer duyular arasında en derin ve felsefi duyudur⁶. Ancak genellikle dokunma, sıradan terimlerle tanımlanmaktadır. Deri yüzeyi ile temas eden herhangi bir e dokunulmaktadır.

Diğer yandan kavram olarak irdelendiğinde, fizyolojik, psikolojik ve felsefi açıdan dokunmanın yeni açınımları ortaya çıkar. Görme duyusunun oldukça uzun bir süre akademik çevreyi kuşattığı, dokunmanın ise unutulmuş bir duyuyu olarak biraz kenarda kaldığı söylenebilir. Örneğin *Aristoteles*’in (MÖ. 350) beş temel duyuyu ele aldığı *De Anima* eserinde dokunma, diğer duylara göre en arka plandaki duyuyu olarak bulunur⁷.

Haptikle ilgili bilimsel çalışmalara 1818-1871 yılları arasında Leipzig Üniversitesi’nde profesör olarak görev alan Ernst Heinrich Weber’in başladığı

* David Katz; Almanya doğumlu İsviçreli psikolog

** Ernst Heinrich Weber; deneysel psikolojinin kurucusu olarak kabul edilen Alman doktor

*** John Gerger, Ressam, yazar ve sanat eleştirmeni

⁴ Berger,J. 1990, Görme Biçimleri, çeviren: Yurdanur Salman , Metis Yayınları, 4. basım, s.7

⁵ Başdoğan, Ç.; Srinivasan, M.; “Haptics in Virtual Environments: Taxonomy, Research Status, and Challenges”, 1997, Computer&Graphics, Vol.21, No:4, s.393,

<http://network.ku.edu.tr/~cbasdogan/Papers/finalCGS.pdf>

⁶ Paterson, M., 2007, *The Senses of Touch: Haptics, Affects and Technologies*; Berg yayın, ABD, s.1

⁷ A.,g,e.

söylenbilir⁸. Duyumsamanın her yönü ile ilgilenen Weber'in haptik duyu ile ilgili yaptığı deneyler özellikle dikkate değerdir ve dokunsal algının etkinliğini şöyle vurgular⁹:

“Parmak bilinçli olarak deney nesnesinin üzerinde hareket ettirilmediği sürece nesnenin biçimi ya da dokusu anlaşılmaz. (...) Şurası kesindir ki dokunma organı, pratikle daha duyarlı hale geliyor. Doğum uzmanları, örneğin, hamilelerin üreme organlarını veya henüz doğum yapmış olanları muayene ederken, az deneyimlemiş uzmanlara göre daha fazla ayırtedebilir ve hissedebilir.”

Weber, dokunma ile görme duyularının arasındaki ilişkiyi uzamsal farkındalık durumu olarak kabul eder. Duyu mekanizmalarının temel bakış açıları ve onlardan geliştirilen algıları inceleyerek haptikğin önemini belirtir ve mesleki becerinin rolüne değinir. Buna ek olarak, bu tür bir algılamanın yanıltıcı olabildiğini belirtir, çünkü Weber'e göre nesnenin boyutu, formu ve dokusundan elde edilen izlenimlerin tam ve kesin doğru şekilde aktarılmaz:

“Gözlerinizi kapayın, elinizi sabit tutun ve birine bir nesneyi parmaklarınıza tutturmanızı isteyin; bir parça kağıt, cam, metal, yumuşak bir ağaç, deri, yün, yumuşak ipeğimsi ya da sert bir kumaş ya da bilinmeyen başka bir nesneyi. Nesnenin doğasını tanımlamamıza izin vermeyen bu muğlak duyumsamaya kesinlikle şaşıracaksınız. Nesneye çeşitli kuvvetlerle parmağınızla basınç uyguladığımızda çoğunlukla benzer objeleri farklı; farklı objeleri ise benzer sanacaksınız.”

Bu görüş tam olarak ispatlanmamış olsa da, organların çalışmasında fiziksel değişim olmadığı, inceleyerek anlamaya çalışmanın ve kinestetik farkındalığın haptik algılamanın esasını oluşturan bir temel olduğunu varsayar. Bu açıdan Weber'in çalışmaları, haptik duyunun yalnızca dokunmaya dayalı olmadığı ve kinestetik algının da bunun bir parçasını oluşturduğu fikrinin kabulünü oluşturmaktadır.

Günümüz çalışmalarına önemli kaynak oluşturan araştırmacılardan biri de *'The World of Touch'* (1925) isimli kitabı yazan David Katz'tır. Katz'ın çalışmalarının temel oluşturduğu Lederman ve Klatzky gibi araştırmacıların deneyleri, son yıllarda haptik duyunun her yönü ile ele alınmasını sağlayarak dikkat çekmiştir. Özellikle 'el

⁸ McLundie, M.; Prytherch, D.; 2002, So what is Haptics anyway?, *Research Issues in Art, Design and Media*, Iss:2, Birmingham Sanat ve Tasarım Enstitüsü, İngiltere, <http://www.biad.uce.ac.uk/research/rtd/riadm/issue2/webber.htm>

⁹ A.g.e

ve el ile nesne tanıma' odaklı deneyler¹⁰⁻¹¹⁻¹²⁻¹³, dokunmanın ürün tasarımı açısından değerlendirilebilecek yönlerini vurgulamaktadır ve bulgular ikinci bölümde ele alınmıştır.

1.3. İNSANDA GENEL DUYUSAL ALGILAMA SİSTEMİ: DUYU TİPLERİ

Temel olarak insan duyuları, koku, tat alma, duyma, dokunma ve görmeyi içerir. Bilgiyi işleme sürecinde her biri potansiyel olarak önemli sistemler olsa da, görme duyusu en büyük payı alır.¹⁴

Psikoloji ve diğer bilişsel bilimlere göre algılama, bilişsel psikolojiye ait en eski alanlarından biridir. Genel olarak algılama; duyuşsal bilgiyi edinme, yorumlama, seçme ve düzenleme süreçlerinden oluşur ve insan dünya içinde hareket ettikçe nesnel dünyayı duyumsar. Duyular algıya rehberlik eder ve bunlar ışığında içinde bulunulan dünya yeniden yorumlanır. Elde edilen yeni bilgiler ve hafızada bulunan önceki deneyimlerden gelen bilgilerle bağlantı kurar ve önceki kalıcı bilgi yardımıyla algılama ve yargılama, karar verme hızlanır.

Sağlıklı bir bireyin algılamasında duyular son derece iyi çalışmaktadır ve ince detaylar kolaylıkla ayırt edilebilir.¹⁵

Duyular yolu ile iletilen bilgiler beyinde farklılaşarak işlenir. Beyin beden farklı bölgelerine ait bilgileri 'Homunculus'¹⁶ adı verilen bir sisteme göre değerlendirmektedir. Bu sistem; *motor homunculus* ve *duyuşsal homunculus* olarak

¹⁰ Klatzky,R.; Lederman,S.; Metzger, V.; 1985, Identifying Objects by Touch, *Perception and Psychophysics*, 37(4), pp.299-302, <http://psycserver.psyc.queensu.ca/lederman/035.pdf>

¹¹ Loomis, J.; Klatzky, R.; Lederman, S.; Wake, H.i; Fujita, N.; 1993. Haptic Identification of Objects and Their Depictions, *Perception and Psychophysics*; 54(2), pp.170-178, http://www.psych.ucsb.edu/~loomis/klatzky_93.pdf

¹² Streri, A., Manual exploration and haptic perception in infants, 2003, *Touching for Knowing, Advances in Consciousness Research*, vol 53, pp.51-66, eds: Hatwell, Y.; Streri, A.; Gentaz, E., John Benjamins Publ.

¹³ Ballesteros, S.; Heller, Morton A.; Haptic Object Identification, 2008, pp.207-222, *Human Haptic Perception: Basics and Applications*, ed: Martin Grunwald, Birkhauser

¹⁴ Peck, J.;Childers, T.; If it Tastes, Smells, Sounds, and Feels Like a Duck, Then it Must Be A...: Effects of Sensory Factors on Consumer Behaviours, http://www.bus.wisc.edu/faculty/papers/jpeck/Sensory_Review_Chapter_7_28_051.doc

¹⁵ Stanton, N., 2004, *Human Factors in Consumer Products*, Taylor&Francis, s.180

¹⁶ Homunculus (*Latince*): Küçük adam. Kelime karşılığının verilmesinin nedeni, zihnin çalışmasına dair yapılan felsefi tartışmalarda beynin içinde küçük bir adamın yer aldığına dair teoridir. Teoriye göre, bu küçük adam-bir *aracıdır*-, görülen, dokunulan kısaca duyumsanan her türlü bilgiyi içeri alır ve işler. Homunculus kavram olarak ise, bir sistemin işleyişini resimleyerek açıklamak için kullanılır. (en.wikipedia.org)

* Cortex (Korteks): Beynin gri maddeden oluşan en dış tabakası.

ikiye ayrılmaktadır. Her bir alt sistem bedenin farklı bölgelerini (el, parmaklar, kulak, yüz, kalça, dudaklar, cinsel organlar gibi...) yönetir.

Temel beş duyuyu yeniden ele alan ve formüle eden Gibson'ın önerdiği algı sistemi, dokunma duyusu ve uzamsal dünya arasındaki ayrılmaz ilişkiyi ortaya koymaktadır¹⁷.

Tablo 1.1. Algısal Sistemler (J.J. Gibson, 1966; kaynak, Vodvarka 2004)

ADI	DİKKAT TÜRÜ	ALICI BİRİMLER	ANATOMİSİ	ETKİNLİĞİ	MEVCUT UYARIM	ELDE EDİLEN BİLGİ
ANA YÖNELİM SİSTEMİ	Genel Yönelim	Mekanik Alıcılar	Vestibular Organlar	Vücut Dengesi	Yer Çekimi ve Hız Kuvvetleri	Yerçekimi Yönü, İtilmek
İŞİTSEL SİSTEM	Dinleme	Mekanik Alıcılar	Ortakulak, Salyangoz Kanalı; Kulak Kepeği	Sesi Yönelme	Havadaki titreşimler	Doğa ve titreşim olaylarının Yerleri
HAPTİK SİSTEM	Dokunma	Mekanik Alıcılar ve Muhtemelen Isı-Alıcılar	Deri (Bağlantıları ve delikleri İçerir) Eklemler (Kemik ve başka organları birbirine bağlayan bağları İçerir); Kaslar (Tendonları) İçerir	Farklı Çeşitleri İnceleme	Doku deformasyonu; eklem Hareketleri; kas liflerinin gerilmesi	Dünya ile temas kurma; mekanik karşılaşmalar; nesnelerin biçimleri; malzeme durumu; katılık, akışkanlık
KOKU VE TAT ALMA SİSTEMİ	Koklama Tatma	Kimyasal Alıcılar Kimyasal ve Mekanik Alıcılar	Burun boşluğu (Burun), Ağız boşluğu (Ağız)	Koklama, Tat Alma	Medyumun bileşimi; yenebilir nesnelerin bileşimi	Gaz haline dönüşen kaynakların doğası; sindirim ve biyokimyasal değerler
GÖRME SİSTEMİ	Bakma	Foto-Alıcılar	Göze ait mekanizma (Gözler, vestibular organlara bağlı iç ve dış bağlar, baş ve tüm vücut)	Uyum sağlama; gözbebeği ayarı; sabitleme, yakınsama; keşfetme	Ortam ışığı içinde değişken yapılar	Değişken optik Yapı tarafından belirlenen her şey (hayvanlar, hareketler, olaylar ve yerler hakkında bilgi)

¹⁷ Malnar M., Vodvarka F., 2004, *Sensory Design*, Minnesota Üniversitesi Yayını, s.43

1.4. HAPTİĞE İLİŞKİN ANA TERİMLER VE HAPTİK BİYOMEKANİĞİ

Haptik bilgi ya da dokunarak elde edilen bilgi; doku, sertlik, ısı ve basınç özelliklerine bağlı olarak ürün değerlendirmede önemli yer alır¹⁸. Uzmanlar haptik bilgiye dikkat çekerek bu yolla elde edilen verileri, bu verilerin kullanılmamasından kaynaklanan eksiklikleri ve bu konuları etkileyen faktörleri halen araştırmaktadır.

Örneğin tüketici, bir kazağın yumuşaklığına karar verebilir ya da bir domatesin sertliğini onu sıkarak anlayabilir. Benzer şekilde, bir mobil telefonun ağırlığı tartılarak değerlendirilebilir ya da bir meyvenin sertliği elle yoklanarak anlaşılabilir. Bunlar gibi durumlarda duyuşal hafızadan faydalanarak yargıda bulunulur. Bu nedenle dokunmanın yukarıda geçen doku, sertlik, ısı ve basınç boyutları, haptik duyu ile ilgilidir ve ürünün yapısal özelliklerinin tanımlanması açısından önemli ölçüde belirleyicidir.

Dokunma duyusu ya da haptik, tıp, eğlence gibi birçok alanda kullanılmasına rağmen, gündelik ürünlerle etkileşimde henüz kullanımı yaygınlaşmamış duyulardan biridir. Örneğin günümüzde internet (çevrimiçi) veya katalog satışlarında, müşteri satın almadan önce ürünleri fiziksel olarak inceleyemez. Bu nedenle geleneksel satış biçimleri ile sanal satış biçimlerinde dokunmanın simüle edilememesi, potansiyel müşterinin ürünü değerlendirmesinde güvensizlik oluşabilir.¹⁹

İnsan haptik sistemi, temel olarak şu bileşenlerden oluşur²⁰:

- Mekanik
- Algısal
- Motor
- Bilişsel

Literatürde geçen bazı ana terimlerin tanım ve açıklamalarının verilmesi gerekli görülmüştür. Haptik duyuya ait fizyolojik terimlerin açıklamaları aşağıdaki gibidir²¹:

¹⁸ Peck, J.;Childers,T.; Nisan 2003, To Have and To Hold: The Influence of Haptic Information on Product Judgment”, Journal of Marketing, Sayı 67, , s.35-48

¹⁹ Peck, J.;Childers, T.; “If it Tastes, Smells, Sounds, and Feels Like a Duck, Then it Must Be A...: Effects of Sensory Factors on Consumer Behaviours”,

çevrimiçi: www.bus.wisc.edu/faculty/papers/jpeck/sensory_review_chapter_7_28_051.doc

²⁰ Başdoğan, Ç.; Srinivasan, M.; 1997, Haptics in Virtual Environments: Taxonomy, Research Status, and Challenges, *Computer&Graphics*, Vol.21, No:4, pp.393-404,

²¹ Brewster, S., 2001,The Impact of Haptic ‘Touching’ Technology on Cultural Applications, çevrimiçi: www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/EVA2001.pdf

Tablo 1.2.- Haptik duyuyu tanımlamada kullanılan ana terimler ve açıklamaları.

Terim	Açıklama
Haptik	Dokunma duyusuna bağlıdır.
Proprioseptif (Derin duyular)	Vücudun durumu hakkındaki duysal bilgilere bağlıdır. (Somatik* duyu tipi)
Vestibular	Başın pozisyonu, hızlanma ve yavaşlama algısı ile ilgilidir.(vestibular organlar: el, kollar, bacaklar)
Kinestetik	Hareket hissi. Kas, tendon ve eklem merkezli duylara bağlıdır. (Somatik duyu tipi)
Cutaneous (<i>biyo. deriye ait</i>) (Kutaneus)	Derinin kendine ait olan; duyu organı olarak deri. Basınç, ısı ve ağrı içerir.
Taktil (Dokunsal)	Kutaneus duyusuna aittir ancak ısı, ağrı, özellikle basınç ile ilgilidir. (Kutaneus duyu tipi)
Güç ile Geribildirim (Force Feedback)	İnsanın kinestetik sistemi tarafından hissedilen bilginin mekanik uzantısıdır.

Dokunma ve haptik duyularını ayrıntılı biçimde incelemeye başlamadan önce, duyu ve duysal alıcılar ile ilgili bazı bilgilerin verilmesinde yarar bulunmaktadır. *Duyu*, sinir sistemimize çevreden ve vücudumuzdan çeşitli alıcılar (reseptörler) aracılığıyla taşınan bilgilerdir. Duyu kanallarından ulaşan veriler; beynin bölgelerinde çeşitli kombinasyonlar üretirler²².

Çevreden olduğu gibi iç organlardan da uyarımlar gelerek sinir sistemini uyarabilir²³. Duysal alıcılar, yapısal anlamda çok çeşitlidir. Örneğin, ağrı algılayıcılar nöronların *miyelin*** içermeyen uç dallarıyken, dokunma algılayıcılar saç diplerinde sinirsel lif ağları oluşturur ve derin bası algılayıcılar özel geçirgen doku ile kaplanmış sinir uçlarından oluşur. Alıcılar aynı zamanda birbirleri arasında kurdukları zengin ilişkiler anlamında çeşitlenir. Örneğin, vücutta ağrı alıcıları soğuk alıcılardan daha fazladır²⁴.

**Somatik* : Vücudun iç organlar dışındaki "çatısına" ilişkin yapıları belirten genel terim. Bedenle ilgili. Somatik sinir sistemi, deriye, sinirlere ve duyu organlarına bağlanan tüm nöronları (sinir hücrelerini) içerir.

²²Millar, S.,1999, Memory in Touch; (Oxford Uni. Dept. of Experimental Psychology) *Psicothema*, vol 11, no 004,1999, pp. 747-767, <http://redalyc.uaemex.mx/redalyc/pdf/727/72711404.pdf>

²³ çevrimiçi: <http://ansiklopedi.turkcebilgi.com/duyu>

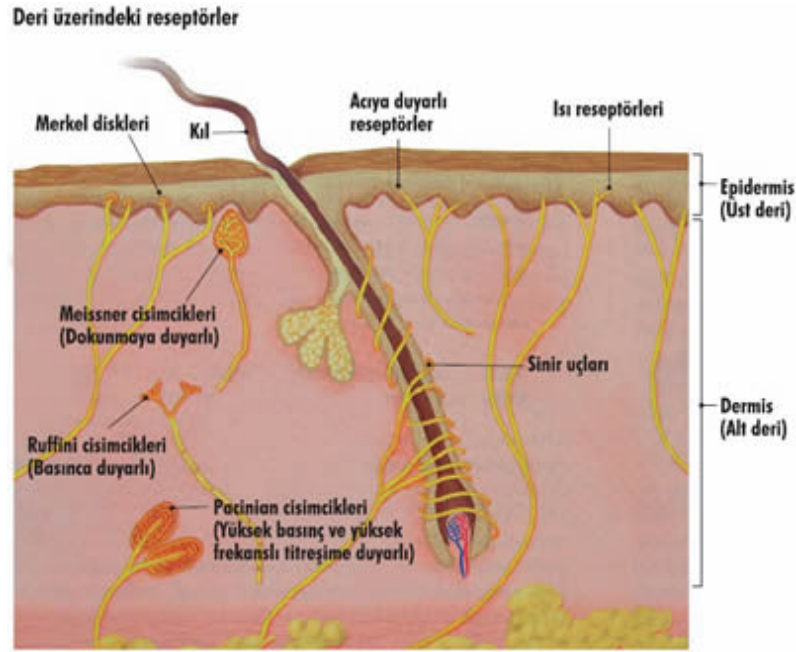
** *Miyelin*: sinir lifleri çevresinde kılıf şeklinde oluşmuş yağa benzer yumuşak madde.

²⁴ Çevrimiçi: www.scientia.org/cadonline/biology/nervous/skintouch.asp

1.4.1. Dokunma Duyusunda Deri Altı Yapılar

Dokunmada elin tüysüz bölümünde dört ayrı alıcı bulunur. Bunlar *Meissner cisimciği*, *Paciniyan cisimciği*, *Paciniyan cisimciği* sayesinde basıncı algılayan *Merkel diskleri* ve *Ruffini cisimcikleridir*.

Bunlardan Meissner ve Paciniyan cisimcikleri değişen uyarıya çabuk yanıt vermesi nedeniyle Hızlı Adaptasyon (RA= Rapidly Adapting), uyarımı sürdürerek sabit olmasını sağlayan Merkel ve Ruffini cisimcikleri ise Yavaş Adaptasyon (SA=Slowly Adapting) olarak adlandırılır.

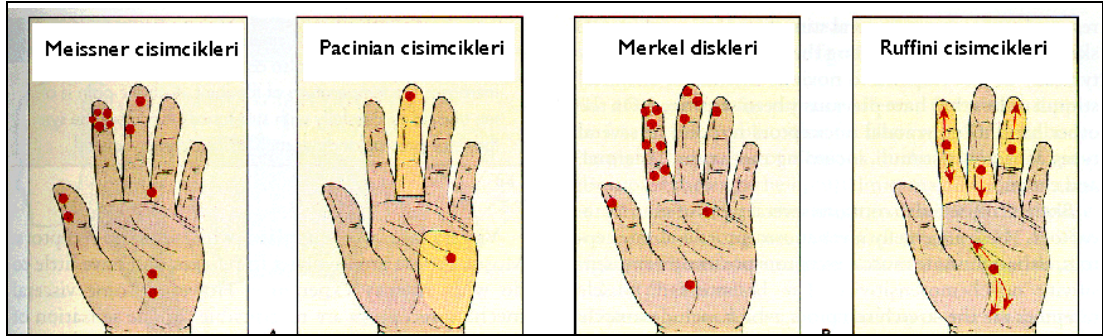


Resim 1.1. Deri ve deri altı yapıları

Örneğin giyilen elbisenin anlık farkında olma durumu ve hemen adapte olunması ya da değiştirilmediği sürece bulunulan oda sıcaklığını hep sabit algılama *RA (Rapidly Adapting)*, parmağa batırılan bir iğnenin yarattığı acı hissinin iğne yerinden çıkarılsa dahi sürmesi *SA (Slowly Adapting)* için örneklerdir. Buna göre, SA cisimcikleri daima hazır durumdadır. RA cisimcikleri ise, derinin ilk algılama ve algının değişmesi ile devreye giren cisimcikleridir²⁵.

²⁵ Hollis, R., Haptics, 2004, *Berkshire Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, Carnegie Mellon University, W. Bainbridge, Ed. Berkshire Publishing Group, Pp. 311-316, http://www.msl.ri.cmu.edu/publications/pdfs/haptics_2004.pdf

Paciniyan cisimcikleri bir parmağın dokulu yüzey üzerinde gezerken aldığı yüksek frekanslı titreşimlerin hissedilmesi için çalışır. *Meissner cisimcikleri* sivri kenarlara duyarlıdır.



Resim 1.2. Deri altı alıcıların eldeki konumları. Meissner ve Pacinian cisimcikleri Hızlı Adaptasyon (RA), Merkel diskleri ve Ruffini cisimcikleri Yavaş Adaptasyon (SA) gösterir. Ruffini cisimciklerinin bulunduğu bölgedeki oklar, sinir tellerinin aktifleşerek deride oluşturduğu gerilme yönlerini göstermektedir.

Ruffini cisimcikleri deriyi *esnetir* ve deri yüzeyine daha yakın olan *Merkel diskleri* de basınç ile kenarlara duyarlıdır.

Birbirine çok yakın iki ayrı uyarım ayırt edilemez. Bu durum alıcıların (receptors) sıklıkla bulunduğu deri duyarlılığının yüksek olduğu bölgelerde azalır ('İki nokta eşiği', bölüm 2.2., s.19).

Algısal alıcılar vücut üzerinde beyin tarafından yapılan dağıtımı toplamak anlamında çeşitlenirler; parmak uçları elin arka derisine göre çok daha fazla alıcı bulunur. Bu tür alıcıların anatomik karakterleri biliniyor olsa da, psikofiziksel algılamadaki rolleri az anlaşılmıştır.

Temel olarak duyu, üç bölüme ayrılarak incelenir²⁶.

1.4.1.1. Yüzeysel Duyular (Ekstaseptif)

Yüzeysel duyu organı olarak deri, dış çevreden bilgiler alan sayısız duyu alıcılarıdır. Bu alıcılar temel olarak ağrı (acı), sıcak, soğuk, dokunma ve basıncı algılar. Bu beş alt duyu, tüm insan vücudunun beş duyusunun içinde, genellikle dokunmaya ait duyular olarak gruplanır. Ekstaseptif duyu, aynı zamanda taktil ya da kutaneus duyu olarak literatürde yer almaktadır.

²⁶ Murrell, K.F.H., *Ergonomics-Man in His Working Environment*, Chapman and Hall, Londra, 1979, s.78

1.4.1.2. Derin Duyular (Proprioseptif Duyular)

Derin duyu alıcıları ve iç organ alıcıları dahil, vücudun iç ortamı hakkında bilgiler alan diğer tip alıcılar tüm vücutta yerleşiktir. Eklem kapsülleri, kas ve kirişlerdeki alıcılar aracılığıyla eklemler ve kaslar hakkında alınan izlenimleri içerir. Proprioseptif (derin duyu) alıcıları, kaslar ve tendonlarda bulunur. Değişen kas ve tendonlardaki gerilimleri duyumsarak vücudun hareket eden çeşitli bölümlerini (uzuvlar) ve beden pozisyonunu ait bilgileri merkezi sinir sistemine iletir. Her alıcı, özel kas lifleri ve algılayıcı nöronların uç dallarından oluşur. Kas lifleri ve algılayıcı nöron uçları birleşiktir ve bir bağlayıcı doku kılıfı içindedir. Bu duyu insanın kinestetik (hareket hissi) sistemini oluşturan, mekanik işlevlerini yerine getirmesini sağlayan duyudur.

1.4.1.3. İç Organ Duyuları (İnteroseptif Duyular)

İç organlardaki alıcılar tarafından sağlanan duyulardır. Bu alıcılar, iç organların durumlarını izler. Bir organ aracılığıyla gelen uyarılara verdikleri çoğu tepki otonom* sistem aracılığıyla olur. Bazı içsel alıcılar, mide bulantısı, susuzluk ve açlık gibi, bilinç yaratan durum üretirler.

Deriye ait alıcılar farklılık gösterir. Uygulanan kuvveti algılayan, soğuk ya da sıcak algılayan alıcılar farklı tiptedir. Sıcak alıcılar vücut ısısının üzerindeki, soğuk alıcılar ise altındaki ısıları karşılar. Ayrıca, ısı alıcıları gibi mekanik, kimyasal ve kaşınma alıcıları da bulunur.²⁷

Duyular geleneksel olarak beş duyu olarak bilinir ancak bu tür bir basite indirgeme, bazı duyu türlerinin dışlanması ya da tanımlarında belirsizlik taşıması sonucunu doğurmaktadır. Bu nedenle duyular, uyarım tipine göre de sınıflandırılır. Bu sınıflandırmaya göre duyular çeşitli uyarı türlerini baz alır²⁸:

- Mekanik uyarılar (dokunma-bası)
- Elektromanyetik uyarılar (ışık)
- Kimyasal uyarılar (koku, tad, kandaki oksijen değeri)
- Isı (sıcaklık dereceleri)

* otonom: özerk, bir üst organa bağlı olmakla birlikte, ayrı bir yasaya göre kendi kendini yönetme yetkisi olan. *Türkçe Sözlük*, 1999, Doğan kitap, Ali Püsküllüoğlu, 2. baskı

²⁷ Wolkomir, R., Charting the Terrain of Touch, *Smithsonian Magazine*, Vol. 31, Iss. 3; Haz. 2000, p. 38-48, http://touchlab.mit.edu/news/documents/Smithsonian_2000.pdf

²⁸ "Deri Duyuları ve Ağrı Fizyolojisi", Yrd.Doç.Dr. Ercan ÖZDEMİR, çevrimiçi: <http://tip.cumhuriyet.edu.tr>

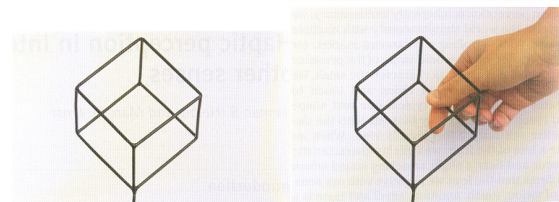
Özetle, kutenaus ve proprioseptif duyular kanalıyla gelen bilgi, haptik algılamının bilgisi olarak kabul edilir²⁹. Haptik bilgiler kutenaus ve proprioseptif mekanik alıcılar aracılığıyla merkezi sinir sistemine iki ayrı temel erişim yoluyla kodlanır. Kaslara yerleşik proprioseptif alıcılar, aynı zamanda tendonlar ve eklemlere de yerleşiktir.

1.4.2. Birden Fazla Duyu ile Algılama (Çoklu Kiplik Durumu-*Multimodality*)

İnsan çevresindeki nesnelere etkileşime birden fazla duyuyu kullanarak girer. Çoklu algısal veya çok kipli entegrasyon, paylaşılan bir temsile çeşitli algısal veya beyin veri yolları aracılığıyla erişim yetisidir³⁰. Diğer deyişle, insan algılama sistemi, çok sayıda duyunun aynı anda ve bir arada çalışmasıyla işleyen bir sistemdir. *Beden çevreyi eş zamanlı olarak algılamak, kişinin geçmiş deneyimleri algılamayı etkiler.*

Kullanılan duylardan biri, dış uyarının karakteristiğine göre ön plana çıkar³¹. Örneğin, uzamsal bilgilerin aktarılmasında görme, dokulara ait bilgilerin aktarılmasında dokunma ya da tekrarlayan seslerin algılanmasında duymanın ön plana çıkması gibi.

Diğer yandan duylar, birbirini tamamlayan ve birlikte çalışan bir tür mekanizmadır. Duyular birbirini tamamlamasının yanısıra, yanılmaya da neden olabilir.



Resim 1.3. Birden fazla duyu ile algılama (Çoklu kiplik durumu- *Multimodality*). ‘Necker Küp’ünün isometrik perspektifi, ön yüz-arka yüz ilişkilerinin algılanmasında farklı yorumlara neden olurken, haptik bilginin devreye girmesiyle belirsizlik ortadan kalkar.

Bir Necker Küp^{*}’ünün üç boyutlu yapısı, ilk bakışta ön veya arka yüzleri arasında kişiye göre değişen farklı algılar yaratırken, haptik bilgiyi kullanan bir elin küpün üzerinde gezinmesi algıyı değiştirmektedir (Resim 1.3).

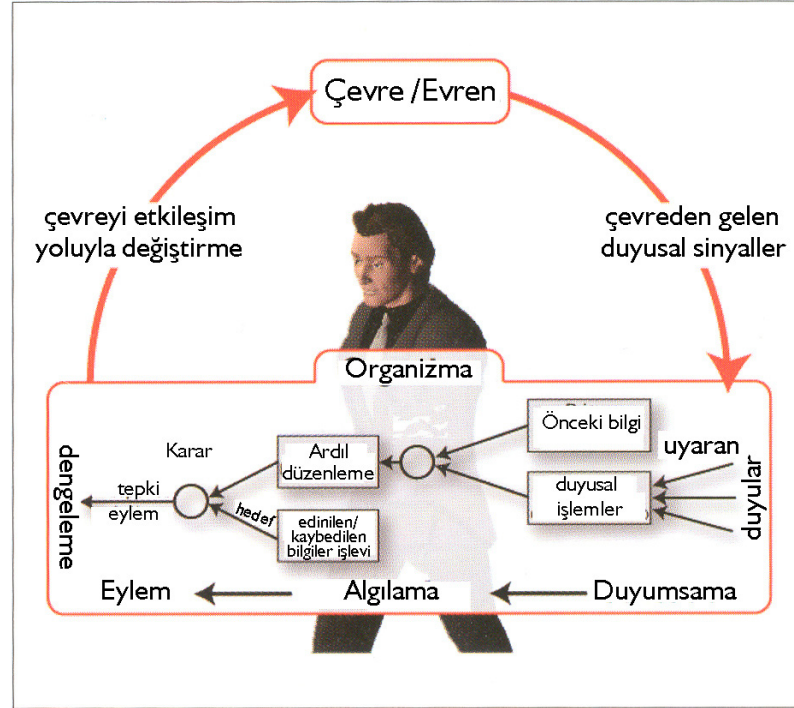
²⁹ Gentaz, E.; 2003, General characteristic of the anatomical and functional organisation of cutaneous and haptic perception, *Touching for Knowing, Advances in Consciousness Research*, vol 53, eds: Hatwell, Y.; Streri, A.; Gentaz, E., John Benjamins Publ. pp.19-31

³⁰ Seitz, Jay A., 2005, The neural, evolutionary, developmental, and bodily basis of metaphor, *New Ideas in Psychology*, 23, pp 74-95, çevrimiçi: www.elsevier.com/locate/newideapsych

³¹ Helbig, H; Ernst, M.; 2008, Haptic perception in interaction with other senses, *Human Haptic Perception*, Ed. Grunwald, M., Birkhasuer Publ., pp. 235-249

* Necker Kübü: Ön ve arkasının anlaşılması güç, optik illüzyon yaratan telkafes (wireframe) küp çizimi. 1832 yılında kristalograf Louis Albert Necker tarafından yayınlanmıştır.

Ernst ve Helbig³², çoklu duyuşsal etkileşimini, diğler deyişle birden fazla duyu ile algılamayı, Bayesian Karar Kuramı-BKK (*Bayesian Decision Theory, BDT*) modeli ile açıklamıştır. Model duyuşsal bilgiyi (benzeşim işlevi), çevreyle ilgili önceki bilgiler (önceki düzenlemeler), ve algısal karar verme (edinilen/kaybedilen bilgiler işlevi) aşamalarını içerir. Duyuşsal bilgiler ve önceki düzenlemelere ait bilgiler kesinlik içermez ve olası dağılımlarla temsil edilir.



Resim 1.4. Algı-eylem döngüsü ve BKK, (Ernst 2004).

Çevreyle duyuşsal etkileşimler, dünya hakkındaki geçmiş bilgilerimizi şekillendirebilir. Bu bağlamda haptik duyu, sıklıkla, farklı kaynaklardan bütünleştirilen bilgilerin bulunduğu ve anlamlı nedenlerin üretildiğı algı sisteminin ana parçası olarak bulunur. Diğler deyişle haptik, güvenilirliğı ve uyumsuzluğı gidermeye yönelik olarak diğler duyuşlarla kıyaslandığında bir ölçü veya standart olarak hareket eder. Özetle haptik diğler duyuşlarla bağdaşık, ayrılmaz, güçlü bir duyudur.

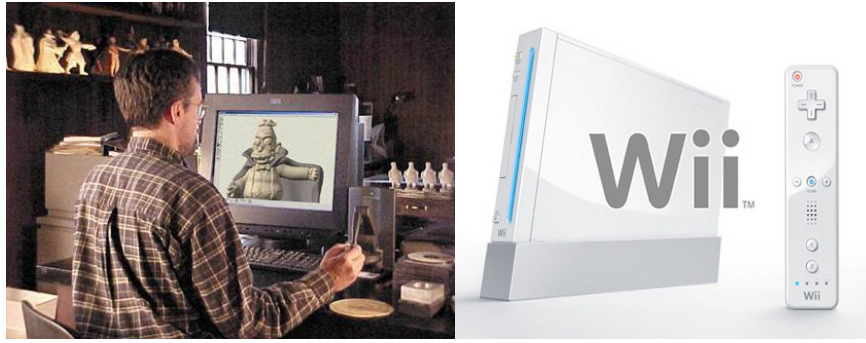
³² A.g.y.

1.5. HAPTİK GERİBİLDİRİM

Proprioseptif ve kutaneus duyular, haptik duyuyu oluşturan ve birbirini bütünleyen iki duyudur. Haptik geribildirim (haptic feedback) ise, bu duyu kanallarıyla oluşan geribildirimdir. Dokunmanın hem kaslar hem de deri ile yarattığı haptik geribildirim, ikiye ayrılarak incelenir: Güç ile geribildirim ve dokunsal geribildirim. Bu ayrım özellikle, sanal ortamdaki uygulamalarda izlenebilir.

1.5.1. Güç ile Geribildirim ('*Force Feedback*'- *Kinestetik Geribildirim*)

Haptik duyunun kaslar ve tendonlarda bulunan proprioseptif alıcıları tarafından algılanan gücün hissedildiği bölgelere ait geribildirimdir. Bu bölgeler, örneğin bir sanal uyarıcının bulunduğu ortamdan kullanıcıya doğru uygulanan gücün geriye doğru itme olarak iletildiği yönetim bölgelerini tetikler.



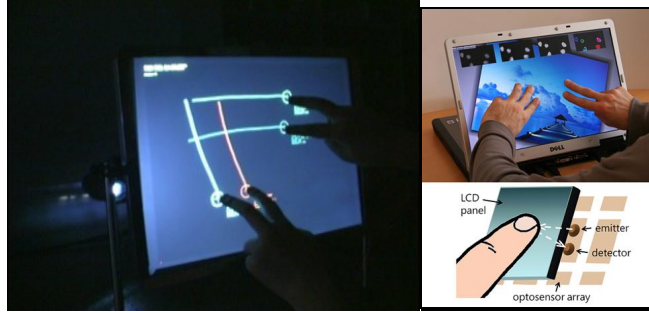
Resim 1.5. Güç geribildirim sanal uygulama örnekleri. Solda, SensAble Technologies Inc. Firması PHANTOM®; sağda, Nintendo® Firması ve Wii®, Kasım 2006

SensAble Tech. firmasının ürettiği Phantom® ve Nintendo® firmasının ürettiği Wii, güç geri bildirim ile algılamaya ilk tipik piyasa örnekleridir (Resim 1.3.). Her iki ürün de *kinestetik* algılama temel alınarak tasarlanmıştır (güç geribildirimli haptik arayüz). Ürün ile etkileşim karşılıklıdır, vestibular organlar kullanılır ve motor hareketler devrededir (basma, itme, çekme gibi...).

Gündelik hayatın her noktasında güç geribildirim ile karşılaşılır. Örneğin, bir kavanozu açmak, kapı kulbunu çevirmek ya da elektrik düğmesine basmak gibi.

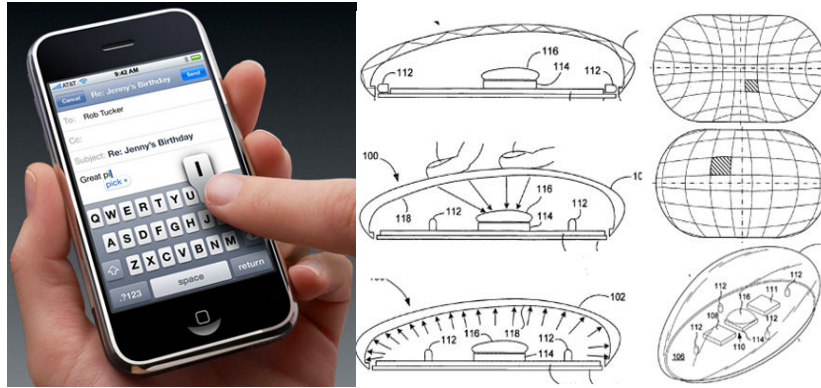
1.5.2. Dokunsal Geribildirim ('Tactile Feedback'- Taktıl Geribildirim)

Kutaneus duyu organı olan deri ısı, basınç ve doku sinyalleri veren sinir uçları ile etkileşen geribildirimdir. Oturma, yatma, dayanma gibi pozisyonlarda derinin gerilmesi, esnemesi gibi değişikliklerden kaynaklanan algının geribildirimidir.



Resim 1.6. Multitouch screen, çoklu dokunmatik ekran ve temel çalışma ilkesi..

Literatürde genel olarak *dokunmatik* denen ya da *dokunmatik ekrandan** oluşan ürünlerle girilen etkileşim olarak yer alır (dokunsal geribildirimli haptik arayüz).



Resim 1.7. Solda, Multitouch Screen örneği: "Iphone", Apple, çıkış tarihi Haz. 2007 Sağda, 'MultiTouch Mouse', Çoklu dokunmatik bilgisayar faresi (Apple) ve işlev kesiti.

Dokunsal geribildirim, özellikle parmak uçları ile yönetilen sanal uygulamalar olarak sıklıkla karşımıza çıkar. Microsoft™ Surface, Iphone (Resim 1.7), IpodTouch, sanal klavye (virtual keyboard), MultiTouch Mouse ilk tipik piyasa örnekleridir.

* "Multitouch Screen"-Çoklu dokunmatik ekran teknolojisinin temelleri 1982 yılında atılmıştır.

2. HAPTİK ARAYÜZ OLARAK ‘EL’ VE DOKUNMA PSİKOLOJİSİ

Hareketlerin temel rol oynadığı, duyuşsal alıcılarla en fazla sayıda donanmış ve etken bölgeler ağız iç ve çevresi ile ellerdir³². El hem alıcıların yoğunluğu hem de hareket kabiliyeti bakımından hayatın her aşamasında en çok kullanılan uzuvdur. Dolayısıyla en sık kullanılan *haptik arayüzler ellerdir*. Buna ek olarak, elle kullanılan ürünler günlük yaşamın ayrılmaz parçalarıdır. Bunların kullanımı ve tasarımını etkileyen haptik değişkenler bulunur. Bu nedenle mesleki açıdan değerlendirmeler elde edebilmek amacıyla bu bölümde, nesneyi el ile tutma ve kavramaya ait bulguların yanısıra, hafızaya alma ve zihinsel aşamalar ile dokunmayı etkileyen faktörler ele alınmıştır.

2.1. ELİN FİZYONOMİSİ VE ‘HAPTİK’ DİNAMİKLERİ

İnsan ellerini günlük yaşamında zayıf ya da hiç görüş alanı olmayan ortamları keşfetmek için kullandığı gibi, nesnelere tanımlamada da kullanır³³. El ile keşfetmede nesnenin önce kenarları tanımlanır ve daha sonra dış hatları takip edilerek biçimsel tanıma ulaşılır.

Gibson’ın görüşüne göre³⁴ haptik duyu, nesnelere veya yapıları deneyimlemede yalnızca kinestetik (proprioseptif duyu) ve kutaneus (deri yoluyla duyumsama) bilgilerini aktarmaz. Kişi, etmen olduğu kadar gerçek dünyayı dokunarak algılayandır ve *aktif dokunma* ile dünyaya bağlıdır. Diğer yandan pasif dokunma, bir nesnenin kişiye *dokundurularak* tanımasını sağlamayı ifade eder. Bu türlü dokunmada uyarımın tanıdık gelmesi önceki deneyimlere bağlıdır ve kişiye göre değişiklik gösterir.

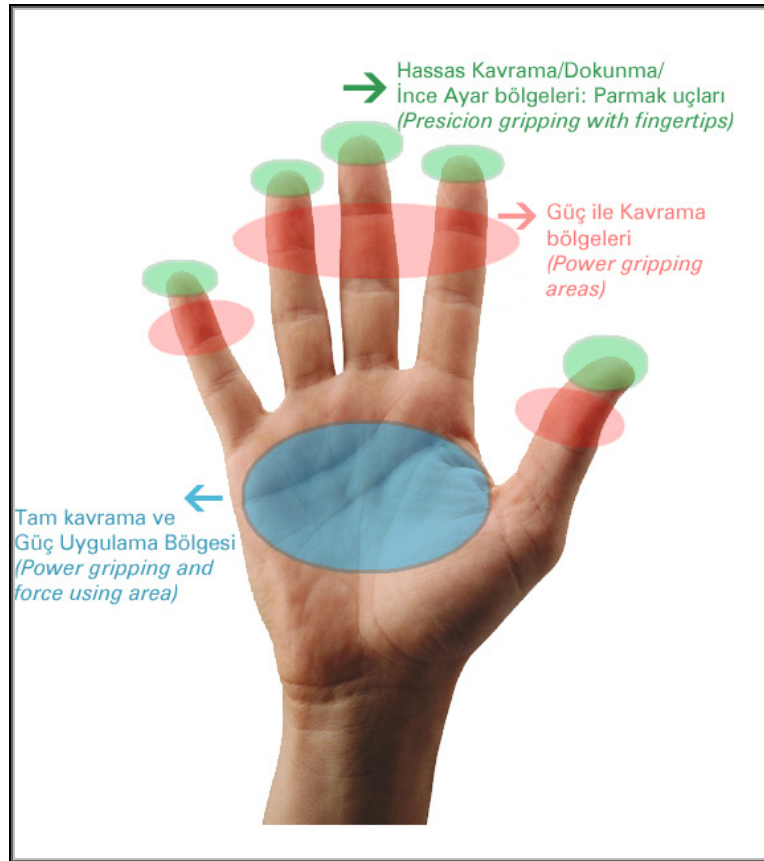
³² Hatwell, Y., Touch and Cognition, 2003, *Touching for Knowing, Advances in Consciousness Research*, vol 53, eds: Hatwell, Y.; Streri, A.; Gentaz, E., John Benjamins Publ. pp.1-14,

³³ Smith, C., Human Factors in Haptic Interfaces, <http://www.acm.org/crossroads/xrds3-3/haptic.html>

³⁴ Ballesteros, S. Heller, M.;2008, Haptic Object Identification, *Human Haptic Perception*, ed: Grunwald, Martin, 2008, Birkhauser Verlag, s. 207-222

Deneylere göre, el ile aktif haptik dokunmada üç boyutlu nesnelere tanımlama başarısı yüksektir³⁵.

El, çok farklı ve ayrıntılı tutma kavrama hareketleri yapabilme yetisine sahiptir. Elin haptik dinamikleri de kullanımına göre değişiklik gösterir. Parmak uçları ince ayarlar, yüzey temasları ve hassasiyet içeren hareketleri gerçekleştirir. Örneğin dikiş dikmek. Parmaklar ve eklemlerin bir arada kullanılmasıyla kavrama eylemi gerçekleştirilir. Örneğin bir bardağı tutmak. Avuç içi ve parmakların tümünün kullanılması durumunda ise, güç kullanımı artar ve elin işlevi farklılaşır. Örneğin bir kapıyı açmak. Resim 2.1. elin kullanıma göre değişen haptik dinamiklerine ait bölgeleri göstermektedir.



Resim 2.1. Elin Haptik Dinamikleri. Parmak uçları hassas görevleri yerine getirmek, parmak boğumları kavramayı gerçekleştirmek, avuç içiyle kavrama (tüm el ile) güç uygulama gerektiren görevlerde devreye girer.

³⁵ Klatzky, R.; Lederman, S.; Metzger, V.; 1985, Identifying Objects by Touch, *Perception and Psychophysics*; 37(4), pp.299-302

Doğru bir haptik arayüz tasarlayabilmek için, anatomi ve fizyoloji bilgilerinden faydalanırken, elin hareketleri ile haptik dinamikleri de göz önüne alınmalıdır.

Ağız ve ağız çevresinde olduğu gibi elde de alıcılar (receptors) bedenin kalan bölümüne göre daha sık bulunmaktadır. Parmak uçlarında her santimetrekare başına 135 adete kadar alıcı bulunur ve deri yüzeyinin en hassas bölümlerinden biridir. Parmaklar cisimlerin yüzey dokularını algılamak için 10.000 Hz.lik titreşimlere kadar duyarlıdır. Salt teması tanımlayan dokusal (kutaneus) algılamada ise derinin duyarlılığı en fazla 250 Hz.'dir³⁶.

Parmaklar, frekans farkları 320 Hz.in üzerindeki iki güç sinyalini birbirinden ayırt edemez, bunlar yalnızca titreşimler olarak algılanır.

Sağlıklı bir birey rahatsızlık ya da yorgunluk hissetmeden işaret parmağı 7N.(newton), orta parmağıyla 6N. ve yüzük parmağı ile 4,5 N. güç uygulayabilir.³⁷

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü 'Dokunma Laboratuvarı'nda (MIT- Touch Lab) yapılan bir araştırmaya göre³⁸, derinin yüzey yapısı dokusal uyarım bakımından önemli özellikler içermektedir. 1mm.'den küçük bir şekli fark etmek için, yüzeyin parmak ucu ile taranması gerekir. Alıcılar deri yüzeyinin en sığ 0,7 mm. en derin ise 2 mm. altında yer alır³⁹.

Her bir parmak ucu dokunma ile ilgili yaklaşık toplam yaklaşık 2000 alıcı içerir. Her bir alıcı, beyine özelleşmiş sınırlı duyular gönderir ve beyin tüm bunları birleştirir.⁴⁰ Bu nedenle, parmak bir zımparanın yüzey dokusundaki *mikron* düzeyindeki farkı ayırt edebilir. Örneğin parmak ucu 3 mikron yüksekliğindeki bir noktacığın fark edebilir. Kıyaslamak gerekirse, bir saç telinin çapı yaklaşık 50–100 mikrondur. Noktacık yerine doku ile yapılan deneyde ise, 75 nanometre (75/1000 mikron) yüksekliğindeki pürüzlüğün fark edilebildiği tespit edilmiştir. El kadar tırnaklar da hassastır ve nesnelere tırnaklar sayesinde daha iyi *hissedilebilir*.⁴¹

³⁶ Chang, A., O'Modhain S., Jacobs, R. Gunther, E.; Ishii, H., ComTouch: Design of a Vibrotactile Communication Device çevrimiçi:

<http://tangible.media.mit.edu/content/papers/pdf/comtouchDIS2002.pdf> 22.12.2006

³⁷ Smith, C., "Human Factors in Haptic Interfaces"

³⁸ Srinivasan, M.; Biggs, J.; et.al., "Role of Skin Biomechanics in Mechanoreceptor Response" çevrimiçi: <http://touchlab.mit.edu>

³⁹ "Tactile Feeling Display" Çevrimiçi: www.alab.t.u-tokyo.ac.jp

⁴⁰ Wolkowicz, R., 2000, "Charting the Terrain of Touch", Smithsonian Magazine, vol.31, iss:3, s.44, http://touchlab.mit.edu/news/documents/Smithsonian_2000.pdf

⁴¹ A. g. y. s.44

Nesne farklı birkaç kanal yoluyla algılanmadıkça dokunma duyusu nesnenin biçimine karşı çok hassas çalışmaz. Örneğin, parmak bir yuvarlak kurşun kaleme bastırıldığında (pasif haptik algılama), altıgen bir kurşun kalem arasındaki farkı belirlemekte zorlanır. Ayrıca, kalemin üst kısmı, üç ya da dört parmak ucu ile hissedilirse, nesnenin biçimi birkaç farklı kanal yolu ile beyine aktarılır⁴².

Sinirlerden beyine aktarılan bilgi, elektrik itkisi ile ulaşır ve saniyede 100–150 feet'dir (30-45 metre). Acıya ait sinirlerde bu hız saniyede 3 feet (1,05 metre)'dir, bu nedenle elimizi yakmadan uzaklaştırmayız.⁴³

Deri altındaki kabartıların dokunmada oynadığı rolün ne olduğu pek bilinmemekle beraber en önemli rolünü bir nesneyi kavrarırken aldığı sanılmaktadır. Avuç içi ve parmakların iç derileri bir nesneye dokunurken, kabartılı yapısı nedeniyle gerçekte daha az bir yüzey ile dokunmaktadır. Ancak, parmak uçlarında bulunan çok sayıda salgı bezi, nemli olan elin, nesnelere daha iyi kavramasına neden olur.

İskelet yapısına göre, elin ana yapısını 20 kemik bölümü oluşturur. Eklemler yaklaşık 20 derecelik açı yapar, eli kontrol eden ön kol kasları 20 adettir. Elde ise 20 kas ve yaklaşık 20 sinir tipi bulunur ve bu sinirler beyinde son bulur.⁴⁴ Ancak hiç bir zaman elin hareketi bilekte son bulmaz, çünkü önkoldaki tendonlar eli hareketlerini kontrol eder.

Massachusetts Teknoloji Enstitüsü Dokun Laboratuvarında (*MIT Touch Lab*) yapılan bir araştırmaya göre ise⁴⁵, dalgalı yüzeylerde, dışbükeyliğin uyandırdığı sinirsel karşılığın kodlandığı, içbükeyliğin ise hiç karşılık uyandırmadığı tespit edilmiştir. Yumuşaklığın kodlanması ise, biçimlendirilmiş yüzeye dokunmaya göre ön plana çıkar. Çünkü yumuşaklık, daha önceki deneyimler ve birikimler nedeniyle doğrudan dokunmayla hızlı bir şekilde algılanabilir.

2.2. EL İLE NESNE TANIMLAMA SİSTEMLERİ VE STEREOGNOZİ

İnsanlar gündelik nesnelere malzemesi, şekli vb. ipuçlarını haptik olarak tanımada oldukça başarılıdır. Nesnelere bakmadan elle dokunarak dokusu, şekli, büyüklüğü

⁴² Murrell, K.F.H., "Ergonomics-Man in His Working Environment", Chapman and Hall, Londra,1979, s.80

⁴³ Wolkowicz, R., "Charting the Terrain of Touch", s.42

⁴⁴ A.g.y. s.42

⁴⁵ Srinivasan, M.; Biggs, J.; et.al., "Role of Skin Biomechanics in Mechanoreceptor Response" çevrimiçi: <http://touchlab.mit.edu>

gibi özelliklerini tanımlayıp algılayarak ne olduğunu anlaması durumuna *Stereognozi*, bu yetinin beynin ilgili bölgesindeki bir bozukluğa bağlı yitimine ise *Astereognozi* denir.

Bu beceri gündelik hayatta sayısız defa ve bir çok durumda kullanılmaktadır. Örneğin, çantaya bakmadan cüzdan, anahtar ya da bir ruj rahatlıkla ayırtedilebilmektedir. Karanlıkta ve *alışık* olunan bir yerde tanıdık nesnelere, çalar saat, fincan, bardak gibi, erişilebilmektedir.

Diğer yandan dokunulan noktaların algılanması, vücudun çeşitli bölgelerine göre değişir. İki nokta uyarısının birbirinden ayrı olarak algılanabilmeleri için aralarında bulunması gereken en küçük uzaklığa '*İki Nokta Eşiği*' denir. Bu uzaklıklar dil ucunda 1 mm., parmak uçlarında 3-6 mm., avuçlar ve ayak tabanında 15-20 mm., el ve ayak sırtlarında 30 mm. ve gövdede ise 40-70 mm.'dir⁴⁶ (örneğin sırtta 65 mm.).

İki noktanın arasındaki uzaklığın verilen ölçülerden yakın olması durumunda, dokunma noktaları birbirinden ayırtedilemez.

İnsanın stereognozide ya da görmeyele birlikte elle nesne tanımada yetkinliğinin kayda değer olduğu saptanmıştır. Yapılan bir deneye göre⁴⁷, gözleri kapatılan denekler 100 adet gündelik nesneyi elleri ile %96 ila %99'luk doğruluk payı ile tanımlanmıştır. İnsanın 100 nesnenin 38'ini 1 sn., 25 adedini 2 sn., 10 adedini ise 3 sn. içinde doğru şekilde tanımlanabildiği saptanmış ve sonuçlar yüksek performans olarak kabul edilmiştir.

“El ile bir nesneyi tanımlama”da üç sistem kullanılmaktadır⁴⁸:

- **Duyusal sistem (Sensory system):** Dokunma, ısı, doku, elin ve parmakların duruşları ile hareketleriyle oluşan deriye ait duyumsama.
- **Motor sistem:** Parmak ve ellerin hareketleri
- **Bilişsel sistem:** Nesneyi tanımlamak için duyuşsal ve motor sistemler (hareket etme, kinestezi gibi) tarafından sağlanan bilgilerle ve bunlarla ilgili zihinsel durum.

Bir başka çalışmaya göre, elin iki 'haptik-alt sistemi' bulunmaktadır⁴⁹:

⁴⁶ çevrimiçi: http://tip.erciyes.edu.tr/Ders_Notlari/DahiliTip/Noroloji/A_Ozdemir_Ersoy/ders.htm

⁴⁷ Lederman, S; Klatzky, R.; Metzger, V.; 1985, Identifying Objects by Touch: an Expert System, *Perception&Psychophysics*, 37(4), 299-302

⁴⁸ Goldstein, Bruce; Sensation and Perception; 1999; 5th Edition Brooks/Cole Publishing Company, pp.424-426,(kaynak: Koç Üni. Dr. Çağatay Başdoğan, Makina Müh. Bölümü öğr. üyesi)

⁴⁹ Lederman, S; Klatzky, R.; Metzger, V.; 1985, Identifying Objects by Touch: an Expert System, *Perception&Psychophysics*, 37(4), 299-302

- **Duyusal alt-sistem:** Deriye ait ısısal ve kinestetik alıcılar (öneriye göre acı/ağrıyı içermez)
- **Motor alt-sistem:** Aktif olarak elle kavrama ve nesneyi hareket ettirme.

Bir nesneyi tanımlama oldukça karmaşık bir süreçtir. Çünkü bu üç sistem birbirleri ile bağlantılı çalışır. Örneğin el ve parmak hareketlerini kontrol eden motor sistem, buralardaki deriye ait hisler; nesneyi tanımlamak için, nesne ile hangi bilgilerin kullanılacağına dair bilişsel süreç tarafından yönlendirilmektedir.

2.2.1. Nesne Tanımlama Süreçleri ve El ile Keşfetme

Nesne tanıma ile ilgili yapılan önemli bir araştırmada⁵⁰, nesnelerin görsel algılaması süreci ile, nesneyi dokunarak tanımanın bilişsel süreci arasındaki ilişki vurgulanır. Son yıllarda; görme ile edinilen nesne bilişinin ilk aşamaları, şekillendirilmiş kenarları olan bir formun uzamsal bilgilerinin ayrıştırılması süreci ile ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Lederman ve Klatzky⁵¹, Biederman'ın, örneğin, *geon* olarak bilinen bir dizi ilkel hacimlerin varlığını ileri sürdüğünü belirtir. Biederman'a göre gündelik nesnelere birkaç *geonun* uzamsal sentezleri ile temsil edilir (bu durum görece *boyut* ve *konum* gerektirir). Boyutlandırılmış ve uygun şekilde ayarlanarak bir araya getirilmiş birkaç *geon*, tanıdık herhangi bir nesne elde edilmesi için yeterlidir. Diğer yandan *geon* teorisinin daha çok görmeye dayalı kenar tanımayı kapsadığı belirtilir. *Geon* gibi ilkel hacimlerin bir araya getirilmesi yöntemine benzer yöntemle (uzamsal sentezleme ve biçimlendirilmiş kenarlar), nesnelerin haptik bilişsel tanımlamalarına uygulanabilirliği ortaya çıkan yeni bir sorudur. Dolayısıyla haptik sistem, kenarları olmayan nesne tanımlamada yetersiz kalmaktadır. Özetle, kenar bilgileri haptik duyuyu tamamlayan unsurdur.

Lederman'a göre bir nesnenin kenarları iki tür bilgi verebilir⁵²: *Yoğun bilgi* ve *Uzamsal bilgi*. Eğer düzgün bir yüzeyde kenarlar algılanıyorsa (yoğun bilgi), yön bilgisi de kazanılabilir (uzamsal bilgi). Kenarlara ait yoğun bilgiler, dokunmayla hızla algılanırken, uzamsal bilgilere kısmen ulaşamaz. Bu bakımdan yön ve yönelim de haptik bilginin tamamlayıcı unsurlarındandır.

⁵⁰ Lederman, S.; Klatzky, R.; 2005, Haptic Identification Of Common Objects, 2004, *Perception and Psychophysics*; 66(4), pp.618-628

⁵¹ Lederman S., Klatzky R., 2003, The Haptic Identification of Everyday Life Objects , *Touching for Knowing*, , Eds. Hatwell, Yvette, Streri, Arlette; Gentaz, Eduard; John Benjamins B.V. Yayını pp.105-121

⁵² A.g.e.

Klatzky; 1993 yılında yaptığı çalışmasında⁵³ uzamsal bilgileri kullanarak nesne tanımlamayı denedi ve bazı koşullar yarattı. Bu koşullar, nesnenin doku, ısı ipuçlarını ortadan kaldırmak üzere eldiven giymek ve nesnelerin sabitlenmesi ile (ağırlık ve hareketli parçaların hareket potansiyellerini ortadan kaldırmak üzere) sağlandı. Denekler sabitlenen nesnelere önce kılıf giydirilmiş tek parmakları ile, ardından eldiven giyerek ellerinin tümü ile tanımlamaya çalıştılar. Tek parmak ile doğruluk payı %74, cevap zamanı 45 sn.; tüm elin eldivenli olma halinde ise doğruluk payı %93 ve cevap zamanı 16 sn.'dir.

Klatzky çalışmasında “İnsanlar niçin bazı durumlarda haptik kavrayışta düşük performans gösteriyorlar?” sorusunu iki nedenle açıklar: Birinci neden, parmak uçları ile kenar tanıma süreci, görme ile kıyaslandığında parmak uçlarının uzamsal çözümleme kapasitesi ile sınırlı olmasıdır. İkinci neden ise, birinciye bağlı bir nedendir. Kişinin 2 boyutlu örüntüleri ve 3 boyutlu nesnelere tanımda kullandığı haptik uzamsal uygulamalarda zorlanmasıdır.

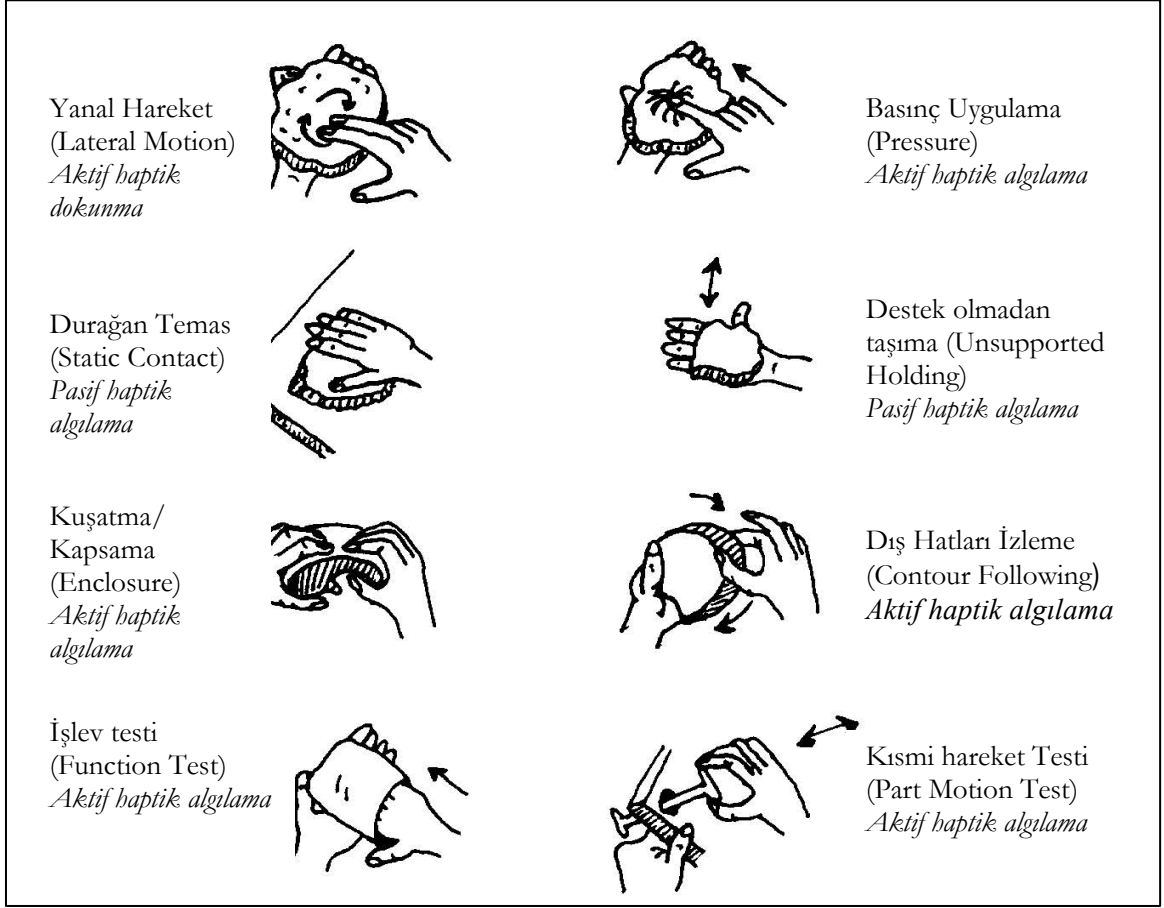
Yukarıdaki teoriler ve psikofiziksel araştırmalar, kişilerin sadece dokunma ile çoğu nesneyi bir ya da birkaç saniye içinde tanımlayabildiklerini göstermektedir. Lederman ve Klatzky'nin yaptığı bir başka önemli araştırmanın sonucuna göre⁵⁴, insan eliyle nesne tanımlamaya çalışırken belli hareketler yapmaktadır. Bu hareketlere ‘**Keşif Amaçlı İşlemler**’ (Exploratory Procedures-EP) adı verilmiştir. Araştırma, haptik ve dokunma duyuları ile yapılan çalışmalara temel olacak niteliktedir ve önde gelen araştırmalardan biridir.

Tanımlanan EP hareketleri sekiz gruba ayrılmaktadır:

- 1- Yanal/yana doğru hareket (*Lateral Motion*)
- 2- Basınç uygulama (*Pressure*)
- 3- Kuşatma-Kapsama (*Enclosure*)
- 4- Dış hatları izleme (*Contour Following*)
- 5- Durağan temas (*Static Contact*)
- 6- Destek olmadan taşıma (*Unsupported Holding*)
- 7- İşlev testi (*Function Test*)
- 8- Kısmi hareket testi (*Part Motion Test*)

⁵³ Klatzky, R.; 1993, Haptic identification of objects and their depictions, *Perception&Psychophysics*, 54(2), 170-178, http://www.psych.ucsb.edu/~loomis/klatzky_93.pdf

⁵⁴ Lederman, S.; Klatzky, R. L., 1987, Hand Movements: A Window into Haptic Object Recognition. *Cognitive Psychology*, 19, 342-368, <http://psycserver.psyc.queensu.ca/lederman/048.pdf>



Resim 2.2. Lederman ve Klatzky'nin belirlediği 'El hareketleri: Keşif amaçlı İşlemler'

Bunların arasından, en çok kullanılan dört ana hareket, *Yanal hareket, basınç uygulama, kuşatma/kapsama hareketi ve dış hatların takibi* hareketleridir. Bunlardan üç boyutlu kavramayı sağlayan kuşatma/kapsama hareketiyle bir nesneyi tanımlama, dış hatları takip ederek tanımlamaya göre 2 sn. daha hızlı işlemektedir.

El ile yapılan keşif amaçlı işlemlerin her biri nesnedeki farklı özellikleri tanımlamaya yöneliktir:

1- *Yanal Hareket (Lateral Motion)*: Doku tanımlama için önerilmiştir. Nesne yüzeyi ile deri arasındaki yan hareketleri içerir (örneğin; sürtme, sürtünme). Tipik olarak, parmaklar yüzeyin üzerinde kısa aralıklarla ileri geri sürterek kenar yerine yüzeyler araştırılır.

2- *Basınç Uygulama (Pressure)*: Katılık/sertlik tanımlama için önerilmiştir. Nesnenin parçasına uygulanan kuvveti ya da döndürme hareketini içerir. Bir parçayı itirme, sokma/çekme ya da parmaklar veya elin uyguladığı kuvvetler olarak gözlenir (daktilo/klavye kullanma, bir düğmeye basma vb.).

- 3- Kuşatma-Kapsama (Enclosure): Nesnenin genel biçimini, hacmini algılamayı sağlar. El, nesnenin dış kabuğu ile mümkün olduğu kadar geniş temastadır. Çoğunlukla elin nesnenin kıvrımlarına hassas bir şekilde yerleşme çabası gösterdiği görülür. Durağan kuşatma durumlarında elin nesneyi farklı şekillerde tutma çabası izlenir.
- 4- Dış Hatları İzleme (Contour Following): Nesnenin tüm formunun ve hacminin algılanmasını içerir. El, nesnenin kontürleri (dış hatları) üzerinde *dinamik temas* kurar. Hareketler tipik olarak yumuşaktır ve nesnenin dış hattının bir bölümünü tanımaya çalışırken kendini tekrarlamaz. Dış hat bittiğinde durabilir ya da hızlanabilir. Hareketler homojenlik göstermez.
- 5- Durağan Temas (Static Contact): İsmi algılanmasını içerir. Nesne bir zemin üzerinde ya da diğer el ile desteklenerek dokunur. Temas kuran el nesneyi taşımaz, pasiftir, üzerinde durur.
- 6- Destek Olmadan Taşıma (Unsupported Holding): Ağırlık tanımlama için önerilmiştir. Nesne onu destekleyecek herhangi bir yüzeyden ya da bir diğer elden bağımsızdır; el kavrama ya da benzeri hareket olmaksızın sadece taşır. Tipik olarak, kolda ya da bilekte ağırlık oluşur.
- 7- İşlev Testi (Function Test): Belli işlevlerin yapılabildiği hareketleridir. Parmak oyukta ya da girintide gezinir, el ya da parmak bir iç haznenin içine girebilir, çalışan parça ses çıkarabilir, kıskaç vb. varsa el veya parmakla yoklanabilir.
- 8- Kısmi Hareket Testi (Part Motion Test): Bu keşif amaçlı işlem, yalnızca nesnenin hareketli parçasına uygulanır. Duran parçaya kuvvet uygulanır ya da aksi yönden gelen kuvvete karşılık verilerek tanıma işlemi gerçekleşir.

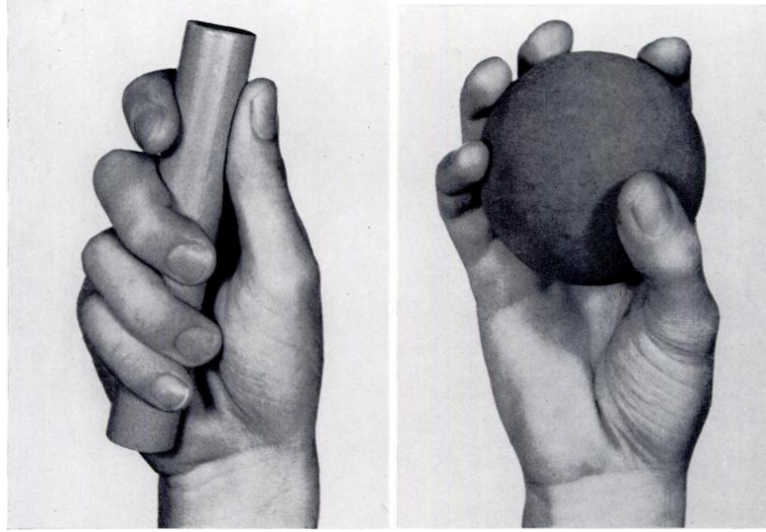
Gerçek bir nesne; malzemesi, yüzeyinin pürüzlülüğü, ısıl özellikleri (iletkenliği) gibi ulaşılabilir bilgiler içerir. Nesnenin malzeme özellikleri, biçiminden genellikle bağımsızdır ancak ağırlığı ayrı değerlendirilmelidir (Ağırlık; nesnenin hacmi ve yoğunluğun bileşimi kabul edilir).

2.3. KAVRAMA: EL VE ZİHİNSEL KAVRAMA

Beyin büyüklüğü ve elin çok yönlü yeteneği insanı diğer canlılardan ayırır. *Kavrayan* insan, biyologların hemfikir olduğu birbirine bağımlı ve ayrılmaz iki bileşene dayanır: İlk bileşen bedenin evrimi, özellikle uzuvlardır; ve ikinci bileşen zekanın gelişmesidir⁵⁵.

2.3.1. Nesne Tutma ve Kavrama biçimleri

Napier'e göre⁵⁶, nesneyi kavrama temel olarak ikiye ayrılır (Resim 2.3):



Resim 2.3. Kavrama biçimleri: Güç ile kavrama (solda), Hassas kavrama (sağda).

- 1- Güç ile Kavrama (*Power Grip*): Elin tüm parmaklarını kullanmayı gerektiren bir kavrama biçimidir.
- 2- Hassas Kavrama (*Precision Grip*): Temelde en az üç parmakla kavrama biçimidir. İşaret parmağı ve orta parmakla beraber baş parmağın kullanımını gerektirir. Bileğin konumu ve hareketi nedeniyle kaslar güç ile kavrama (power grip) biçimine göre daha az kasılır.

⁵⁵ Aicher, O.; Kuhn, R., 1987, *Grieffen und Griffe*, FSB (Franz Schneider Brakel), Verlag der Buchhandlung, s. 12

⁵⁶ Napier, J.R., 1956, The Prehensile of the Human Hand, *Journal of Bone & Joint Surgery*, British Volume 38B, Nov., s. 902-913; <http://www.jbjs.org.uk/cgi/reprint/38-B/4/902.pdf>, 14.12.2007

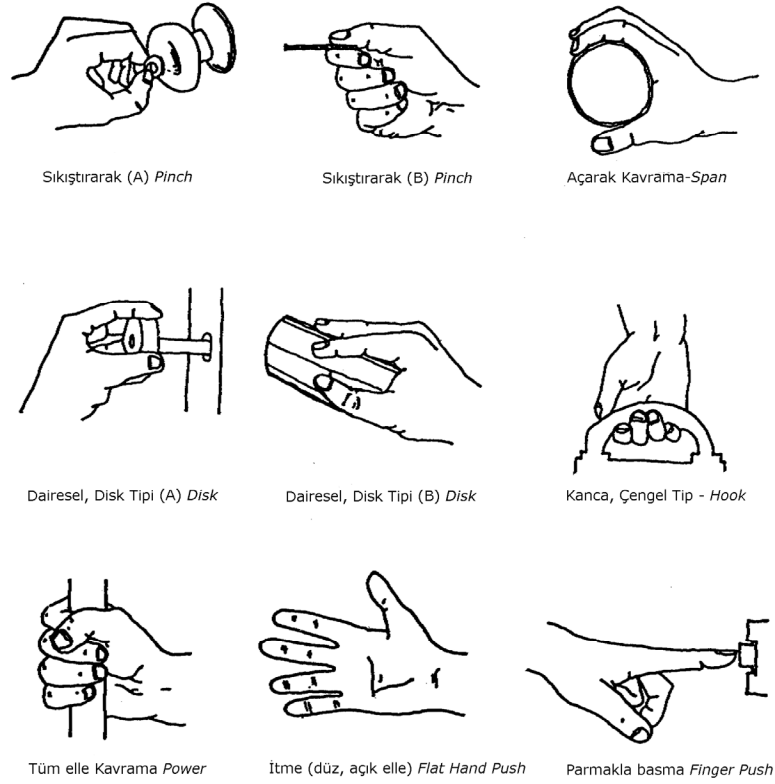
Kroemer, bu iki temel kavrama biçimlerini ve elin yapısını temel alarak ‘kavrama’ya ait bir başka sınıflandırma önerir. Aşağıdaki tablo kavramanın örnekleriyle birlikte tanımlarını göstermektedir⁵⁷:

Tablo 2.1. Kroemer’in el ile kavrama tipleri.

Temas	Kavrama tipi	Tanım	Kullanım
Parmak	Parmakla	Yüzeyde tek parmak; parmak itip içeri sokuyor ya da dayanmış	Basarak çalışan düğmeler ya da dokunmatik ekranlar
Avuç	Avuç içi ile	Yüzeyin üstünde avuç	Zımpara kağıdı kullanmak, zımpara yapmak
Parmak+avuç	Kanca (çengel tip)	Nesnenin yüzeyi ve avuç karşılıklı, parmaklar kanca şeklinde nesnenin etrafını sarmış	Bir kolu (manivelayı) itmek, çekmek
Başparmak+parmak ucu	Uç	Başparmak ve herhangi bir parmak ile tutulmuş nesne	Dikiş iğnesi kullanmak
Başparmak+parmak+avuçiçi	Sıkıştırma (çimdikleme)	Nesne avuca degecek şekilde ve başparmak ile parmaklar arasında kavranmış	Tornavida başını bir vida üzerine konumlandırma
Başparmak+işaret parmağı	Yan taraftan (lateral)	Başparmak ve işaret parmağı arasında tutulan nesne	Cımbız kullanmak
Başparmak+iki parmak (dıştan)	Kalem tipi	İki parmak tarafından sıkıştırılmış ve başparmağa yerleşmiş nesne	Kalem ile yazmak
Başparmak+iki parmak (içten)	Makas tipi	Sapın içine yerleşmiş parmaklar ve başparmak	Makas ile kağıt kesmek
Başparmak+parmak ucu	Dairesel (disk tipi)	Başparmak ve parmak uçları nesneyi dışından çevrelemiş	Bir şeyi boynundan tutmak
Parmak+avuç	Halka tipi	Nesne avuç üzerinde ve parmaklar ile çevresi sarılmış	Bir yumurtayı tutmak
El (tümü)	Güç	Nesne avuç içinde ve parmaklar ile çevresi sarılmış	Bir testere ya da çekici tutmak

⁵⁷ Baber, C.; *Cognition and Tool Use*, 2003, CRC Press, s. 78

Kroemer'in kavrama tipleri (Tablo 2.1.); Napier'in sınıflandırmasına göre (Resim 2.3.) değerlendirildiğinde, son satırdaki ifadenin 'Güç ile kavrama'yı, diğerlerinin ise 'Hassas kavrama'yı işaret etmektedir. Buna göre, *hassas kavrama* kendi içinde farklılık göstererek çeşitlenmektedir.



Resim 2.4. Kroemer'in kavrama tiplerine göre bazı örnekler.

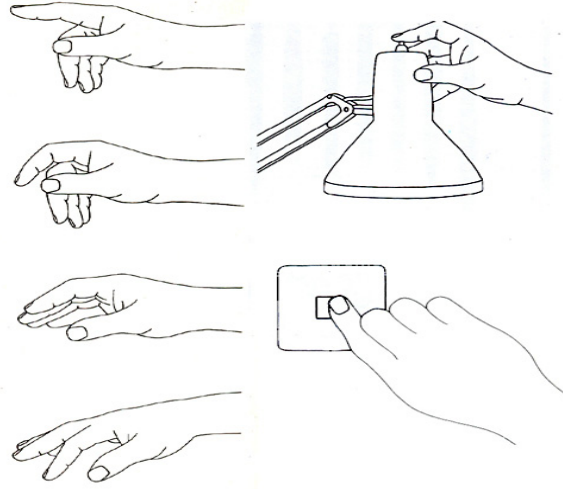
Kuhn ve Aicher'in araştırmasına göre⁵⁸ ergonomi, tutmayı üçe ayırarak inceler:

- Temas ederek tutma
- Yakalarak tutma
- Kavrayarak tutma.

2.3.1.1. Temas ederek tutma (Kontaktgriffe):

Açık bir tutuştur. Elin temas organı olarak adlandırılan bazı bölümleri, kullanılan aletin/aracın üzerinde yatar. Tutma, tüm el veya ayrı ayrı parmaklarla yapılabilir. Tercih edilenler çoğunlukla yüksek hareket yeteneği nedeniyle işaret parmağı ile kuvveti nedeniyle baş parmağıdır.

⁵⁸ Aicher, O.; Kuhn, R., 1987, *Greifen und Griffe*, FSB (Franz Schneider Brakel), Verlag der Buchhandlung, s.19-21



Resim 2.5. Temas ederek tutma (*Kontaktgriffe, Contact grip –tactile-*)

Tek parmakla temasta (tipik örnekler: daktilo ile yazma, basılarak çalıştırılan şarjterleri harekete geçirme, telefon numaratorünü çevirme) organ olarak yalnızca parmağın son bölümü görev yapar (Resim 2.5.). Dokunan kısım parmak ucu veya daha geniş alanlı bombeli bölümdür.

Elin temas etmesinde ise iç bölümü (avuç içi) büyüklüğü ve sağlamlığı sebebiyle bağlantı görevini üstlenir (tipik örnek: mantar başlı, topuzlu bir şalterin harekete geçirilmesi). Daha çabuk ve özenli görevler için elin kenarları uygundur.

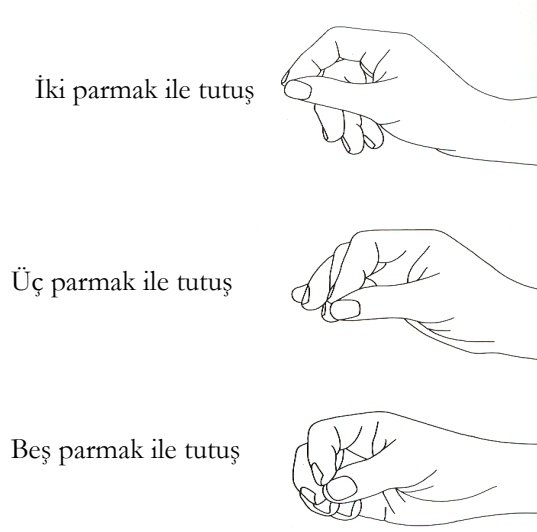
2.3.1.2. Yakalayarak tutma (*Zufassungsgriffe*):

“Yakalayarak tutma” kapalı bir tutuştur. Bağlantı organları kullanılan araca (alet) birçok noktada temas eder. İki, üç, veya beş parmakla, hatta tüm el ile yapılabilir (Resim 2.6).

İki parmaklı tutuşta (tipik örnek: anahtarı çevirmek) baş ve işaret parmakları görev yapar. Bu sırada baş parmak, işaret parmağının uç bölümüne ya da daha fazla bir kuvvet iletebilmek için çapraz konumdaki orta bölüme kuvvet uygular.

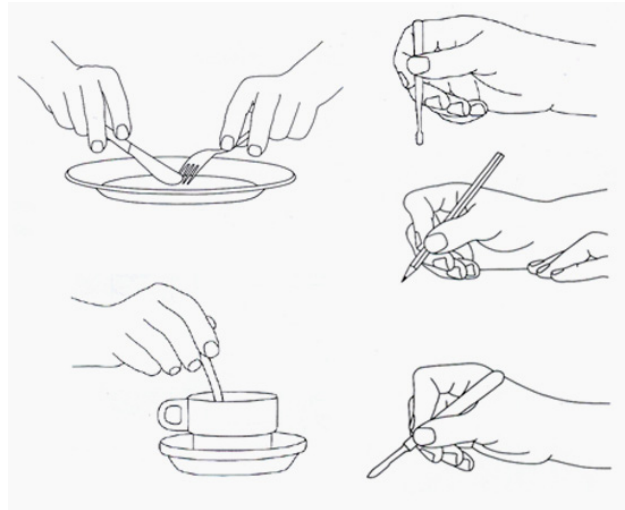
Üç parmaklı tutuşa (tipik örnek: yazmak veya çizmek) baş, işaret ve orta parmak katılır. Kullanılan aletin (aracın) hareketli veya statik oluşuna göre, burada da farklı durum olabilir. Parmakların hareketsiz olduğu durumda, işaret parmağının üç bölümü de temas eder. Kullanılan alet, bilek ile hareket ettirilir. Çabuk ve dinamik parmak

hareketleri için başparmak, işaret parmağı ve orta parmağın son bölümü (baş parmağın dayandığı kısmı desteklemek için) tercih edilir.



Resim 2.6. Yakalayarak tutma (*Zufassungsgriffe- Presicion Grip*)

Beş parmak ile tutuşa (tipik örnek: spatula, mala, elektrikli traş makinesi) aletin kalınlığı ve karşı konulması gereken kuvvetin büyüklüğüne göre bir, iki, üç veya tüm parmaklar eşlik eder. Baş parmak diğer parmalara karşı güç kullanır.

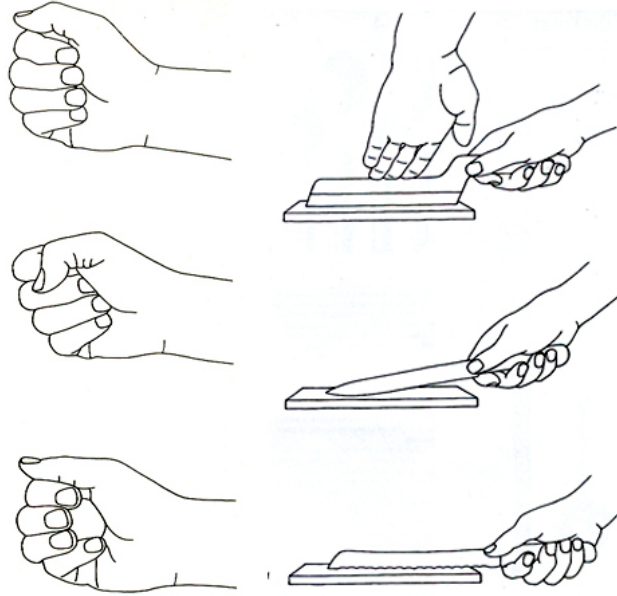


Resim 2.7. Yakalayan tutma örnekleri.

Tüm el ile tutuşta (tipik örnek: pense veya iki kollu aletler) parmakların bütün bölümlerinin temas ettirilmesi mümkündür. Baş parmak karşı çıkmaz. Temas alanı olarak daha çok baş ve işaret parmağının bombeli bölümleri görev yapar. Bu sayede daha büyük kuvvet iletilir.

2.3.1.3. Kavrayarak tutma (Umfassungsgriff):

Kavrama, kapalı bir tutuştur. Yakalayarak tutmadaki tutuş bölgelerinin noktasal temasına karşın, kavrayarak tutuşta elin bölgeleri tümüyle kullanılan araca (alete) yaslanır (Resim 2.8.). Kavrama iki, üç, dört parmak ya da tüm el ile yapılabilir. Tanımlamadan da anlaşılabilceği gibi parmak bölümlerinin tamamı katılır.



Resim 2.8. Kavrayarak tutma (Umfassungsgriffe- Power Grip) ve örnekler.

İki parmak ile kavramada (tipik örnek: simetrik rotasyonlu aletlerin döndürülmesi) en hareketli ve en iyi adalelerle donatılmış baş ve işaret parmağı ortak çalışır. Baş parmağın kıvrıldığı bölüm ayrıca yatak görevi yapar.

Üç parmaklı kavramada (tipik örnek: kaloriferin dairesel vanasını çevirmek) baş ve işaret parmağına orta parmak da katılır. İki parmaklı kavramaya göre üstünlüğü daha fazla güç iletebilmektir.

Dört parmaklı kavramada (tipi örnek: rendeleme, oyma bıçağı kullanma) kıvrılmış, çengel şeklini almış parmaklar alete hedeflenmiştir, odaklanmıştır. Parmakların bir araya geldiği bölümün karşısı açıktır.

Tüm el ile kavramada (tipik örnek: çekiç tutma) baş parmak da tamamen kapanır. Bu tip kavramanın karakteristik yönü avuç içinin katılmasıdır. Bütün parmaklara eşit miktarda yük biner. Tüm eklemler ve bilekten optimal faydalanılır.

Ele kavrayarak tutma, insan elinin anatomisine en uygun olan temel tutma biçimidir ve bu tutuşla büyük kuvvet uygulanabilir. İnsan bu tutuşu, vücut ağırlığını dengede tutmak zorunda kaldığı zaman (örneğin düşme anında) içgüdüsel olarak kullanır.

Tüm eli kullanarak bir sapa uygulanan gücün miktarı, kavramanın tipine göre değişir. Buna göre, yanal uygulanan güç ile kavramada (*transversal power grip*), bir yetişkin kadın yaklaşık 400N (newton) güç kullanabilir; diğer yandan nesneyi çok sayıda parmakla ya da yan tarafından sıkıştırarak yakaladıysa bu güç 100N'a, yalnızca sıkıştırdıysa 40N'a kadar düşer. Kavrama sırasında, farklı kaslar kavramayı desteklemek üzere devreye girer ve kavramanın tipine göre harcadıkları güç miktarı değişir. Örneğin, enine güç uygulayarak yapılan kavramada önkol kasları devreye girer ve kavramanın gücünü artırır.

Baş parmak ve işaret parmağı ile sıkıştırarak tutmada ise öncelikle eldeki kaslar kullanılır. Önkol kas gruplarının kullanımı, bilek ve önkol civarında gerilim oluşturur; ancak parmak kasları grubunun kullanımı (düğmeye basmak gibi) bileği gevşek ve esnek bırakır; bu nedenle daha hassas ve kontrolü kolay hareket edilebilir. Farklı bir çok hareketin yapılabilmesi kas gruplarının çeşitliliğini göstermektedir.

Önkol kasları elle tutma ve kullanmada başarıyı artırır. Önkol kasları sıkı tutmada, ileriye doğru itmekten daha başarılıdır. Örneğin, bu kaslar bir çivi kesicisinin saplarını birbirine bastırmakta kullanılabilirken, tekrar açmak üzere elin yapısına güvenmek yerine, araya bir yay koymak önerilir (parmaklar ile açma-kapama).

2.3.2. Zihinsel Kavrama ve Bilişsel Süreç

Haptiğe bilişsel bakış ve bu bakışın eylemlerle bütünleştirilmesi derin araştırmalar gerektiren bir yol olarak görülmektedir. *Algılamanın öznelliği ve davranış biçimlerinin çeşitliliği* bu yönde değerlendirmeler yapılmasını güç kılmaktadır. Çevreyi oluşturan ürünlerden yola çıkarak çeşitli davranışlar geliştirilir ve içinde bulunulan çevreyle bağlantılı olarak belli beklentiler içine girilir. Buna ek olarak, insan çoğunlukla öğrenme sürecini aktif olarak hatırlayıp tanımlayamaz. Davranışlar alt bilinç düzeyinde oluşur; nesnelere yaklaşım biçimini belirler. Nesne, hafızada depolanan farklı temsillerin arasında kıyaslanarak aranır ve ardından tanımlanır.

Başdoğan ve bazı araştırmacılara göre⁵⁹⁻⁶⁰, bilim dünyasında haptik duyuyla ilgili sayıları giderek artan çalışmalar, özellikle algısal ve bilişsel yönleri üzerine yoğunlaşmaktadır. Bu yönlerin zaman içinde tanımlanmasıyla, edinilen deneyimlerin, öğrenilen davranışların nedenleri de anlaşılacaktır. Beynin çalışma sistemine dair mevcut bilgiler sonraki bölümlerde ele alınmıştır.

2.3.3. Hafıza Türleri ve Beynin Depoları

Dokunmaya dair duyuusal bilgiler, kutaneus (deriye ait) ve proprioseptif (derin duyu) alıcılar aracılığıyla merkezi sinir sistemine iletilir⁶¹. Bu bilgiler haptik bilgiler olarak beyne aktarılır. Beyindeki hafızaya işlenerek tekrar kullanılmak üzere saklanır.

Temel olarak insanın *hafızalama işlemleri* üçe ayrılır⁶²:

- 1- Kodlama- Encoding (bilgiyi bir depoya koyma)
- 2- Saklama/Depolama- Maintenance/Storage (bilginin “canlı” kalması)
- 3- Çağırma - Retrieval (kodlanmış bilgiyi bulma)

Beyinde hafızalama işlemlerinin gerçekleştiği üç farklı depo ve bunların alt depoları bulunur⁶³:

1- Duyusal Bilgi Deposu - The Sensory Information Store (SIS):

Duyular tarafından iletilen bilgilerin işlendiği depolardır (koku/tat, işitme gibi...).

2- Kısa Süreli Hafıza Deposu - The Short-term Store (STS):

Duyusal hafızadan iletilen bilgilerin bilince aktarılması ya da farkındalığın oluştuğu yerdir. 30 saniyeye kadar çalışır. Kapasitesi sınırlıdır. Yaklaşık 5 ila 9 adet bilgi

⁵⁹ Başdoğan, Yrd.Doç.Dr. Çağatay, 19 Haziran 2007, Kişisel görüşme.

Koç Üni. Makina Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi.

İnsan-makine arayüzleri alanında kontrol sistemleri ve özellikle haptik bilimi, bunların yanı sıra biomekanik, mekatronik, fizik temelli modelleme ve simülasyon, 3 boyutlu bilgisayar grafiği ve sanal gerçeklik teknolojileri ile ilgilenmektedir. Koç Üniversitesi öğretim üyesi kadrosuna katılmadan önce NASA Jet Tepkili İtme Araştırmaları Laboratuvarı'nda teknik eleman olarak 1999-2002 yılları arasında görev aldı. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Elektronik Araştırmaları laboratuvarında görev yaptı ve araştırma grubunun lideri olarak çalışmalarına devam etti. Aynı sıralarda “MIT Dokunma Laboratuvarı (MIT TouchLab)” ve “Duyusal İletişim Grubu” üyesi olarak bulundu. “Haptik bilimi”, “robotics” ve “el ile kavrama” alanları üzerine çalışmalar yapan, önde gelen bilimadamı Prof. Mandyam Srinivasan'la birlikte çalıştı ve çeşitli makaleleri yayınlandı. Çalışmalarını özellikle sanal ortamda haptik duyumsama üzerine çeşitli algoritmalar yazarak sürdürmektedir. Görüşme notları:

⁶⁰ Henson, B.; Thumfart, S.; Eitzinger, C.; González, D.; López, V.; 2006, Synthesis of Haptic Textures Transmitting Predetermined Feelings and Emotions,

⁶¹ Gentaz, E.; 2003, General characteristic of the anatomical and functional organisation of cutaneous and haptic perception, *Touching for Knowing, Advances in Consciousness Research*, vol 53, eds: Hatwell, Y.; Streri, A.; Gentaz, E., John Benjamins Publ. s.18

⁶² <http://human-factors.arc.nasa.gov/cognition/tutorials/ModelOfKnowmore1.html> , Human Memory, 21 Eylül 2006

⁶³ <http://allpsych.com/psychology101/memory> , Psychology 101-Chapter 5, 21 Eylül 2009

hatırlanabilir (7 ± 2). Dakikada iki kez konsantrasyon kaybı olur. Bu hafıza zihin egzersizleri ile geliştirilebilir.

Kısa süreli hafızanın iki alt fazı bulunur:

- Çalışan/işlem yapan hafıza (*Working Memory*): Kısa süreli hafızanın izin verdiği ölçüde çalışır.
- Yer Değiştirme (*Displacement*): Kısa süreli hafıza dolduğunda yeni bilgi ilişkili eski bilgilerin yerini alır.

3-Uzun Süreli Hafıza Deposu- *The Long-Term Store (LTS)*

Diğer iki hafıza depolarının aksine kalıcı bilgiler içerir. Kapasitesi sınırsız kabul edilmektedir öte yandan tamamı kullanılamamaktadır. Alt kategorileri şu şekildedir:

- *Bildirim Deneyimi Hafızası (Declarative Memory)*: Gerçekleri, yaşanan olayları, çevredeki bilgileri içerir. İki alt hafızayı barındırır:

Semantik Hafıza: Kelimeler, kavramlar, matematiksel kabiliyet ve bunların anlamları gibi olgulara dayanan bilgileri içerir.

Epizodik Hafıza: Olaylar ve durumlara ait hafızalamayı içerir. Dışsal yerine içsel bilgileri içerdiğinden bazı bilimadamları tarafından hafıza türü olarak kabul edilmez. Diş fırçalamak, ismini yazmak, ya da göz kaşımak kolaylıkla düşünmeden gerçekleştirilir çünkü hareketler daha önce kaydedilmiştir, bu nedenle kolaylıkla *geri çağrılır*.

- *Örtülü Hafıza (Nondeclarative or Implicit Memory)*: Alışkanlıkları, kapsamlı uygulamaları, koşullanmaları içerir.

2.3.4. İnsanın Duyusal Hafızası ve Girdilerin İşleme Konması

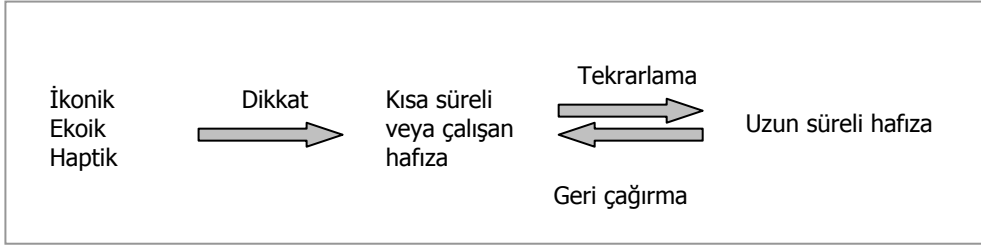
İnsanda duyusal hafıza üçe ayrılır⁶⁴:

- İkonik (Iconic) hafıza (görme bağlamında)
- Ekoik (Echoic) hafıza (duyuma bağlamında)
- Haptik (Haptic) hafıza (dokunma bağlamında)

Duyusal hafıza kısa süre ile çalışan hafızadır. Duyu kanalları yolu ile girdilerin hafızaya ulaşma süresi yaklaşık 70ms.'dir. Bilginin bozulma süresi 200ms.'dir. Algı

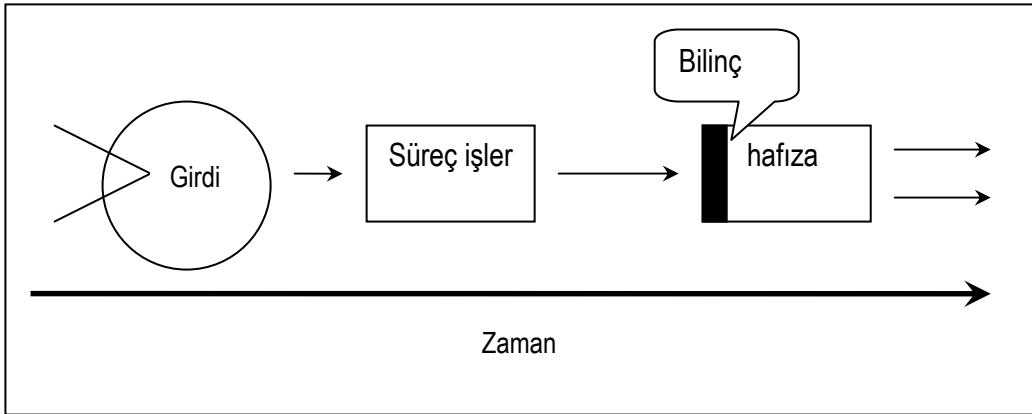
⁶⁴ Griffiths, R., The components of memory, Ders notları, Brighton Uni.
<http://www.it.bton.ac.uk/staff/rng/teaching/notes/Memory.html> aralık 2006

kanalları beyinde ayrı kaydedilir. Girdilerin duysal hafızaya işlenmesi Şekil 2.1. de sunulmuştur⁶⁵.



Şekil 2.1. Girdilerin temel olarak duysal hafızaya işlenişi.

Çevreden gelen uyanların hafızaya girdiler olarak işlenmesinin ardından bilinç düzeyine ulaşılır. Bilinç, farkındalık ve uyanıklık durumuna ait zihinsel işlemdir⁶⁶. Parçaların ardışık düzen içinde varolduğu ve düzenlendiği yer olarak kabul edilir. Zihinsel işlemlerde bilincin yeri şekilde görüldüğü gibi ifade edilmiştir⁶⁷ (Şekil 2.2.).



Şekil 2.2. Zihinsel işlemlerde bilincin yeri.

Diyagram şu şekilde izlenebilir:

- Girdilerin duyu kanalları yoluyla aktarımı (süreçten önce),
- Süreç bilinçten önce işler,
- Bilinç, deneyim hatırlanmadan devreye girer,
- Anı, hafızada nakledilmeden (doğrudan) saklanır.

⁶⁵ A.g.e.

⁶⁶ İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlığın Uluslararası Sınıflandırması, 2004, *Dünya Sağlık Örgütü Yayını (WHO-World Health Organisation)*, çev: Elif Kabakçı, Ahmet Göğüş, www.oziga.gov.tr/projeler

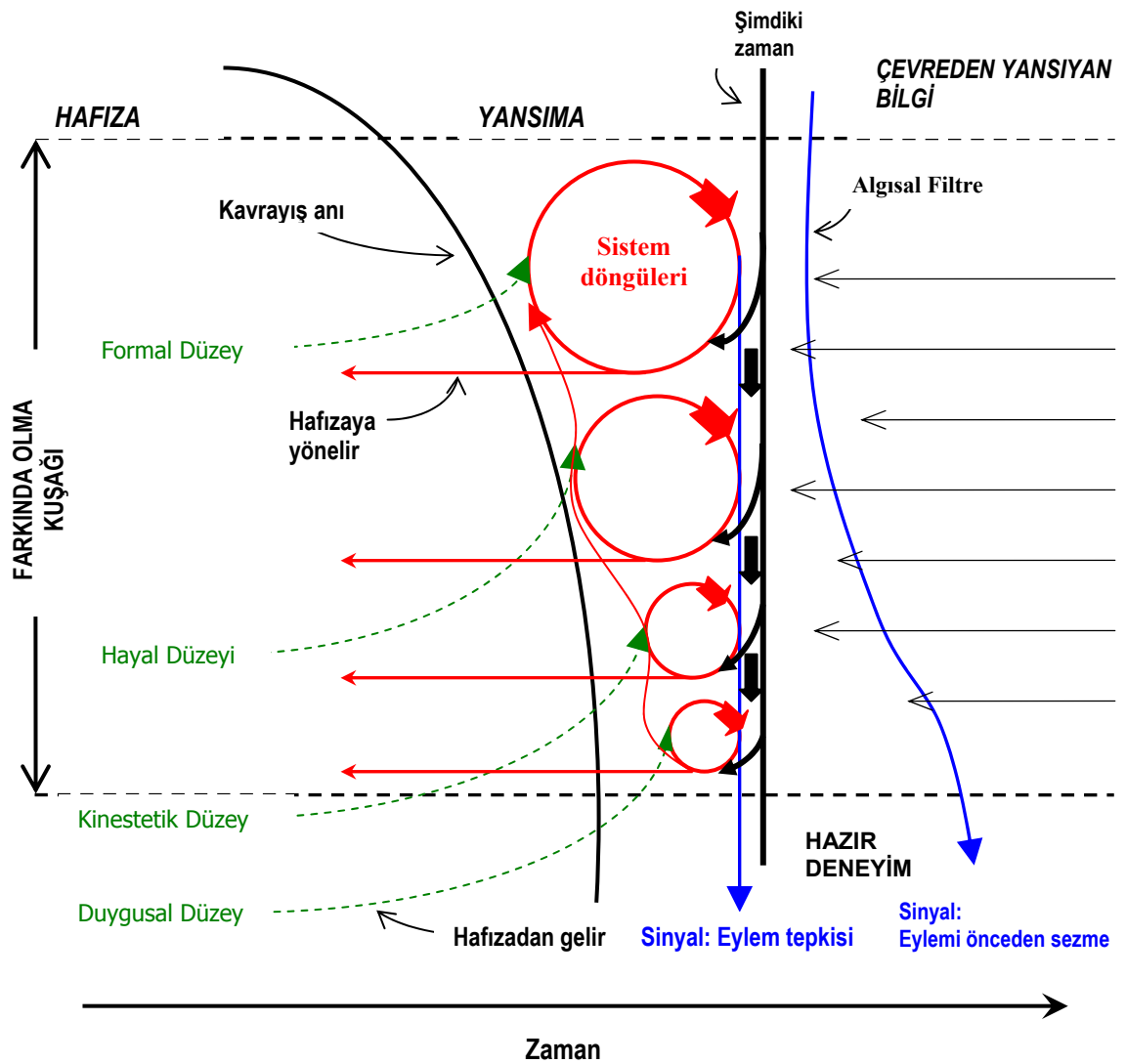
⁶⁷ Dennett, D. C.; "Is Perception the 'Leading Edge' of Memory?", *orijinal kaynak: In A. Spadafora (ed.) Iride: Luoghi della memoria e dell'oblio*, anno. VIII, n. 14, April 1995, pp. 59-78. [Italian], <http://users.ecs.soton.ac.uk/harnad/Papers/Py104/dennett.memory.html> veya <http://ase.tufts.edu/cogstud/papers/ispercep.htm>

Işık, ses, koku ya da sıcaklık vb. bilince ulaştığı zaman varolur. Bu durum, beynin herhangi bir yerinde bir tür varış çizgisi olduğuna işaret eder. Çizgiyi geçmek, girdi ya da içeriğe ait bilincin başlamasıdır. Aynı zamanda bu çizgi hafızanın ön kapısı olarak görülür.

Hafıza, hangi tür olursa olsun hayati öneme sahiptir ve sürekli olarak giren bilgileri işler, bazen bilgiler bozunur. Rusch⁶⁸ şöyle demektedir:

“Hafıza yapısı itibariyle statik (durağan) ya da değişmez değildir; anlık deneyimlerin yapısal eylemleri yoluyla geri beslendiğinde bilgiler yeniden çağrılır; hafıza sürekli değişime uğrar ve dinamiktir.”

Rusch buradan yola çıkışla, zihinsel işleyişi araştırır (Şekil 2.2.).



Şekil 2.3. Charles Rusch'un zihin işleyiş modeli. (Vodvarka, 2004)

⁶⁸ Vodvarka, F.; Malnar, M.; 2004, *Sensory Design*; Minnesota Üni. yayını, s.234

Şekil 2.2.'de görülen duyuşal deneyim, yansıma ve hafıza arasındaki basit bölümlenmeler, sistem döngüsüyle birlikte işleyişi belirtir. Farklı düzeylerde sistem döngülerine katılan girdiler arasından bazıları, çevreden yansıyan ve algılama filtresinden geçerek gelen bilgilerle birleşerek hafızaya yönelir. 'Anlama' her iki taraftan gelen bilgiler ve girdilerin işlendiği sistem döngülerinin sonucunda oluşur. Bu zihinsel modele göre 'kavrama ve anlama', girdilerin düzeylerine göre değişmektedir.

2.4. DOKUNMANIN GEREKLİLİĞİ VE OTOTELİK DOKUNMA

Bir görüşe göre dokunma, tüm duyuşlar içinde en gerekli ve güvenilir duyuşdur⁶⁹. Bir bebek dünya ile ilk kez dokunma yoluyla bağlantı kurar. Eline oynaması için bir nesne verildiğinde önce parmakları, elleri sonra ağız ve dili ile yoklar. Duyma ve görme duyuşları, özellikle görme duyuşu gelişene kadar ikinci rodedir.

İnsanın doğduktan sonra dokunmaya olan ihtiyacı kaçınılmazdır. Hayvanlarda da durum farklı değildir. Hatta dokunma daha hayati önemdedir. Doğduktan sonra annesinin yalamadığı bir yavru sıklıkla hayatını sürdüremez. Hayvanlarda yalama temizlemekten daha çok dokunma uyarımını sağlamak içindir.

Bunların yanısıra dokunma duyuşu sayesinde kendimizi koruyoruz. İnsanların dış uyaranlara karşı duyarlılık kaybının bazı sonuçları şöyle⁷⁰:

- Acı hissetmeme durumu (Bu durum yara veya enfeksiyonla sonuçlanır)
- Kırılmalar,
- Sakatlanmalar,
- Uzuşların kesilmesi.

İleri cüzzam veya haptikle ilgisi araştırılan anoreksi (anorexia nevrosa) hastalıklarında dokunmayı duyuşsayamama konusunda temel örneklerdir. Acı dahi hissedilmez. Bir cüzzam hastasında dokunma hissi kaybolmuştur, bir nesneyi kavradığında veya tuttuğunda çoğunlukla geribildirim alamaz. Bu nedenle nesneyi sıkıca kavramak zorunda kalacak ve fazla kullanım nedeniyle özellikle el ve parmaklara aşırı yük binecektir. Anoreksia hastalığındaki kilo kaybının da haptik

⁶⁹ Delong, M.; Wu, J.; Bao, M., 2007, May I Touch It?, *Textile*, vol 5, issue 1, s. 36-47

⁷⁰ A.g, y.

algıyı olumsuz yönde etkilediğine ilişkin araştırmalar sürdürülmektedir⁷¹. Özetle, geribildirim olmadan, vücudun kötüye gitmesi kaçınılmaz hale gelmektedir.

Dokunma duyusuna ait değerlendirmeler kişisel farklılıklar gösterir. Peck ve Childers'in bir araştırmasına göre⁷², Dokunma Gereksinimi'nde⁷³ (DG), ürün yargısında doğrudan deneyim ile güven arasındaki ilişki, yapıcı ve olumlu bir ilişkidir. DG yüksek olan katılımcılar, doğrudan deneyimleme olmadığında, bir diğer deyişle dokunma yokluğunda, yargılarına daha az güven duymaktadır. Düşük DG olan katılımcılardaysa, ürünü görmenin yeterli olduğu ve yargılarına olan güvenin değişmediği görülmüştür.

Ototelik Dokunma Eğilimi* yüksek olan kişilerde gözlenen "Dokunma Gereksinimi" ölçütleri aşağıdaki gibidir⁷⁴:

- Ürünlere dokunmak eğlenceli olabilir.
- Satın almadan önce ürünlere dokunursam onlara daha çok güven duyuyorum.
- Amacım satın alma olmasa da ürünlere dokunmayı seviyorum.
- Fiziksel olarak ürünü inceledikten sonra satın aldığımda, kendimi daha rahat hissediyorum.
- Mağazaları gezerken bir sürü ürüne dokunmayı seviyorum.
- Mağazada şöyle bir yürürken, ürünlere dokunmaktan kendimi alamıyorum.
- Dokunarak bir ürün satın almak kendimi daha güvenli hissettiriyor.
- Eğer ürüne dokunamazsam, satın almada çekingen davranıyorum.
- Bir ürünün satın alınmaya değer olduğuna karar vermenin tek yolu, ona gerçekten dokunmaktır.

⁷¹ Grunwald, M.; Ettrich, C.(et.al); 2001, Haptic perception in Anorexia Nervosa before and after Weight Gain, Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology, Vol.23, No.4, pp.520-529, http://www.haptic-labor.de/fileadmin/user_upload/pdf/jcen.pdf

⁷² Peck, J.;Childers,T.; 2003, Individual Differences in Haptic Information Processing: The 'Need for Touch' Scale, çevrimiçi: proquest.umi.com

⁷³ Kaynakta geçtiği biçimiyle 'Need for Touch' (NFT), Dokunma Gereksinimi (DG) olarak Türkçeleştirilmiştir. Peck ve Childers'in araştırmalarında kullanıkları değerlendirme derecelerindedir. Dokunma yoluyla elde edilen bilginin kullanımı ve çıkarımın tercihi olarak tanımlanmıştır. "Aracılık" ve "ototelik" (*fels.* yalnızca kendi amacı içinde olma) boyutlarını içerir. Aracılık boyutu, tüketicinin son yargısına gitmek için kullandığı bilinçli dokunma ile doğrudan harekete geçerek problemini çözmesidir; satın alma belirgindir.

**Ototelik dokunma*: Dokunma yolu ile *keşfetmeye dayanamama* ya da *dokunma tutkusundan* kaynaklanan durumdur. Tüketicinin duyuusal uyarımları, eğlenme ve zevk alması ile ilgilidir, örneğin satın alma gerekli değildir.

⁷⁴ A.g.y.

- Mağazaları gezerken bir sürü ürünü ellemek benim için önemlidir.
- Kendimi ürünlere dokunurken buluyorum.
- Satın almadan önce elleyebileceğim birçok ürün var.

Araştırmanın sonucuna göre, DG yüksek tüketiciler, dokunabildikleri ürünleri değerlendirirken, temelde yargıları değişmeyen DG az olan kullanıcılara göre, kendilerine daha fazla güven duymaktadır ve daha az hayal kırıklığı yaşamaktadır. Geleneksel katalog veya sanal alışverişlerde ürünü anlatan dokunma ile ilgili anlatımlar ve haptik bilgiler, örneğin ağırlığı (*ne kadar ağır?*), yumuşaklığı (*çok mu yumuşak?*), yüksek DG duyan kişiler için yetersiz kalmaktadır. Düşük DG kişilerde ise görsel ipuçları, ürün anlatımları yeterli gelmektedir.

Internet üzerinden satışla ilgili bir başka araştırmada da benzer sonuca ulaşılarak “dokunsal veri gereksinimi”nin özellikle ürünün malzemesine bağlı olarak değiştiği belirtilmiştir⁷⁵. Bunun yanısıra araştırmalara göre⁷⁶⁻⁷⁷, kadınlar dokunmaya bağlı veri gereksinimi’ni erkeklere göre daha fazla ihtiyaç duymaktadır.

Haptik duyu ile algılamaya yatkın kişiler, gerçek dokunmanın olmadığı durumlarda, bir diğer deyişle sanal alışverişlerde, önceki deneyimlerine bağlı olarak ve *hafızalarında yer alan ürünün haptik özelliklerini geri çağırarak bir tür simülasyon yaratırlar*. Bir başka deyişle, ürünün yazılı tanımlamaları *geçmiş deneyimlerini* tetikler. Ancak ototelik algılama eğilimi olan dokunma tutkusu olan kişiler için yazılı tanımlamalar ve ifadeler yeterli olmayabilir.⁷⁸

2.5. DOKUNMA PSİKOLOJİSİNİ ETKİLEYEN TEMEL FAKTÖRLER

İnsan çevresini dokunarak keşfederken biçimi algılamanın yanı sıra, cisimlerin malzeme ve dokusunu da algılar. Pantolon cebinde taşınan bozuk paraların sayısını el yordamıyla sayabilmek hatta büyüklük farkını ayırt edebilmek veya bozuklukların arasına karışmış jeton, çay fişi vb şeyleri bozuk paradan ayırt edebilmek, cisimlerin

⁷⁵ Peck, J.;Childers, T.; If it Tastes, Smells, Sounds, and Feels Like a Duck, Then it Must Be A...: Effects of Sensory Factors on Consumer Behaviours, http://www.bus.wisc.edu/faculty/papers/jpeck/Sensory_Review_Chapter_7_28_051.doc

⁷⁶ A.g.y.

⁷⁷ ‘Kadın ve Erkek Beyni’, 22 Kasım 2007, Derman, Dr. Sabri, Nörofizyolog, *seminer*, Amerikan Hastanesi, İstanbul , Türkiye

⁷⁸ Peck, J.;Childers,T.; 2003, To Have and To Hold: The Influence of Haptic Information on Product Judgment, *The Journal of Marketing*, Vol. 67, No. 2, pp. 35-48, <http://www.jstor.org/stable/30040521>

biçimlerinin yanısıra malzemelerini ayırt edebilmekle mümkün olur. Özetle, malzeme ve doku, dokunma hissini yaratan ve etkileyen faktörlerdendir.

Dokunma hissini etkileyen diğer temel faktörler, yaş, kişisel farklar, kültürel ve sosyal faktörlerdir. Gelenekler ve alışkanlıklar ile akılda kalan deneyimler, dokunmayı doğrudan etkileyen elemanlar olarak karşımıza çıkar.

2.5.1. Malzeme Faktörü: Doğal ve Yapay Malzemeler

Ürün tasarımı açısından, malzeme ve özellikleri, ürünün taşıdığı biçimsel mesajların yanı sıra, hem duyuşal hem de duyguşal bilgiler aktarır. Bir diğer deyişle, bir ürün uyarıcı olarak davranan ve duyguşal tepkilerimizi uyararak iki bileşene sahiptir⁷⁹:

- Ürünün formu,
- Ürünün hangi malzeme ile yapıldığı.

Derinin dokulu yüzey ile temasında uyarım hızla değişir. Bu duyuşal olay, dokuyu oluşturan elemanlar (ana biçim, boşluklar, kenarlar ve yapısı) ile hareket ve yüzeye ilgili bir fonksiyondur. Yapılan bir araştırmaya göre⁸⁰, parmak uçları aktif ya da pasif dokunarak pürüzlülüğü araştırmak, neredeyse eşit algıya neden olur.

Bir nesnenin malzeme ve doku özellikleri, haptiğin *fizyolojik esaslarının ötesinde* değerlendirilmelidir. Bir kullanıcıda tuşlarına basıldığında *yumuşaklık* hissi veren klavye bir başka kullanıcıda daha az yumuşaklık ve hatta *sertlik* hissi yaratabilir. Benzer örnekleri çoğaltmak mümkündür. Kişilere bağlı farklılıklar⁸¹, konuyla ilgili özneliliğin vurgulanmasını gerekli kılmaktadır⁸².

Taklit edilerek yapay olarak üretilmiş malzeme, kişide yanılı oluşturabilir. Örneğin ahşap görünümlü ancak plastikten üretilmiş bir masa, malzemenin *özgül ısısının* (*specific heat of material*) farklılığı nedeniyle çoğunlukla ancak dokunulduğunda anlaşılır. Yarattılan duyuşal yanılığın yanısıra, gerçekte kullanılmayan bir malzemenin yapılmış mesajını iletilmesi, ürünün dürüstlüğünün sorgulanmasına da neden olabilir.

⁷⁹ Rognoli, V.; Levi, M., Emotions in Design through Materials, Milano Politeknik Üni. Kimya Bölümü, Malzeme ve Kimya Mühendisliği; çevrimiçi: www.polimi.it/english

⁸⁰ Hughes, B.; 2006, Haptic Exploration and The Perception of Texture Orientations, Auckland Üni., Psikoloji Bölümü, Yeni Zelanda, *Haptics-e*, Vol. 4, No. 2, çevrimiçi: <http://www.haptics-e.org>

⁸¹ Peck, J.; Childers, T.; Individual Differences in Haptic Information Processing: The 'Need for Touch' Scale, çevrimiçi: proquest.umi.com

⁸² Kesteren, Ilse van; Karana, E.; Şubat 2006, Materials and Design-The Art of Plastic Design Konferansı, Delft Üni. Hollanda; çevrimiçi: <http://www.io.tudelft.nl/>

Doğal malzemeler, yapıları gereği ve buldukları yere bağlı olarak değişiklik gösterir. Genel bakışla dünya; hayvan, bitki ve minerallerin karışımıdır. Cam, seramik, kil, metaller gibi doğal malzemeler dünyadan elde edilen malzemelerdir ve her biri hem yapısal hem de yüzey özellikleri bakımından farklıdır. Bunlara ek olarak petrolden üretilen plastikler; endüstriyel üretim yoluyla çeşitli ürünlerde kullanılmaktadır.

Üretimde kullanılan hammaddeler, buldukları bölge ile çevreye göre değişir ve kökenleri buralarda bulunur. Hayvansal kaynaklar, dünyaya ait kaynaklar, bitkisel kaynaklar bu kökleri oluşturur⁸³. Örneğin kaya veya taşlar gibi geleneksel ve dünyadan olduğu gibi alınarak kullanılan geleneksel hammaddeler, evlerin ana yapı malzemesi olmuş, zamanla şekillendirilmiş, cilalanmış, özetle işlemden geçirilerek kullanılmıştır ve halen kullanılmaktadır.

Deri, yün, kemik, boynuz ve doğal yapışkanlar hayvansal ve bitkisel kökenlidir. Bunların içinde deri, giyildiğinde bir canlının derisini giymiş gibi bir his yaratır, ancak işlenip renklendirilip tabaklandırıldığında *plastığe yakın* bir etki bırakabilir. Pamuk, bitkisel elyaf, ahşap gibi doğal malzemeler genel olarak nefes alan, geçirgen malzemelerdir. Bu özellikleri ile yapay malzemelerden ayırt edilebilirler.

Yapılan bir deneyde yapay ve doğal malzeme karşılaştırılarak insanda uyandırdığı his irdelenmiştir. Soetgen, Heubach'ın formika ve ahşabı kıyasladığı deneyini şu şekilde özetler⁸⁴:

“Ahşap, yaşlanabiliyorken ve elbette kullanım süresi uzadıkça, sahibinin bir şeylerini ya da üstlendiği bir tarihi izlemenin yollarını görselleştirir; formika ise zamansızdır. Yaşlanmaz, hoş görünmediğinde ya da kırıldığında zamanı dolar. Ahşabın sahip olduğu şiirsel kalitesi yerinde Formika cevap vermez, hafızası yoktur. Dahası, ahşap bir masanın üstündeki tozlar, delikler, ya da kırıntılar insanları rahatsız etmiyorken, bunlar şekillendirilmiş bir biçim üstünde aynı durmaz. (...) Malzemenin bu 'kir-geçirmez' özelliği ve kendine özgü kararsızlığı, deneklerin ana konusu oldu. İsteğim üzerine ellerini birkaç dakika Formika'nın üzerinde tuttular. Başlangıçta memnun edici bir serinlik ve yumuşaklık vardı, hatta fazla serinlik. Az sonra ılıklaştı ve vücut sıcaklığı nedeniyle ıslaklığa dönüştü. Sonunda sanki yapışkanlığa, ya da bir balık gibi soğuğa dönüştü. Daha uzun süre dokunulduğundaysa, hoş olmayan hatta iğrenç, sanki bir cesede dokunulmuş gibi zannedildi. Denekler, nefes alamadıklarını hissettiler. (...) Sanki birinin bıraktığı için utanç duyduğu ıslaklık ya da birinin temizlenmemiş, silinmemiş, soğuk terini bırakmış hissiydi bu...”

⁸³ Soetgen, Jens; 1997, What Material Convey?; Form Diskurs, 3, II/ s.43-55

⁸⁴ A.g.y.

Yukarıda verilen örnek, malzemenin duyu yolu ile aktarımın yarattığı *his* bakımından dikkate değer bir örnektir. Ahşap, bulunduğu çevreden etkilenir, diğer deyişle doğal malzemeler buldukları çevreye uyum sağlar. Örneğin bazı metal çeşitleri paslanarak geçen zamanı işaret eder. Ancak altın, metaller arasında özel bir yere sahiptir, formika gibi zamansızdır, ahşap ya da diğer metaller gibi korozyona uğrayarak tarihini oluşturmaz.

İnsan ürettiği malzemelerle bir anlamda doğayı taklit ederek tekrar üretmeye çalışmaktadır. Örneğin zemin döşemelerini plastik esaslı bir katmanla giydirmek gibi. Yapay malzeme, buldukları çevreye uyum sağlayan doğal malzemeler gibi doğanın yerini tutamadığından, kullanıcıda aynı etkiyi bırakmaz. Homojenlik ve değişmezlik barındırır. Malzemenin değişmez homojen yapısı, ‘tek tip’liği işaret ederken süregelen mekanikleşmeyi de belgelemektedir (örneğin; ekmeğin hızlı karıştırıcılar kullanılmasıyla birlikte düzensiz yapısının yokolması ve homojen yapıya dönüşmesi).

Bir üründe kullanılan malzeme yalnızca teknik ya da işlevsel gereksinmelerin karşılanması için kullanılmaz. Malzemenin kullanıcı tarafından duyuşsal, duygusal ve anlam boyutları da bulunur. Bir diğer deyişle, malzemelerin fiziksel yapıları, kimyasal özellikleri hakkında bilgiler olsa da, aslında *gerçek* yapıları ve uyandırdıkları duygular hakkında sınıflandırılmış ve yorumlanmış bilgi azdır.

Kumaşa dokunmaya ilişkin yapılan bir araştırmada⁸⁵, duyuşsal uyarımdan algıya, bilişle, his ve belleğe yönelen bir model geliştirilerek yapılan analizlerin ‘anlam’ı yaratan bağlantıları belirlenmiştir. ‘*Düz*’ ve ‘*sıcak*’ bir kumaşa dokunmanın ‘klasik’ duygusunu, ‘*düz*’ ve ‘*soğuk*’ kumaşa dokunmanın ‘modern’ duygusunu temsil ettiği belirtilir.

Tekstil ürünlerinin değerlendirilmeleri kumaşın fiziksel özellikleri, dokunma/hissetme ve görmeye bağlı temeller üzerine şekillenir. Özetle, kullanıcı, nesneye aynı anda hem bilişsel ve hem de duygusal düzeylerde karşılık verir.

Öte yandan duyuşsal tasarım (sensorial design), etkileşim tasarımı (interaction design) araştırmaları ile tasarım ve duyu (design and emotion) araştırmaları, konuya ilişkin deneyleri ve yorumları içermektedir.

⁸⁵ Delong, M.; Wu, J.; Bao, M.; 2007, May I Touch It? , *Textile*, vol 5, issue 1, s. 36-47


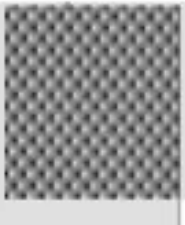


Duygu, hissedilen, algılanan ve hafızaya ayrıntılı işlenen dış uyaranlara verilen bir tür tepkidir. Bu ana fikre göre duygu, bir algılamanın sonucu ve değerlendirmenin çıktısı olan bir tür dışavurumdur. Duygu öznedir; bu nedenle değerlendirmek zordur. Çünkü kişiye bağlı olmakla beraber kültürel ve sosyal vb. etkenlerle şekillenir. Diğer yandan çevreyi donatan insan yapımı nesnelere (*artefact*), duyuusal ve duygusal uyaran kaynaklardan biri olarak kabul edilebilir.

Rognoli ve Levi malzemenin insanda bıraktığı etkiye dikkati çekerler⁸⁶:

“(…) obje olarak malzeme, bize kendini, algı deneyimi alanında sunar; duyularımız tarafından bize sağlanan türde bir deneyim ile...”

Rognoli ve Levi'nin yaptıkları araştırmada⁸⁷ oluşturdukları *anlam-duyuusal atlas*, öncelikle malzemenin anlam-duyuusal açıklamalarına ait temel parametrelerine ve bunların tanımlarına dayanır. Parametreleri malzemenin içsel(öz) özellikleriyle ilintilendirilmiştir. Malzemenin özellikleri ve görünüşü arasındaki ilinti, araştırmalarının temel noktasını oluşturur. Buna göre atlas iki tablodan oluşmaktadır: 'Parametreler tablosu' ve özün niteliklerini açıkladıkları 'Özellikler tablosu'⁸⁸.

Tablo 2.2. Parametreler tablosu.

dokunma 	doku 	parlaklık 	şeffaflık 
sıcak/soğuk yumuşak/sert akışkan/hareketsiz hafif/ağır	düz pürüzlü	parlak mat	şeffaf yarı şeffaf opak
← dokunsal yönü		fotometrik yönü →	

Parametreler tablosu (Tablo 2.2.), malzemenin anlam-duyuusal tanımlarının temelini içerir ve gösterir.

⁸⁶ Rognoli, V.; Levi, M., “Emotions in Design through Materials”, Milano Politeknik Üni. Kimya Bölümü, Malzeme ve Kimya Mühendisliği; çevrimiçi: www.polimi.it/english

⁸⁷ A.g.y

⁸⁸ A.g.y.

Buna göre, iki *makro-birliktelik* yönü belirlenmiştir:

- Dokunsal (tactile) yönü için *dokunma ve doku*;
- Fotometrik (görmeye dayalı) yönü için *parlaklık ve şeffaflık*.

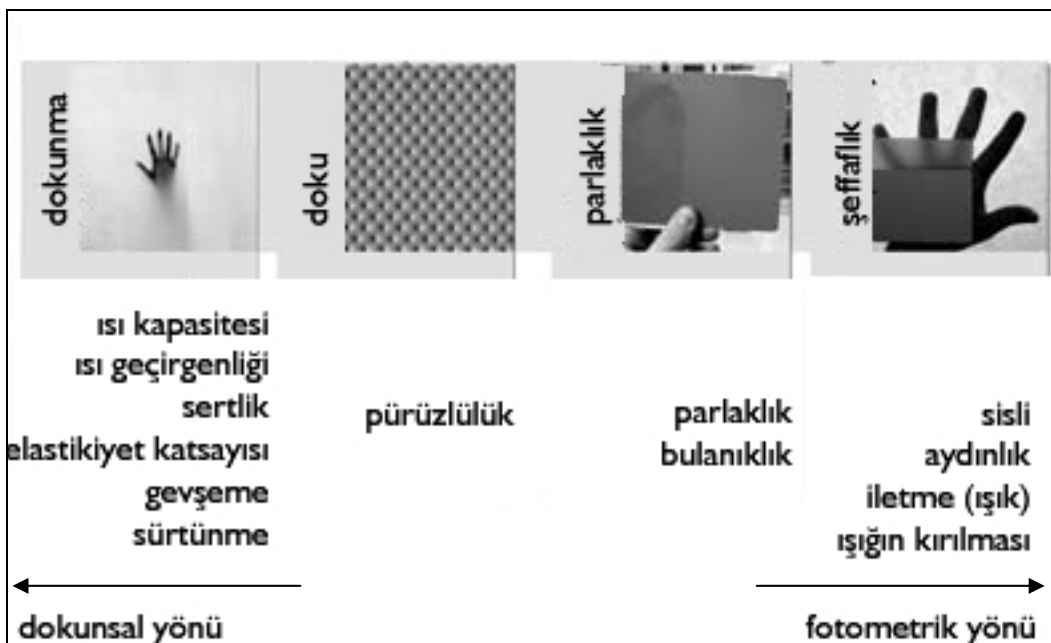
Dokunma, dokunma alıcılarının uyarımı ve karşılık bulması olarak tanımlanır. Dokunsal bilgi, nesnelerin yüzeylerinden edinilir, malzemeye ve nesnenin bitmiş haline göre farklılık gösterir. Dokunma, hem yüzeye teması hem de yüzey üzerinde yapılan hareketi içerir. Isı ile ilgili durum, bir diğer deyişle ısısal uyum sağlama, malzemenin yüzeyiyle temastan ortaya çıkan etkileşimin sonucudur.

Dokunma yolu ile edinilen yüzeye ait fiziksel özellikler şu şekilde belirlenmiştir:

- Sıcak / soğuk,
- İletkenlik / ısı kapasitesi,
- Yumuşaklık / sertlik,
- Katılık / esneklik;
- Akıcılık/ tutukluk;
- Sürtünme,
- Mukavemet (zayıf/kuvvetli)
- Hafif/Ağır
- Yoğunluk.

Özellikler tablosu (Tablo 2.3.), dokunsal yönden *malzemenin ısı kapasitesini (özgül ısı), iletkenliği, sertliğini, elastikiyet, sürtünmesi ve yoğunluğunu vb.* içerir. Tablonun ana amacı, malzeme özelliğinin yukarıdaki parametreler ile niteliklerinin birbirleriyle bağıntıda olduğunu göstermektedir.

Tablo 2.3. Özellikler tablosu.



Doku parametresi, malzemenin algılanan ana parametrelerindendir. Yüzeyin dokusal karakteristiğini oluşturur. Malzemenin yapısına bağlı olarak dokunun algılanma biçimi de değişir: Girintili, yükselen/alçalan dokular gibi...

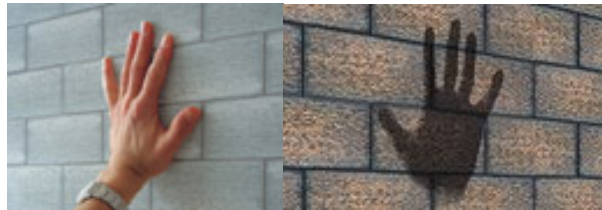
Doku ve yüzey, özellikle iki alt parametreyi içerir:

- yumuşaklık
- sertlik.

Parlaklık ise, görmeye dayalı algılamadır ve malzemenin yüzeyinden yansıyan ışıkla algılanır. Yaygın ışık parlayan bir yüzeye işaret eden parlaklığı algılamaya engel olur, mat ve geçirgen olmayan bir yüzeyi anlatır. Bu tanımlarla belirtilen özellikler malzemenin görsel özelliğini açıklar. Malzemenin fiziksel özelliği parlama ve sisli görüntüsü ile bağıntılıdır.

Şeffaflık ve ışık geçirmezlik özellikleri ise, ürünün keskin görünüşünü kaybetmelerine neden olabilecek iki özelliştir. Bunlardan şeffaflık, malzemenin eksiltilebilir ancak bitmiş üründe eklenemez.

Rognoli ve Levi'nin malzemeyle ilgili sundukları bilgiler ve önerilerin, temel unsurları ön plana çıkarırken, bazı durumları içermediği görülmüştür. Örneğin, göz ve dokunmanın birbirine zıt düştüğü veya dokunmanın olmadığı zamanlarda gözün yanılması gibi ... (resim 2.9)





Resim 2.9. Beton izlenimi ve dokunmasız yanılama.

Yukarıda anlatılan ve tablolar ile açıkladıkları malzeme özelliklerine dair tanımların, kalorimetre, dinamometre, tribometre ve yoğunluk ölçer gibi araçlar yardımı ile dokunma ile ilgili ölçümlerin yapılması önerilmektedir. Bu noktadan hareketle, duyuşal profillerin ve malzemelerin *kimliklerinin* ortaya çıkabileceği vurgulamak gerekir.









Endüstri Ürünleri Tasarımı disiplini açısından malzeme *kimliğinin* ortaya konabilmesi için laboratuvar ölçümlerinin yanısıra, bitmiş ürünün kullanıcıda bıraktığı izlenim de dikkate alınmalıdır.

Malzeme-kullanıcı etkileşiminin irdelenerek işveren-tasarımcı arasında uzlaşma sağlamaya yönelik yapılmış deneysel bir çalışmada⁸⁹, çeşitli ürün ile malzeme örnekleri duyuşsal algılama ve deneklerde uyandırdığı hisler ortaya konmuştur. Çalışma, tasarım ve duygu bağlamında ele alınmış olsa da, deney için seçilen örneklerde malzemenin dokusu (düzenli/düzensiz doku vb.); malzeme yapısına dair tanımlamalar (esnek, sert, yumuşak vb. ifadeler), yüzeylere ait tanımlar (mat/pürüzsüz/parlak cilalı yüzey), haptik algılama arasındaki ilişkiyi göstermesi nedeniyle arakesitler olarak sunulmuştur (Resim 2.10. ve Resim 2.11.).

Baskın (<i>Dominant</i>)	Resmi Görünümlü (<i>Business Like</i>)	Soğuk/Mesafeli Görünen (<i>Aloof</i>)	Gösterişsiz/İddiasız (<i>Modest</i>)
			
<ul style="list-style-type: none"> * Parlak Cilalı yüzey * Gri/Siyah kombinasyonu * Düzenli doku <p>Örnek: Çelik</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Mat Cilalı yüzey * Tekmalzeme * Renksiz/Donuk * Düzenli doku <p>Örnek: Deri</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Tek malzeme * Tek renk * Koyu * Mat Cilalı yüzey <p>Örnek: Plastik</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Mat yüzey * Açık renkler * Yarı şeffaf ayrıntılar <p>Örnek: Kumaş</p>
Rahatlatıcı (<i>Relaxed</i>)	İçten/Dürüst Görünen (<i>Honest</i>)	Açık Görünen (<i>Open</i>)	Sevimli/Şirin (<i>Cute</i>)
			
<ul style="list-style-type: none"> * Mat Cilalı yüzey * Yarı şeffaf * Yumuşak * Sıcak <p>Örnek: Plastik</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Sıcak * Düzensiz doku * Değişen renkler * Kendinden desenli <p>Örnek: Mantar</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Açık * Seffaf ya da yansıyan * Soğuk * Renksiz/Donuk <p>Örnek: Plastik, Cam</p>	<ul style="list-style-type: none"> * Mat yüzey * Açık renkler * Yumuşak * Sıcak <p>Örnek: Kadife</p>

Resim 2.10. Çeşitli malzeme uygulamalarıyla yaratılan ürün izlenimleri- a.

⁸⁹ Stappers, J.; van Kesteren, I. E.H.; de Bruijn, M.; 2007, Materials in Products Selection: Tools for Including User-Interaction in Materials Selection, *International Journal of Design*, Vol.1, no:3, çevrimiçi: <http://www.ijdesign.org/ojs/index.php/IJDesign/article/view/129>

Canlı/Diri Görünen (Lively)	İlginc/Merak Uyandıran (Interesting)	Göze Batan/Kendini Hissettiren (Obtrusive)	Çocuksu Görünen (Childish)
			
<ul style="list-style-type: none"> *Parlak cilalı yüzey *Sert *Soğuk *Çok renkli <p>Örnek: Alüminyum</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Yarı şeffaf *Çok renkli *Sert <p>Örnek: Plastik</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Cilalı yüzey *Pürüzsüz *Soğuk <p>Örnek: Metal</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Cilalı yüzey *Renkli *Birden fazla renk *Tek malzeme <p>Örnek: Ahşap</p>
Neşeli (Cheerful)	Gülünç/Saçma (Silly)	Uyumlu/Rahat (Easy Going)	Dağınık/Düzensiz (Untidy)
			
<ul style="list-style-type: none"> *Parlak Cilalı yüzey *Açık canlı renk *Pürüzsüz yüzey *Sıcak <p>Örnek: Plastik</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Şeffaf malzeme *Esnek *Çok renkli *Parlak <p>Örnek: Plastik</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Çok renkli *Esneklik vurgusu *Şeffaf olmayan malz. *Düz ve parlak <p>Örnek: Kauçuk</p>	<ul style="list-style-type: none"> *Düzensiz doku *Çok renkli *Birden fazla renk *Donuk <p>Örnek: Kağıt</p>

Resim 2.11. Çeşitli malzeme uygulamalarıyla yaratılan ürün izlenimleri-b.

2.5.2. Yaş Faktörü

Yaşamlarının erken döneminde çocuklar, nesnelere tanımlamak için o nesnelere özelliklerini öğrenmenin yollarını ararlar. Yeni doğanların yaklaşık 5 aya kadar nesnelere etkileşimleri ağırlıklı olarak görme, el ve ağızlarını kullanma yolu ile olur.

Lederman, Klatzky ve Mankinen'in yaptıkları bir araştırmaya göre⁹⁰, yeni doğanlar ellerini kullanmak ile nesnelere özellikleri arasında detaylı bir bağışım kurarlar: Sert cisimleri etrafa yumuşak olanlara göre daha fazla çarparlar; parmaklarını sert cisimler üzerinde yumuşak olana göre daha fazla hareketli bir şekilde kullanırlar. Aynı zamanda karmaşık şekilli cisimlerin kenarlarını, cismi çevirerek ya da bir elinden diğerine taşıyarak keşfederler.

⁹⁰ Klatzky, R.; Lederman, S.; Mankinen, J.; 2005, Visual and haptic Exploratory Procedures in Children's Judgments About Tool Function, *Infant Behaviour and Development*, 28, s.240-249 çevrimiçi: www.psy.cmu.edu/faculty/klatzky/IBAD%20paper.pdf

Konuşma öncesi çocuk, bir cismin tutulup tutulamayacağı, kavranıp kavranamayacağı ya da bir yüzeyin hareket kabiliyeti hakkında, görsel ve dokunsal bilgileri kullanarak yargıya varır. Özetle; el ile kavrama ve hareket desteği gibi temel işlevlerle cisimlerin yararlılığını yargılama kabiliyeti gelişimin erken döneminde olgunlaşır.

Erken çocukluk döneminde elin etkinliği konusunda yapılan bir başka araştırmanın sonuçlarına göre⁹¹, 4 ve 6 aylık bebeklerin cisimlerle teması sürekli olmaz ve her seferinde esas olarak tek el ile kurulur. Toplam temas süresi, yaş ile birlikte artmaz ancak temasın karakteristiği hareketler ile birlikte çeşitlenir. 4 aya kadar baskın olan keşfetme, parmakları yukarı kaldırarak gerçekleşir ve sol el cisimle pasif temas kurarken, sağ el daha fazla iş görür. Beşinci aydan itibaren kaldırma hareketleri değişerek her iki el ile yapılır. Sağ el cismin yumuşak bölümü yerine sert bölümünde daha fazla kalıyorken, sol el çoğunlukla cismin kenarları üzerindedir. Bu veriler, bebeklerin, 6 aydan önce cisme dokunarak dokuların algılanmasında aktif olduklarını ve küçük çocukların el ile keşfetmeyi kullanabilme yeteneklerini göstermektedir.

Diğer yandan, haptik algının anne karnında başladığı öne sürülür. Yapılan bir araştırmaya göre⁹², fetusun başlarda kalp ritmi, dış ve iç sesler gibi sesleri titreşimler olarak algıladığı tespit edilmiştir. Fetusun ilk hareketlerinin ise gebeliğin 7. ve 8. haftalarında başladığı; 10. hafta ile birlikte bacaklarda hareket ve elin baş ve çevresiyle teması görülmüştür. 4D ultrason tekniği ile görselleştirilen fetusun, gebeliğin aynı haftasında hareketler el-baş, el-ağız, el-ağız çevresi, el-yüz, el-göz, ve el-kulak olmak üzere yedi ayrı hareketi yaptığı gözlenmiştir.

⁹¹ Morange-Majoux, F.; Cougnot, P.; Bloch H.; 1997, "Hand Tactual Exploration of Textures in Infants from 4 to 6 Months", *Early Development and Parenting*, Vol. 6, 127-135, çevrimiçi: www.psychology.univ-paris5.fr/recherch/labo_cog/articles/morange/art97.pdf

⁹² Hepper, P.G.; Haptic perception in the human foetus, 2008, *Human Haptic Perception*, ed: Martin Grunwald, pp.149-154



Resim 2.12. Gebeliğin 21. haftasında fetus (Hepper, P.)

32. ve 36. haftaya kadar büyük değişikliklerin olmadığı fetusun gelişiminin sonraki döneminde her iki el de devreye girerek baş ve çevresini keşfe başlar. Ayrıca tek elini hareket ettirenlerin yaklaşık %90'ının sağ elini kullandığı gözlenmiştir. Dokunma ile birlikte işitme, koku ve tad alma duyularının da eş zamanlı geliştiği ortaya konmuştur. Görme için benzer bulgular bildirilmemiştir.

Diğer yandan, yetişkinlerde, bilişsel görüşe göre, zaman içinde *gerçekçi* haptik algı gelişir⁹³. Ancak yaş ile birlikte özellikle deri, değişime uğrar. Üç katmandan oluşan derinin (üst katman *epidermis**; orta katman *dermis***; alt katman alt-kutaneus, *subcutaneous**** dan oluşur) her katmanında bulunan esneklik ve gücü sağlayan kolajen lifleri ve elastin etkileri azalarak deri esnekliğini ve gücünü yitirmeye başlar .

Yaşla birlikte deri hücreleri kendilerini yenileyemez, incelik, renk soluklaşır ve şeffaflaşmaya başlar. Bu değişim, deri lezyonundaki hasar oluşma riskini artırır, soğuğa karşı direnç azalmaya başlar, ter bezleri daha az iş görür. İncelen, hassaslaşan deride, alt katmanda bulunan yağ dozunun azalmasıyla, dokunma duyusu, basınç, titreşim ve ısıya karşı dayanıklılık azalır⁹⁴. Yaşla beraber azalan duyu kayıplarının oranları Tablo 2.4.'te izlenebilir.

⁹³ Hatwell, Y., Touch and Cognition, 2003, *Touching for Knowing, Advances in Consciousness Research*, vol 53, pp.1-14, eds: Hatwell, Y.; Streri, A.; Gentaz, E., John Benjamins Publ.

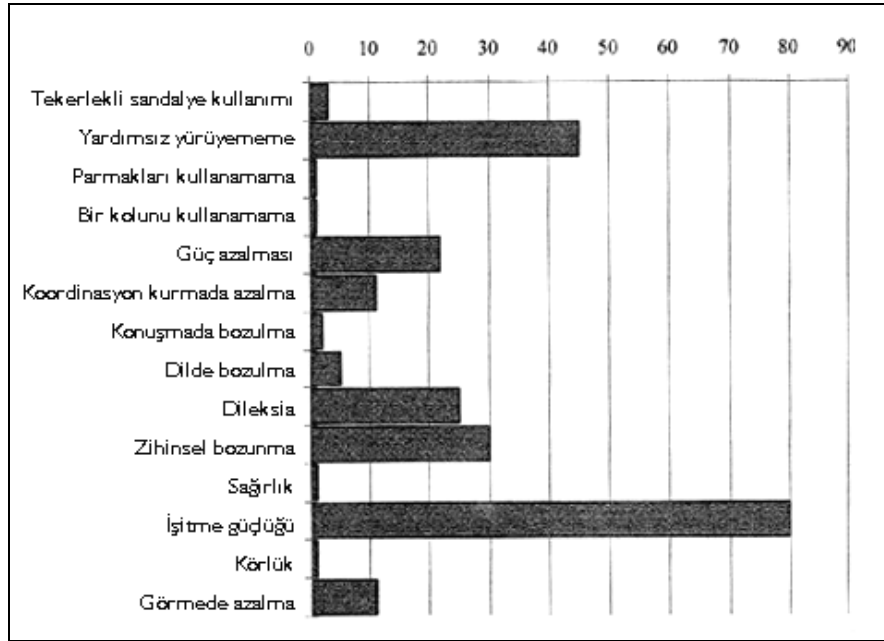
* epidermis: deri hücreleri, pigment ve proteini içerir

** dermis: kan damarları, sinirler, foliküller, yağ bezelerini içerir

*** alt-kutaneus: ter bezleri, bazı kıl folikülleri, kan damarları ve yağı içerir

⁹⁴ “Aging Changes in Skin”, Maryland Uni. Medikal Merkezi, www.umm.edu/article/004014.html

Tablo 2.4. Avrupa’da yaşla birlikte oluşan duyu kayıpları ve oranları. (Jordan, P.; Green, W.; tekrar basım 2001, Human Factors in Product Design, s.164)



Parmakları kullanamama, koordinasyonda azalma, bir kolu kullanamama, yardımsız yürüyememe, güç azalması gibi kayıplar, haptik algılamadaki düşüşün nedenleri olarak değerlendirilmelidir.

Duyu kaybı olan engellilerin iletişim kurmasını kolaylaştırmak amacıyla, çeşitli çözümler araştırılmaktadır. Örneğin görme engelliler için geliştirilen Braille Alfabeti veya OPTAGON* gibi. Bu çözüm arayışlarından biri olan haptik duyunun en önemli özelliği olan el üzerinden titreşim algılamaya dayanan TADOMA, görme-ışitme engelli kişilerin kullandığı bir iletişim metodudur.

* optagon: görme engelliler için 1960larda titreşimi hissederek okumaya yönelik geliştirilen bir alettir. <http://www.tiresias.org/research/reports/tpd2.htm>



Resim 2.13. ‘Tadoma’ metodu. Görme- işitme engellilerin titreşim, ısı ve parmak uçlarıyla dudak okumaya dayanan bir iletişim metodudur.

Engelli kişi, elini konuşan kişinin yüzüne yerleştirir. Başparmak dudaklarda, ortada yer alan üç parmak yanağa ve küçük parmak ise boğaza yerleşiktir. Seslerin çoğu titreşimler olarak algılanırken, N ya da M gibi bazı burun sesleri, çıkan ısı yardımıyla algılanır.

2006 yılı verilerine göre⁹⁵, Avrupa Birliği’nde en az 150.000 görme-ışitme engelli bulunmaktadır.

2.5.3. Sosyal ve Kültürel Faktörler

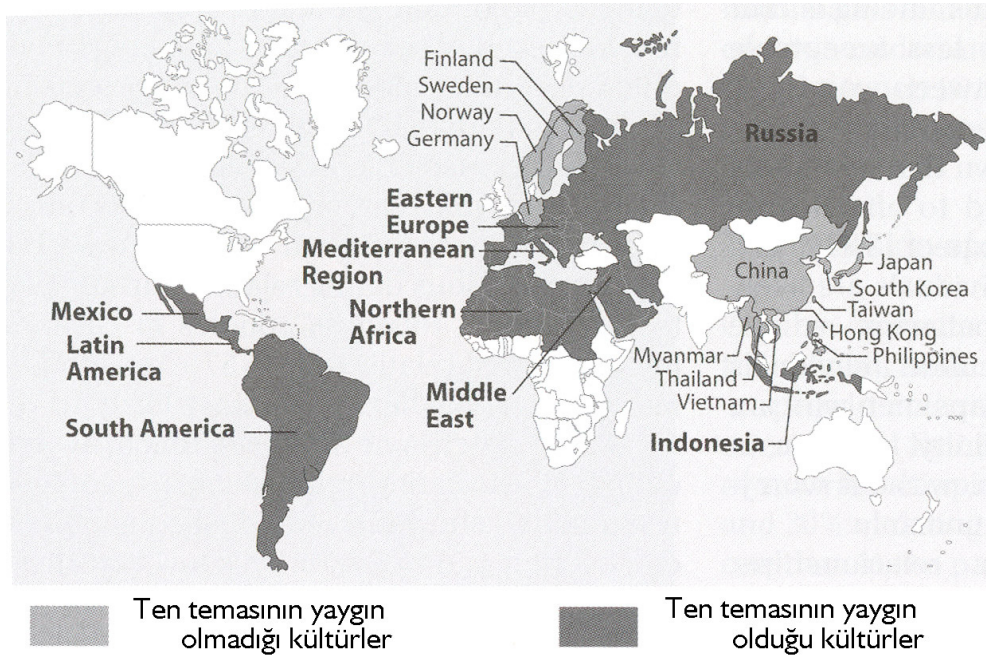
İnsanlar arasında dokunma, sıcaklığı, şevkati, yakınlığı, mahremiyeti ve sevgiyi ifade eder. Sosyal ilişkiler içinde cinsiyetlere ve ilişkilerin derecesine göre değişir. Aynı zamanda kültürel farkları da barındırır.

Dokunma, çocukluğun sağlıklı gelişimi için ciddi bir unsurdur ve yetişkinlik döneminde sonuçlar doğurur. Haptik davranış; sevgi, avunma ve seksüel ilgiden şiddet ve güç gibi sayısız mesajı taşır⁹⁶ ve yaşam boyunca ilişkilerin merkezinde yer alır. Dokunmanın insana doğrudan etkisi bulunurken, ilişkilerin sürdürülmesine yardımcı olur, fiziksel ve psikolojik olarak yakınlık duyguları yaratır. Emzirme, seksüel tatmin ve olumlu ruh hallerinde oksitosin hormonu salgılanır ve salgılanan oksidosinin miktarı dokunmanın türüne göre değişir.

⁹⁵ European Deafblind Network; <http://www.tiresias.org/>; ve http://www.sense.org.uk/NR/rdonlyres/F80493C3-F991-4DE2-BFA4-CA40B8E978C3/0/EDbN_survey_report_english.pdf

⁹⁶ Andersen, P.; Guerrero, L.K.; Haptic behaviour in social interaction, 2008, *Human Haptic Perception*, ed: M. Grunwald, Birkhauser Publ. Pp.155-163

Sosyal ilişkiler faktörünün yanısıra kültür de kişiler arasında haptik davranışları etkileyen faktördür ve kültürden kültüre değişiklik gösterir. Yapılan araştırmalara göre⁹⁷, ten temasının sıklıkla görüldüğü bölgeler, Güney Amerika, Latin Amerika, Endonezya, Akdeniz ülkeleri (Fransa, İtalya, Yunanistan ...), Rusya gibi (aynı cinsler, özellikle erkekler arasında) Doğu Avrupa ülkeleri ile Kuzey Afrika ve Orta Doğu'dur. Finlandiya, İsveç, Norveç gibi Kuzey Avrupa ülkeleri, Asya, Çin, Japonya, Tayland gibi Uzak Doğu ülkelerinde ise ten temasına diğer deyişle haptik davranışlara sık rastlanmaz (Resim 2.12). Amerika Birleşik Devletleri, Kanada gibi Anglo-Amerikan temelli ülkelerde de kişiler arasında haptik davranışlar düşük düzeydedir.



Resim 2.14. Bölgelere ve bazı ülkelerde değişen haptik davranışlar.

Dokunma, bağlamı tarafından etkilenir⁹⁸; dünyanın her yerinde, mevcut kültürel gelenekler bağlamından, alışveriş sırasında elbise deneme bağlamlarına kadar geniş bir yelpaze içerir (Şekil 2.4.).

⁹⁷ A.g.y.

⁹⁸ Malnar M., Vodvarka F., 2004, *Sensory Design*; Minnesota Üniversitesi Yayını, s.56

Algı Sistemleri

———— = Bağlamsal Algılama Kültürel Değişkenler

Şekil.2.4. Bağlamsal Algılama Diyagramı (Vodvarka, 2004).

Dokunmanın farkındalığı, algıların doğasına bağlı olarak azalabilir ya da artabilir. Dokunma deneyimi, alışkanlık ve koşullardan etkilenir. ‘Koşul’, örneğin bir kişinin kaşındıran bir kazağı uzun süre giymesiyle dokunmanın farkında olma durumunun azalması için kullanılır.

Tekrar eden dokunma duygusu basit bir deneyim olduğu gibi etkenler arttıkça karmaşıklaşan bir deneyime de dönüşebilir.

2.5.4. Kişisel Farklar, Farklılaşma Eşiği ve Ürün Farklılıkları

Bazı dokunma biçimleri aynı anda rahatsız edici olabilir ya da hoş gidebilir. Örneğin, gıdıklanma ya da sırt kaşıma, sinyallerin kombinasyonudur ve hoş gitme duygusunun, ürpermenin ya da acının kombinasyonlarını da oluşturabilir. Bu tür kombinasyonların ürettiği anlamlar ve değerler uyaran nesne ile bağıntılıdır. Aynı zamanda bu duygusal özellikler, sıklıkla bağlamları bazında değerlendirilir (kültürel, kişisel bağlamlar).

Diğer yandan, kişilerin algısı ‘farklılaşma eşiği’ne göre değişmektedir. *Farklılaşma Eşiği*, bir uyarıcıda meydana gelen değişimin farkedildiği eşiiktir. Örneğin, kişi 35 derece sıcaklıktaki bir odadan 36 derece sıcaklıktaki bir odaya geçtiğinde, ısı farkını ayırtedemeyebilir. Ayırt edilebilir sıcaklık kişinin farklılaşma eşiğidir.

Dokunma duygusunda da benzer bir durum gözlenebilir. Ellerini sıklıkla kullanan bir heykeltıraş ustası ile bir sekreterin el duyarlılığı aynı değildir. Özetle ellerin *hangi sıklıkla iş gördüğü* ve yapılan *işin içeriği* dokunma biçimini etkilemektedir (örneğin, çatı ustası, mücevher ustası).

El duyarlılığının meslekler bazında değişmesi, kullanılan alet-edevatın tasarımında özelleşme gerektirir. Örneğin bir terzinin kullandığı ütü ve ütü tablası ile ev tipi ütü

ve tablasının arasında tasarım farkı bulunur. Evlerde kullanılan ütü tablaları terzilerin kullanım sıklığına ve uyguladıkları kuvvete uzun süre dayanamaz⁹⁹.

2.6. GÜNDELİK ÜRÜNLERLE HAPTİK ETKİLEŞİM

Gündelik ürünlerle sıklıkla özellikle ellerin kullanılması yoluyla haptik etkileşime girilir (basmak, tutmak, açmak çevirmek ...). Literatürde bu etkileşim genellikle *aktif haptik geribildirim* olarak tanımlanmıştır. Buna göre, çevreyle kurulan dokunma temelli iletişim özetle *çevreyi dokunarak anlama*, aktif dokunma türüdür. Diğer yandan aktif haptik geribildirim (doğrudan geribildirim), bazı durumlarda pasif haptik geribildirim, (dolaylı geribildirim) olarak kabul edilir.

Örneğin el mikseri, diş fırçası, traş makinası gibi kişisel kullanım ürünlerinde ya da matkap gibi gereçlerde dolaylı haptik geribildirim meydana gelir. Bu tür bir geribildirim hem durum hem de yapılan işlem hakkında bilgi iletir. Örneğin, el mikseri yemeğin durumunu gösterirken, matkap duvarın sertliği hakkında bilgiler aktarır.

Bir nesneyi tutma ve kavramanın türleri önceki bölümlerde ayrıntılarıyla ele alınmıştır. Bir ürünü tutmada, ilk olarak ürünün katılığı/sertliği, dokusu, ısısal durumu algılanır. İkinci olarak ise, ürünün genel formu, şekline dair kesinleşen bilgiler, hacim algılanır. Ürünün taşınması halinde ağırlık algılama her iki aşamada da gerçekleşir.

Yapılan bir çalışmaya göre, ürünlerin kullanım sıklığı ve temas süresi, haptik etkileşimin önemli iki kriteridir. Günlük kullanım ürünleri arasında yapılan sınıflandırmada, kullanıcının kısa ya da uzun süre kullandığı ürünler ile elin temas süresi oransal olarak ortaya konmuştur¹⁰⁰.

⁹⁹ Aicher O., Kuhn, R., *Greifen und Griffe*, 1987, FSB (Franz Schneider Brakel), Verlag der Buchhandlung, s.56

¹⁰⁰ Rovers, A.F.; van Essen, H.A.; “Using active haptic feedback in everyday products”, 2006, User Centered Engineering Group Department of Industrial Design, Eindhoven University of Technology, Hollanda, www.haptic.nl/publications/EH2006_-_AF_Rovers.pdf



Resim 2.15. Sınıflandırma: Gündelik ürünlerde kullanım sıklığı ve temas süreleri

Genel olarak, temas süresi, aktarılan bilginin türüne ve miktarına bağlıdır: anlık aktarım olduğu gibi (düğme hissi:“aç/kapa”), süregelen bir iletişim de olabilir (örn, güç geribildirim: oyun kumanda kolu). Diyağonal çizginin dışında kalan ürünler, anlık aktarım haptik geribildirime tipik örnek oluşturmaktadır. Diyağonalin altında kalan ürünler, kullanım sırasında oluşan geribildirimi (örneğin uyarı ya da arama/tespit sistemleri); diyağonalin üstünde kalan ürünler ise (kullanım süresi temas süresine oranla daha uzun), kullanıcı yalnızca kısa ve istediği etkileşim anında haptik geribildirim iletir.

Dijital dönemden önce, televizyon, kamera, mutfak aletleri, elektrikli aletler, ses donanımları gibi günlük ve profesyonel aletler, basma tipi düğmeler, anahtarlar gibi mekanik elemanlar aracılığıyla kullanılıyordu (Resim 2.13). Bazı arayüzlerde bu mekanik elemanlar aletle doğrudan etkileşim kurmanın yanısıra aletin iç donanımı ve durumuyla ilgili bilgileri de iletirdi. Günümüz modern aletlerinde geleneksel mekanik kontrollerin yerini menu (seçenek dizelgesi) tabanlı arayüzler ve düğmelerin yerleştirildiği elektronik sistemler aldı. Aletlerin performansları ile özellik sayıları arttıkça arayüz giderek daha gizlendi ve kullanımı zorlaştı¹⁰¹.

Cep telefonu gibi dijital aletler, (kamera, adres defteri, müzik çalıcı gibi) bir çok farklı özelliği bir araya getirir. Bu tür ürünlere genellikle çeşitli özelliklere ulaşmayı ve kontrol etmeyi sağlayan genel tek bir kontrol seti, örneğin standart bir tuş takımı ve bir LCD ekran bulunur. Ekran üzerinde mod değiştirme (mode switching) ile aletin işlevlerine ulaşılır. Örneğin, telefonda modundan müzikçalara

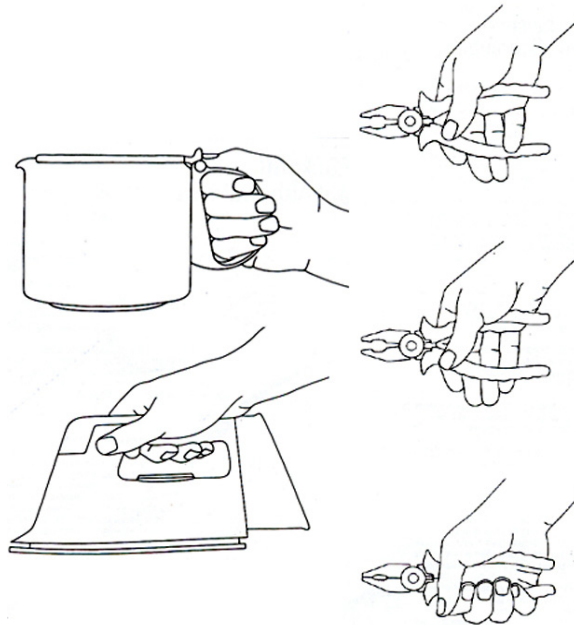
¹⁰¹ A,g,y.

geçiş gibi. Müzikçalarda ‘çal’, ‘geri’ ‘seçenekler (opsiyonlar)’gibi düğmeler aletin ekranında gösterilmiştir. Sonuç olarak, işlevsel geribildirim (ekranda) etkileşim elemanı (tuş takımı) arasındaki ilişki ortaya çıkar.



Resim 2.16. Mekanik kontrollü kasetçalar ve müzik çalma özelliği olan cep telefonu

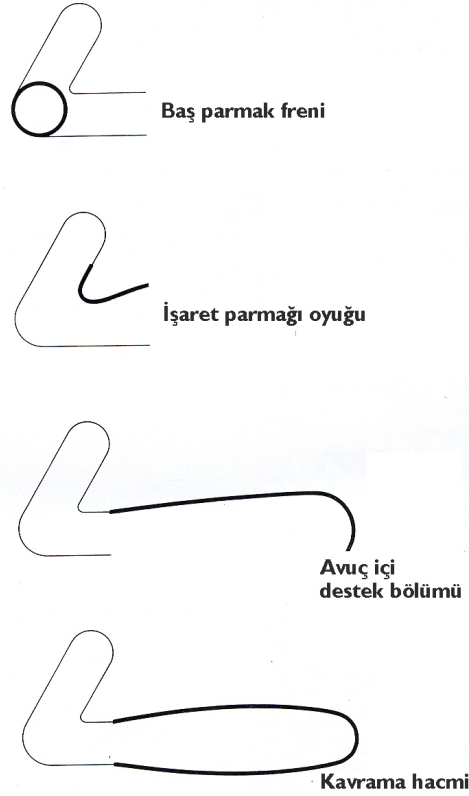
Özellikle teknolojik gelişmenin getirdiği arayüz sistemleri, geçmişin alışlagelen kullanım biçimiyle kontrol edilen mekanik sistemlerinin yerini almasına rağmen, günlük bir çok ürün el ve parmakla kullanılır: Sürahi, el mikseri, pense veya kapı kulpları vb... Bu ürünlerin tasarımında elin anatomisine uygunluğun yanısıra formuna uygunluğu da araştırılmalı ve tasarım ölçütü olarak dikkate alınmalıdır. Özetle elin tutma ve kavrama sırasında *beklentilerini* karşılamak gerekir.



Resim 2.17. El, ürüne uygun davranma eğilimindedir. Ürünlerin tasarlama aşamalarının elin hareketleri ve kapasitesi göz önüne alınmalıdır.

Yapılan bir çalışmaya göre¹⁰², örneğin kapı kolu tutarken el dört temel arayış içine girer (Şekil 2.4):

- 1- Baş parmak daima yön arar. Yumruk tutuş bu aramanın izlerinin göstergesidir. Pek çok nesnenin tutulacak kısmı bu özelliğe sahiptir.
- 2- İşaret parmağı da daima yön araştırır. Elin kılavuzları olan baş ve işaret parmağı önce yoklayarak yakalar, ardından diğer parmakların katılmasını sağlar. Bir çok üründe işaret parmağı için özel oyuk bulunduğunu görülebilir.
- 3- El bütün olarak 'bir dayanak' ister. Baş ve işaret parmakları tutulacak yeri araştırır, sonra el tümü ile yakalar. Elin küresel şekli değişmemelidir. Ancak bu şekilde kuvvet uygulamak mümkün olur.
- 4- El hacim arar: Kavramanın tamamlanabilmesi için yeterli yakalama büyüklüğü (hacmi) şarttır. Açık havada taş atma oyunlarında genellikle renkli ve oval-yumurta formulu taşların düşünmeksizin seçilmesi, bu gereksinmenin ipuçlarını verir.



Şekil 2.5. Tutma ve kavrama sırasında elin davranışları. (Kapı kulbu örneği.)

¹⁰² Aicher, Otl; Kuhn, Robert, 1987, *Greifen und Griffe*, FSB (Franz Schneider Brakel), Verlag der Buchhandlung, s. 74-75

3. 'HAPTİK'İN TASARIMI: TASARIM AŞAMALARINDA HAPTİK UYGULAMA ÖRNEKLERİ

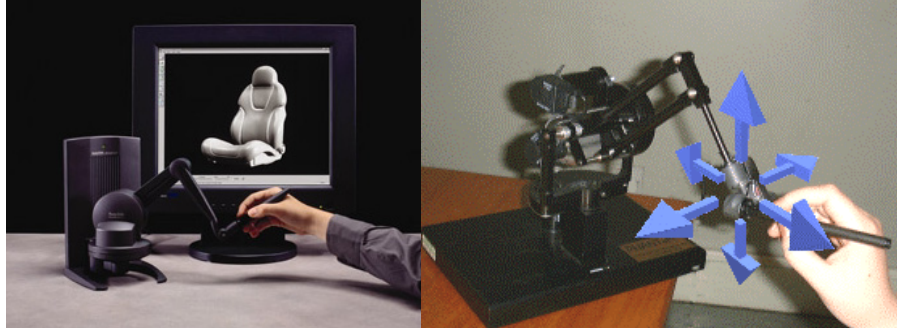
Titreşim, basınç, ısısal durum, bedenin yönelimi, biçimi tanıma ve çevreyi keşfetme olgularının bütünsel olarak algılanmasının en önemli kanalı olan haptikle ilgili teorik çalışmalar, endüstrinin çeşitli dalları, tıp, eğitim, teknoloji vb. bir çok alanda pratiğe dönüşmektedir. Bu bölümde endüstri alanları, sanal gerçeklik uygulamaları ve ürün bazında örnekler sunulmuştur.

3.1. HAPTİK ETKİLEŞİM KANALLARI: 'TAKTON' ve 'HAPTİKON'

Günümüzde dokunmanın etkileşim ve geribildirim kanalı olarak kullanıldığı uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Bu uygulamalar genellikle ses ve görüntüye odaklı sanal gerçeklik uygulamalarıdır. İnsan-bilgisayar etkileşimi, İBE (Human-Computer Interaction, HCI) alanına ait araştırmalar, haptik geri bildirimini iki etkileşim biçimine odaklanmaktadır: Takton ve Haptikon (*Tacton and hapticon*).

Mevcut haptik (haptikonlardan oluşan) cihazların bir çoğu kinestetik görüntüleme için güç geribildirim kullanır (Phantom®, Sensable Tech.). Bu tür ürünler 'Etkileşim Noktası' (point interaction) modeli ile çalışır¹⁰². Arka planda bilgisayar programı desteği ile önceden tanımlanmış ve kodlanmış sanal kütleyle ait bilgiler, kol yardımı ile kullanıcıya iletilir. Bu sayede ekranda görülen nesnenin hacmi ve uzamsal bilgileri algılanır. Örneğin bilgisayar oyunlarında kullanılan kumanda kolları (joystick) gibi...

¹⁰² Brewster, S.; M. Brown M.,L.; 2004, Tactons: Structured Tactile Messages for Non-Visual Information Display, Glaskow Interactive systems group, Dept. of Computing Science, Glaskow Uni. <http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/AUIC2004.pdf>



Resim 3.1. Solda, sanal kütlenin uzamsal bilgileri, kol yardımıyla kullanıcıya iletilir. Sağda, işaretleme kolunun (stylus) hareket kabiliyeti

Ancak bu tür ürünlerde dokunsal uyarımın yeterince duyarlı olmadığı, diğer deyişle dokunsal geribildirimden alınan bilgilerin yetersiz olduğu görüşü hakimdir. Bu sorunu azaltmak için üzerinde çalışılan Taktıl ikonlar (dokunsal simgeler) veya *Taktonlar* örneğin görmenin olmadığı durumlarda ya da doku, kenar bilgileri gibi kütlenin yüzeylerine ait ayrıntılarına ilişkin bilgilerin kutaneus, üstderi yoluyla aktarılması için yapılandırılmış bir tür ikonlardır.

Bir taktonun yapısında frekans, şiddet, bir dokunsal vuruşun (atımın) süresi, ritim ve bölge gibi farklı parametreler ölçülür.

Taktonlar ya da dokunsal simgeler günlük yaşamda cep telefonları, çağrı cihazları, bilgisayar oyunları gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Taktonlarla ilgili araştırmalar 'iğneleme (pin array)', vibrotaktıl ve crossmodel alt araştırmalarına ayrılmıştır¹⁰³. Telesensory Inc. firmasının görme engelliler için geliştirdiği Optagon *pinarray* prensibiyle çalışmaktadır (kullanıcı 6-8 iğnenin inip kalkmasıyla oluşan alfabeyi okuyabilir). Vibrotactile¹⁰⁴ (titreşim-dokunsallık) örneğin çağrı cihazları, cep telefonları¹⁰⁵ için araştırılmaktadır. Birden fazla duyunun uyarı olarak kullanıldığı Crossmodel modeline (çoklu duyuyla etkileşim modeli) temellendirilmiş çalışmalarda özellikle giyilebilir tasarımlarda uygulama yolları araştırılmaktadır.

¹⁰³ URL: www.tactons.org

¹⁰⁴ Mollen, K.V.d., 2005, The Vicinity Sensor: Exploring The Use Of Hapticons in Everyday Products, *Master Tezi*, Eindhoven Teknik Üni. Mekanik Müh.Dept. Dinamik ve Kontrol Teknolojileri Grubu, Hollanda., <http://alexandria.tue.nl/repository/books/598062.pdf>

¹⁰⁵ Chan,A.; MacLean, K.; McGrenere,J.; 2005, Learning and Identifying Haptic Icons under Workload, *Proceedings of the First Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*; pp.432-439, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1406966



Resim 3.2. Optagon, pin array modeli, mekanik titreşimlerin kutaneus uyarımla sinyale dönüştürülmesi (Telesensory Inc.).

Günümüzde görme ve işitmenin önplanda olduğu teknolojik cihazlara ilerleyen zamanlarda haptik etkileşim kanallarının eklenmesiyle, iletişimin zenginleşeceği öngörülmektedir¹⁰⁶. Görme engelliler, mobil ve giyilebilir aygıtlarda geliştirilebilir potansiyel barındırmaktadır.

3.2. DENEYİM ÇAĞINDA HAPTİK DENEYİMİN YERİ

Akılda kalan deneyimlerin çerçevesi, tüm duyuların fiziksel ve bilişsel aşamalarının birbirleriyle etkileşmesiyle çizilebilir. Kullanıcının, müşterinin ya da izleyenin edindiği deneyimlerin tasarım aşamalarına katılması günümüz tasarım anlayışında kendini göstermektedir. Laituri¹⁰⁷, tasarım mesleğinin evrimini ekonominin bir sonucu olduğunu belirtirken, geçmişteki tasarım anlayışının 2000li yıllarla birlikte değiştiğini göstermektedir. Bu bakışa göre Tasarım, deneyimlemenin bir parçasına dönüşmüştür.

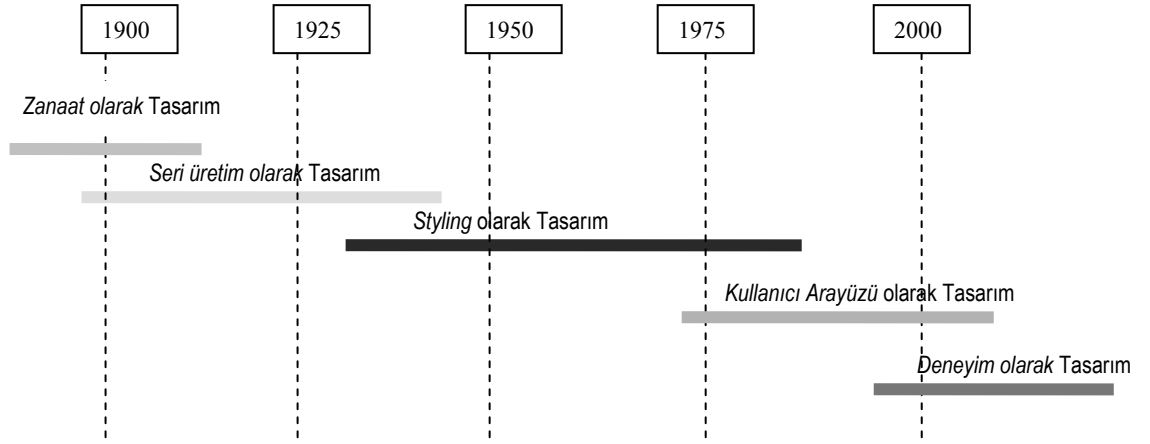
Sherdoff'a göre tasarım¹⁰⁸, *deneyimin tasarımına* dönüşerek bireyin anlamsal, duygusal ve değerlerinin etkileşimi boyutlarını içerir. Görüşüne göre deneyim tasarımı yalnızca dijital içeriğin kullanılması yoluyla kurulan etkileşimden ibaret değildir. Medya (medium) olarak tasarımın, diğer deyişle deneyim olgularının tasarıma dönüşme halini kapsar. Hatta 'yaratığımız herşey bir deneyimdir' diyerek görüşünü iddialı bir şekilde ortaya koyar.

Laituri'nin sunduğu tasarımın evrimine dair zaman çizelgesi de bu görüşü destekler niteliktedir. (Şekil 3.1.)

¹⁰⁶ Brewster, S.; M. Brown M.,L.; Tactons: Structured Tactile Messages for Non-Visual Information Display

¹⁰⁷ Laituri, D.; 2006, Design in the Context of Bussiness, *Process, Materials, Measurements*, eds: Cuffaro, D.; Paige, D.; Blackman, C.; Laituri, D.; Covert, D.; Sears, L.; Rockport Publ., ABD, s.12

¹⁰⁸ URL, <http://www.nathan.com/thoughts/stanford/index.html>



Şekil 3.1. Tasarım mesleğinin evrimi, çevresel ekonominin gelişiminin yansımasıdır. (Laituri, 2006)

Bireylerde yüksek düzeyde oluşan haptik deneyim konusunda son yıllarda sayısı artan çalışmalar, deneyim tasarımı anlayışının önemli bir elemanı olduğunu göstermektedir.

Mevcut sanal gerçeklik uygulamalarının teknolojik alt yapı sağlayan dünyanın önde gelen araştırma firması Immersion A.Ş.(ABD)¹⁰⁹, ‘dokunmayı’ kullanarak dünya ile temas kurmayı sağlamayı hedeflemektedir:

‘Deneyim hala bizim dışımızda, ancak kulağımız veya gözlerimiz kadar yakın’.

Bununla birlikte; *gerçekten deneyimleme*, ‘gör ve karşılık ver!’ anlayışının ötesindedir ve ‘deneyimin eksik parçası haptik’ duygudur. Bu yaklaşımlar sayısal verilerin tek yönlü bakışıyla oluşturulmuş ‘bilgi çağı’ndan, verinin bütününe ve etkileşimin kalitesine odaklanan yeni çağa, ‘Deneyim Çağı’na dönüşüm vurgulanır.

Bu anlayışın yaygınlaşarak yakın zamanda günümüz tasarım anlayışına eklenebileceği mümkün görünmektedir. Bu nedenle firmanın faaliyet alanlarına ve araştırmalarına değinmekte yarar bulunmaktadır.

- Medikal
- Mobil (Hareketli) iletişim
- Tüketici Elektronikleri
- Otomotiv
- Endüstriyel ve Ticari ekipman
- Oyun (gaming)

Slogan: “Haptik Deneyim dijital teknolojinin geleceğidir!”

¹⁰⁹ URL, <http://www.immersion.com>

Firma, araştırmaları doğrultusunda mevcut iletişim modeline haptik deneyimi eklemeyi hedeflemektedir. Bu sayede hem servis sağlayıcı şirketlerin (örneğin AT&T, Vodaphone, T-Mobile gibi operatörlerin) sayısal olarak kodlanarak saklanan mesaj yığınını azaltabileceğini hem de kullanıcıların (abonelerin) kendilerini ifade edebilecekleri yeni yolun açılacağını belirtilmektedir.

Firmanın bildirdiği bir araştırmanın 2007 yılı verilerine göre, Batı Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde GSM şebekeli telefonlarla kısa mesaj (SMS), multi mesaj sistemi (MMS) ve mobil IM'lar ile (instant message-anlık mesaj) iletişimden toplam 28 milyar\$ üzerinde gelir sağlamıştır. Dünya genelinde bu rakam 2007 yılı için 644 milyar\$, 2010 için öngörülen 782 milyar\$'dır.

Önümüzdeki on yılın sonunda cep telefonu abone sayısının dünya genelinde dört milyara yaklaşacağı öngörülmektedir. Yine verilere göre 2007 yılında Batı Avrupa ve Amerika Birleşik Devletleri'nde yollanan mesaj sayısı toplam 436.2 milyar adettir.

Mobil iletişimin evrimiyle sınırlı olmayan haptik etkileşim, medikal alanda veya tüketici elektroniği gibi alanlarda ticari ürünlere dönüşmektedir. Bunlara ek olarak otomotiv sektöründe yaygın kullanımı desteklenerek, kullanıcının bir diğer deyişle müşterinin beklentileri doğrultusunda deneyim yaşamaları mümkün olmaktadır.

3.3. OTOMOTİV SEKTÖRÜNDE HAPTİK TASARIM AŞAMASI ÖRNEKLERİ: ‘AUDI’ ve ‘DAIMLER AG’

3.3.1. ‘AUDI’

Haptik etkileşime yönelik tasarım anlayışı, otomotiv sektörünün önde gelen firmalarından Audi’de görülmektedir. Firma haptik deneyimi müşterilerinin yüksek beklentilerini karşılamak amacıyla kurduğu ‘Operasyonel Haptik Takımı’ ile tasarım aşamasına katmıştır. Özellikle araç içi tasarımıyla ilgili haptik etkileşimi analiz etmek, değerlendirmek ve belirlemek üzere kurulan ekibin bir bölümünü, araştırma-geliştirme departmanlarının ilgilendiği arayüzleri biçimlendiren teknik bölüm temsilcilerini içerir. Ekibin diğer üyeleri teknik çevre ile doğrudan ilgili olmayan şirketin diğer departmanlarından seçilmiştir.

‘Operasyonel Haptik Takımı’ araç haptiğinin kullanıcılar tarafından nasıl algılandığını nesnel ve teknik kısıtlamalardan uzak çıkarımlar elde etmeyi hedefleyen araştırmalar yürütmektedir. Teknik departmanlar ise, bu çıkarımların tasarım ve mühendislik uygulamaları ile ilgili çalışmaları sürdürmektedir.

Teknik departmanlar, tasarım ve mühendislikte yapılan özellikle yüzey hatları ve ‘haptik’ malzeme karakteristiği gibi değerlendirme sonuçlarının uygulanmasıyla ilgilenir. Bunlar ölçme, test etme ve özel malzeme kullanma yolları, malzemelerin ve bileşenlerin tasarımı ve bunların yerleşimleri ile etüt edilen deneyimlere göre yapılmaktadır. Örneğin, havalandırma (klima) mazgalının yönlendirme kanatlarını kauçuk benzeri kaymayan malzemeyle kaplamak gibi.

3.3.1.1. Otomobil koltuğu haptik değerlendirme kriterleri.

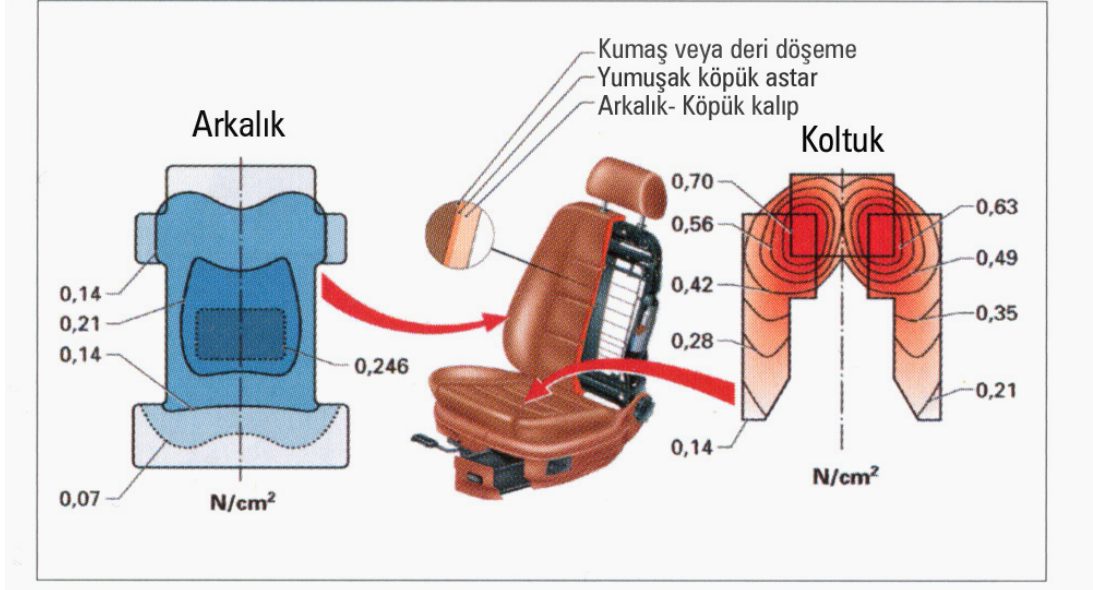
AUDI, çalışmasını araç içi geliştirme ve uygulama yöntemleri aşağıdaki üç örnek üzerinden açıklamıştır¹¹⁰:

¹¹⁰ Tietz,W.,2008, Haptic Design of Vehicle Interiors at AUDI, *Human Haptic Perception*, ed:M.Grunwald, Birkhauser Publ. s. 439-444

Tablo 3.1. Audi Operasyonel Haptik Takımı çalışması, koltuk rahatlığı değerlendirme kriterleri.

SÜNGERİN KARAKTERİSTİĞİ <i>Haptik geribildirim bileşeni</i>	- SERTLİK TANIMI - KONFOR PARAMETRELERİ - KOLTUK DEFORMASYON DİYAGRAMI
TİTREŞİM KARAKTERİSTİĞİ <i>Haptik bileşen</i>	- YAYLANMA (ESNEME) - SÖNÜM (SİNME)
KOLTUĞUN BASINÇ DAĞILIMI <i>Haptik bileşen</i>	- BAŞLANGIÇTAKİ KOLTUK KARAKTERLERİ
ERGONOMİ <i>Haptik bileşen</i>	- KOLTUK ÖLÇÜLERİ - EYLEM ALANI - EYLEMİN KUVVETİ - H NOKTASI POZİSYONU - YOLCUNUN TAM UZUNLUĞU VE BEDEN DURUŞ AÇILARI
ÖZNEL DEĞERLENDİRMELER	- TASARIM - TEST SÜRÜŞÜ
ORTOPEDİK OTURMA SAĞLIĞI <i>Haptik bileşen</i>	- BİÇİM - BİL DESTEĞİ - KALÇANIN KAVRANMASI - MİNDERİN KONTÜRLERİ / HATLARI
KOLTUK İKLİMLENDİRME <i>Haptik bileşen</i>	- İKLİMSEL RAHATLIK - HAVADARLIK/HAVALANDIRMA - KOLTUK ISISI
SÜREKLİ KULLANIM ÖZELLİKLERİ <i>Uzun süreli haptik geribildirim</i>	- VURUŞ/DARBE TESTLERİ - UZUN SÜREN YOLCULUK TESTİ - DENEME SÜRÜŞÜ - ÖZEL ARAÇLAR
GERİ DÖNÜŞÜM	

Ekibin koltukla ilgili yaptığı bu tanımlı çalışma, haptik duyunun tasarlanabilir ölçütlerini belirleyen bir çalışmadır. Yüzeyler, doku ve malzeme ile sınırlanmayan bu yaklaşım, bedenle ilgili bilgilerin ergonomi ve ortopedi gibi bilgilerin yanısıra haptik duyuya ait bilgilerin analizleri doğrultusunda geliştirilmiş olduğu görülmektedir.

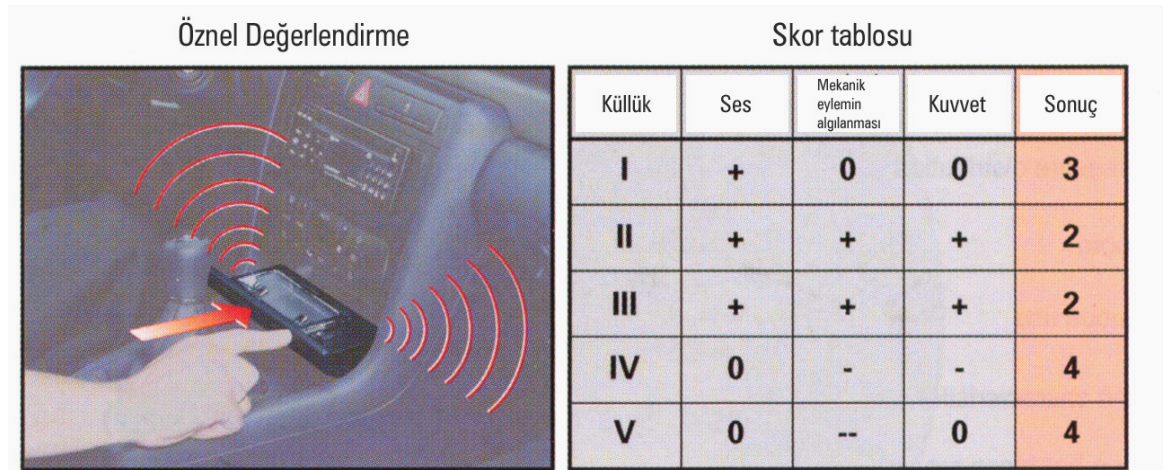


Resim 3.3. Koltuk Basınç dağılımı

Örneğin, koltuğun basınç dağılımı analizinde süngerin sertliği, deformasyon oranıyla ilgili analizler ve yaylanma, sönüm gibi titreşim karakteristik özellikleri haptik tasarımın ölçütlerini oluşturmaktadır. Buna ek olarak, sırt ve bel desteği gibi biçime dayalı analizler haptik tasarım ölçütlerindedir.

3.3.1.2. Otomobil İçi Donanımı 'Sürme Tip Küllük' için Haptik Değerlendirme Kriterleri.

Otomobil iç donanımı ile ilgili bir diğer çalışma, otomobilin ön tarafında yer alan sürme küllüklü çalışmasıdır.



Resim 3.4. Sürme tip küllük değerlendirme örneği.

Tablo 3.2. Operasyonel Haptik Takımı çalışması, ön panelde yer alan sürme küllüklü değerlendirme kriterleri.

Beş farklı kültablası üzerinde yapılan değerlendirmeler ile işlev bileşenlerini (açma-kapama) oluşturan tablo sunulmuştur (Resim 3.4. ve Tablo 3.2.)

Tablo 3.2. Sürme tip kültablası işlev bileşenleri.

İŞLEV BİLEŞENLERİ

örnek: **SÜRME KÜLTABLASINI AÇMA/KAPAMA**

SES	- ÇALIŞMA SESİ, ÖRNEĞİN KAPAMA HAREKETİNİN AKUSTİK GERİBİLDİRİMİ: Oluşan ses aralığına bağlı olarak, akustik geribildirim olumlu ya da olumsuz algılanabilir. Buna ek olarak, akustik geribildirim çoğu kez haptik algılama ile sonuçlanır. Örneğin, sürtünme sesi, akıcı kapanma durumu ölçülmemiş dahi olsa, akıcı/rahat kapanmayan çalışmayla bağdaştırılır. Bu nedenle, çalışma sesleri özellikle belirli etki üretmek için kullanılmalıdır. Bir direnç noktası olarak haptik geri bildirimle bağdaşık bileşenlerle birlikte eylemin başlangıcında kullanılan tanımlı bir ses, bütünde yüksek kalitede çalışma hissi yaratır.
MEKANİK EYLEMİN ALGILANMASI	-MEKANİZMANIN SÜREN HAREKETİNİN ALGILANMASI
KUVVET	-ÖRNEĞİN EYLEMİN BAŞINDA yaklaşık 9N.'luk KUVVET UYGULANMAKTADIR. 0,25N.'LÜK KUVVET ARALIĞINDAKİ DEĞİŞİMDE YUMUŞAK KAPANMA HİSSİ ZAYIFLIYOR.

Sürme tip küllük tasarımını analizlere göre, haptik geribildirim üç ölçütten oluşmaktadır:

- tablanın çalışma sesi,
- kullanıcının mekanik eylemi algılaması
- kullanıcı tarafından uygulanan kuvvet.

Üretim ve tasarım bileşenlerini oluşturan bu analizler haptik geribildirim dolayısıyla haptik etkileşimin tasarlanabilir ölçütleridir. Örneğin, deneyde kapatma eylemi sırasında ölçülen 0,25N'luk kuvvet farkına göre kullanıcı, tablanın sürtünerek kapandığı diğer deyişle yumuşak kapanmadığı hissine kapıldığı tespit edilmiştir. Bu fark, kullanıcı tarafından arıza olarak değerlendirilebileceği bir farkı oluşturmaktadır.

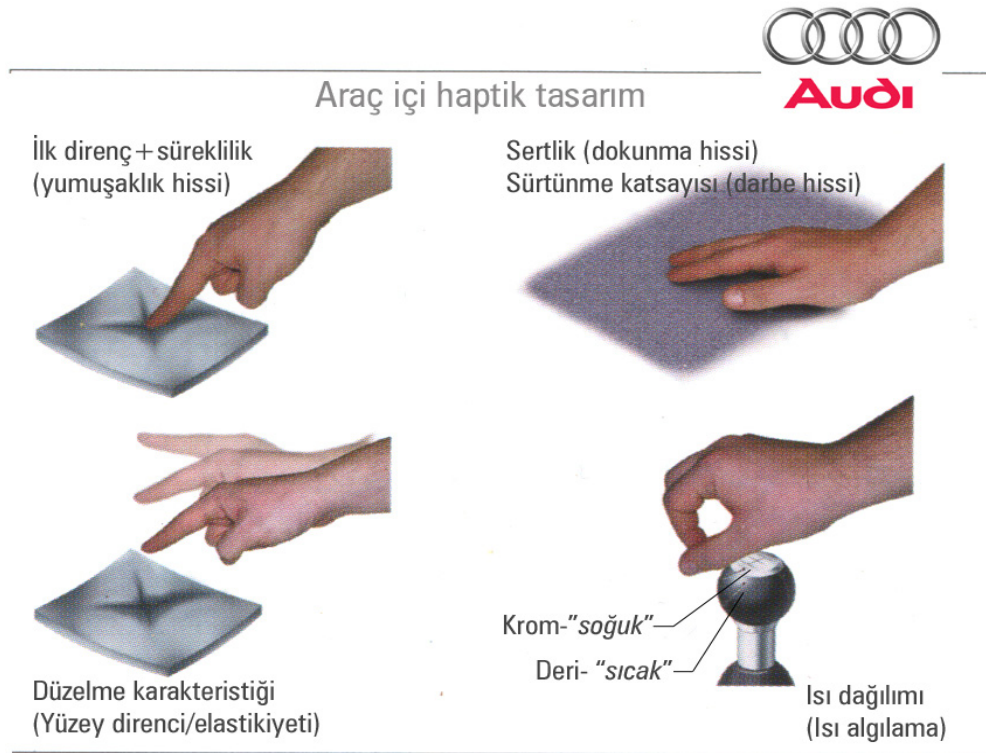
3.3.1.3. İç Donanımda Yüzeylerin Haptik Değerlendirme Kriterleri

Koltuk malzemesi ve otuma sırasında uygulanan basınç ile basıncın algılanması ve küllük gibi elle kullanılan iç donanım parçalarının haptik geribildirimlerinin yanısıra, otomobil iç donanımından kullanılan malzemeler ve yüzeyler ölçülebilir haptik bilgileri içerir. Audi, işlevsellik ve görsel çekiciliğin yanısıra, araç içine kullanıcının dokunmaktan hoşlandığı yüzeylerin karakteristiklerini araştırmaktadır.

Karakteristiklerin belirlenmesi için belirlenen yüzeylerin karşılaştırmalı değerlendirmeleri, haptik nitelikleri yüzeylere aktarmada kullanılmıştır.

Kullanıcının veya müşterinin öznel beklentilerini ölçülebilir kıılma ve değerlendirebilmek için, haptik izlenim dört alana ayrılarak incelenmektedir:

- Yumuşaklık hissi
- Yüzey direnci, elastikiyeti
- Dokunma, darbe hissi
- Isı algılama



Resim 3.5. Haptik İzlenimin dört alanı.

Haptik bilgi ya da dokunarak elde edilen bilgi 'boyut' veya ölçü'nün yanısıra¹¹¹; doku, sertlik, ısı ve basınç bilgilerini içerir¹¹². Belirlenen değerlendirme kriterleri, haptik algılamının içerdiği bu bilgilere dayandırılmıştır (Tablo 3.3.).

Araç içinde kullanılacak yüzeylerin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerden yüzeyin esnemesi ya da yüzey direnci, malzemeye bağlı özellik olarak

¹¹¹ Lederman, S; Klatzky, R. 1985, Identifying Object by Touch, Perception and Psychophysics, 37(4), 299-302

¹¹² Peck, J.; Childers, T.; To Have and To Hold: The Influence of Haptic Information on Product Judgment, *Journal of Marketing*, Sayı 67, Nisan 2003, s.35-48, çevrimiçi: www.atypon-link.com/AMA/doi/ref/10.1509/jmkg.67.2.35.18612

değerlendirilmelidir. Bu bakımdan malzeme, ürünün fiziksel özelliğini oluşturan haptik etkileşim bileşenlerinden biridir.

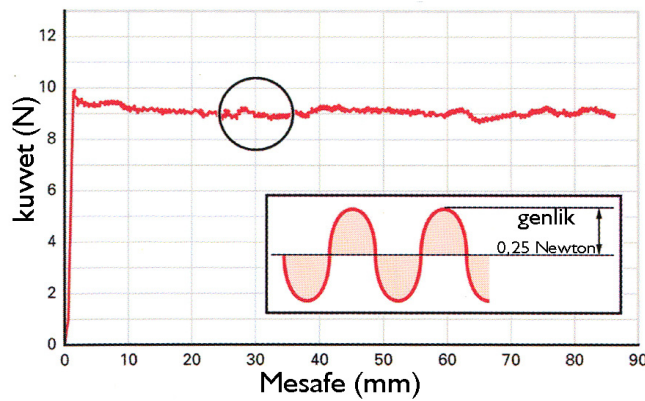
Tablo 3.3. Haptik izlenimin dört alanı.

YÜZEYLER

YUMUŞAKLIK HİSSİ	Parmak ucuyla yüzeye uygulanan basıncın direnci. Fiziksel olarak ölçülebilir.
YÜZEY DİRENCİ/ ELASTİKİYETİ	Yüzeyin düzelme karakteristikleri. Yavaş ya da hızlı toparlanma. Yüzey parmağı izlemeyebilir.
DOKUNMA/DARBE HİSSİ	Yüzey dokusundan edinilen bilgilerdir. Yüzey üstünde elini hareket ettiren birey, derisinde sürtünme hisseder. Ölçülebilir.
ISI ALGILAMA	Yüzeyin sıcak ya da soğuk hissedilmesi ile ilgilidir. Ana etken yüzeydeki ısı dağılımıdır. Göreceli olarak ölçülebilir, kıyaslama gerektirir.

Sıcak veya soğuk algılama, diğer deyişle ısı algılamada, yüzeydeki ısı dağılımı haptik algıyı değiştirir. Belirtilen ölçülme kriterinin göreceli olması ve kıyaslama yönteminin gerekliliği, ısıya duyarlılığın kişiden kişiye değiştiğini göstermektedir (bölüm 2.5.4. Farklılaşma Eşiği, s.50).

Basıncı uygulayarak yüzeyin ‘yumuşaklık hissi’ fiziksel olarak tanımlanabilir. Örneğin *Süreklilik* (sürekli basınç uygulamada aynı geribildirim almaya gibi) veya *temasın ilk aşamasında sertlik hissetme* gibi tanımlar, artan ya da azalan *kuvvet dalga boyunun* ölçülmesiyle tespit edilir (Şekil 3.1).



Şekil 3.2. Uygulanan kuvvetin şiddetinin dalga boyu ölçümü. (kültüblası örneği üzerinden) Parmağın ilk temas noktası 0 noktasıdır. 9,5Nluk kuvvetin uygulanmasıyla tabla kapanmaya başlar ve doğrusal bir yol izler. 2,80 mm mesafe ilerleyen küllüğe uygulanan kuvvetin 0,25Nluk farkın, yumuşak kapanma hissi yarattığı tespit edilmiştir.

Yukarıda verilen örneklerden de anlaşılacağı gibi, haptik duyu birden çok bileşenden oluşmaktadır. Örneğin ilk örnekte beden kavranması, oturmaya bağlı değişkenler ile koltuğa uygulanan basınç ve buna karşılık veren süngerin hem ısısal hem de sertliğinin değerlendirilmesi bu bileşenlerden birkaçını oluşturmaktadır.

Diğer yandan; sürme tip küllük örneğinde görülen işitme ve haptik duyularının birlikte çalışması (*multimodality*/çoklu kiplik durumu), mekanizmanın süren eyleminin algılanması ve özellikle uygulanan kuvvette tespit edilen fark, yumuşak/sert bileşenini göstermektedir.

Yüzeylerin değerlendirildiği haptik izlenim alanlarını oluşturan bileşenlerin tümü haptik bilgilerden edinilmiştir. Yumuşaklık, esneme gibi malzeme özelliklerini oluşturan bileşenlerin yanısıra, sürtünme veya ısı algılama tanımları da haptiğin ölçülebilir bileşenleri olarak kabul edilmelidir.

3.3.2. 'Daimler AG'

Otomotiv sektörünün haptik tasarımla ilgili çalışmaları, diğer firmalarda da yürütülmektedir¹¹³. Daimler AG, bünyesinde bulunan Müşteri Araştırmaları Merkezi'ndeki haptik laboratuvarında deneysel algı psikolojisi uzmanı psikologlar ile birlikte tasarımcı, pazarlama ve geliştirme departmanı elemanları yer almaktadır. Şirketin interdisipliner yapısı, haptiğin laboratuvar ölçümlerinin yanısıra beş adımlı metodla bir tasarım analizi oluşturulmasında etkili olduğu görülmektedir.

Ana hatları ile firmanın haptik tasarımı konusunda ilk hedefi, sürücüye ergonomik, tam güvenli ve rahat bir sürüş sağlamaktır. İkinci hedef, *algının niteliğine odaklanarak* kalite duygusunu yaratmaktır. Kullanıcı, işlevselliğinin yanısıra tüm duyuları ile hissedebildikleri araç beklentisindedir.

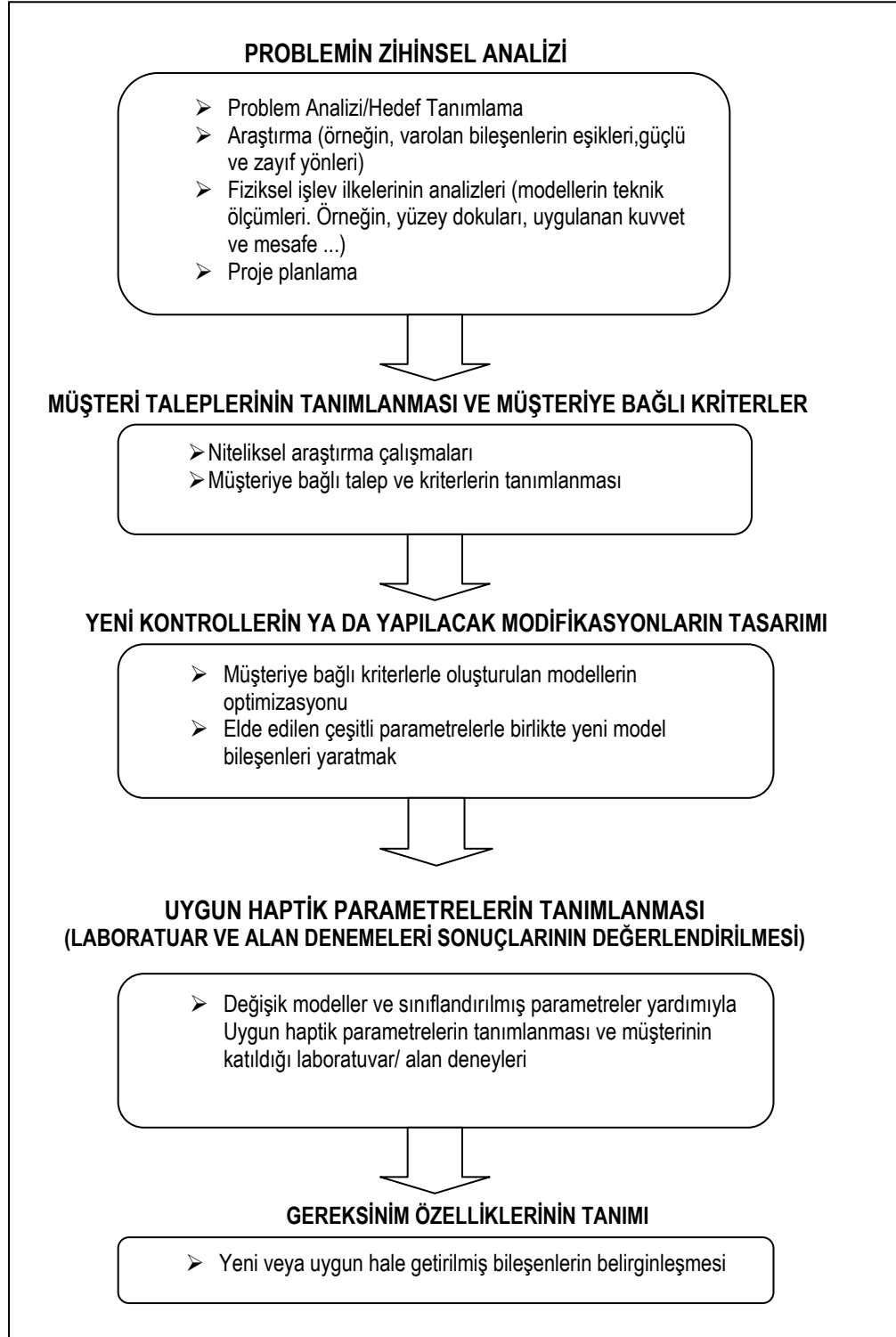
Kalite duygusunu yaratmak ve müşteri beklentilerini karşılamak için haptiğin tasarımının özel bir yeri olduğu vurgulanmıştır. Firmanın bu doğrultuda araştırmalarının ana hatları, mekanik kontroller (kulplar, havalandırma kanatları, kapaklar), elektrikli kontroller (anahtarlar, ayarlama kontrolleri, döner kontrol düğmeleri) ile yüzey malzemelerinin (deri, cilalar, kaplamalar, trimler ve dekoratif unsurlar vb...) haptik algısına yöneliktir. Belirlenen hedeflere ulaşmak için oluşturulan metod beş adımdan oluşur (Tablo 3.4).

¹¹³ Enigk, H.; Foehl, U.; Wagner, V.; 2008, Haptics Research at Daimler AG, *Human Haptic Perception*, ed:M.Grunwald, Birkhauser Publ., pp.454-458

Yüzey dokuları, varolan bileşenlerin zayıf veya güçlü yönleri, hedef analizi gibi alt parametreler, ilk adım olan ‘*Problemin zihinsel analizi*’ aşamasını oluşturmaktadır.

İkinci adım olan ‘*Müşteriye bağlı kriterler*’, taleplerin tanımlanmasını ve niteliklerin oluşturulmasını içermektedir.

Tablo 3.4. Daimler AG , Haptik araştırmaları metodolojisi.



Üçüncü adımda araç içi kontrollerin veriler doğrultusunda yeniden ele alınması veya yeni bileşenlerin oluşturulması aşamasıdır (*yeni kontroller veya modifikasyonlar*).

Dördüncü aşamada müşteri, haptik tasarım araştırmasının içinde yer almaktadır. Laboratuvar deneyleri ya da alan deneylerinde, sınıflandırılmış parametreler ile modeller üzerinden elde edilen sonuçlar değerlendirilir (*parametrelerin tanımlanması*).

Son aşamada, bir önceki adımda elde edilen sonuçlar, tanımlanmış bileşenlerine dönüşerek tasarım aşamasına katılır (*gereksinim özelliklerinin tanımı*).

3.4. HAPTİK TASARIM AŞAMASI ARAŞTIRMA ÖRNEĞİ: ‘KABLOSUZ TORNAVİDA’

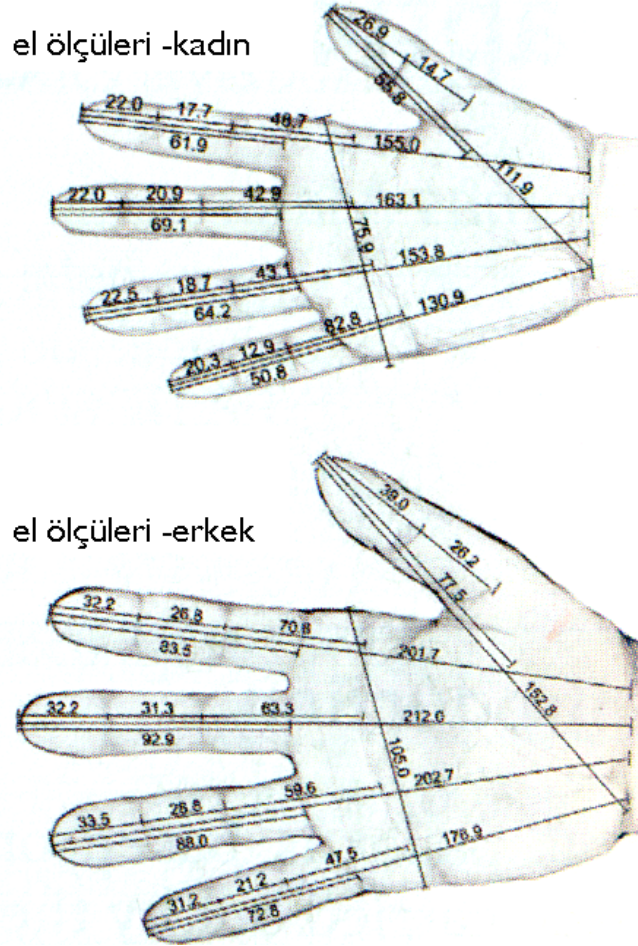
Haptik duyunun bedenin tümünü ilgilendirdiği ve derinin (epidermis) kendine başına haptik duyu kalanı olduğunun kabulünün yanısıra, en sık kullanılan haptik uzvun ‘El’ olduğu belirtilmiş; el ile kavrama ve tutma eylemleri ikinci bölümde ayrıntıları ile incelenmişti. Aşağıda sunulan araştırma örneğinde; gündelik ürünler arasından sık kullanılan bir el aleti olan kablosuz tornavida ele alınmıştır¹¹⁴.

Maier çalışmasını 2003 yılında Stuttgart Üniversitesi’nde (Engineering Design and Industrial Design-IKTD) yapılan bir araştırmayı baz alarak geliştirmiştir. Maier’e göre tasarım insan-ürün ilişkisine, tasarlanan ürünün gestalt öğelerine, bir diğer deyişle biçim, renk, grafik gibi alt gestalt öğelerine odaklanır. Bunlara kullanıcının görme, işitme, hissetme, koklama veya tatma gibi duyuları algılamaya katılır. Bu durum kullanıcının belli yönde davranması sonucunu oluşturur. Her bir algılama türünde farklı performanslar gösterilir, oransal olarak ‘göz’ en çok bilgiyi toplayandır.

Deri yoluyla haptik algılama yaklaşık 4x10⁵ bit/s.’dir. Basınç, sertlik, duruş (pozisyon), hareket, ısı, nem veya elektrikselliği hissetme haptik ve taktik algılamalardır. Matkap gibi karakteristik kabzası olan el aletleri, elin geometrisine tasarlanmalıdır. Ancak bu tek başına yeterli olmadığı gibi, elin hareket kabiliyetleri, kullanıcının beklentileri de göz önünde bulundurulmalıdır.

¹¹⁴ Maier, T.; 2008, Haptic Design of Handles, *Human Haptic Perception*, ed.: Grunwald, Birkhauser Publ., s.460-466

Bu bakışa göre oluşturulan çalışmada yedi aşama bulunur: (1) İş-work, (2) karşılaştırma-benchmark, (3) ergonomi analizi, (4) taleplerin karmaşıklığı, (5) alternatif kavramsal çalışmalar, (6) değerlendirme, (7) seçme.



Resim 3.6. Erkek ve kadın el ölçüleri (mm).

3.4.1. Karşılaştırma- Benchmark

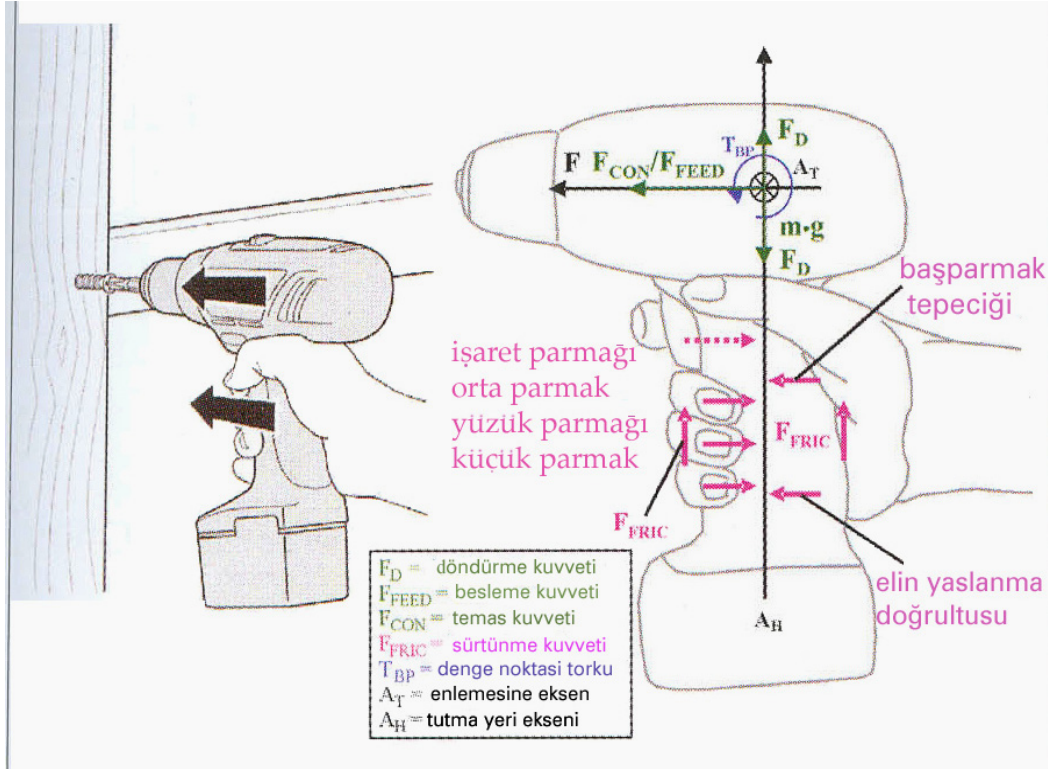
Piyasadaki ürünlerin karşılaştırılması ve değerlendirilmesidir. Bir çok firma kavramanın etkisini artırmak için sertlik derecesi ve kalınlığı değişen kauçuk kaplama kullanmaktadır.

3.4.2. Ergonomi Analizi

Kullanıcı analizlerini içeren bu analiz, cinsiyete göre değişen el ölçüleri ve kol uzunluğu bilgilerini içerir. Bir kablosuz tornavidanın kabzası, ürün ile kullanıcı arasındaki arayüzdür. El ölçülerinin yanısıra taktil ve haptik parametreler bu arayüzün niteliklerini değiştirir.

3.4.2.1. Vidalama ve delmede iş yükü

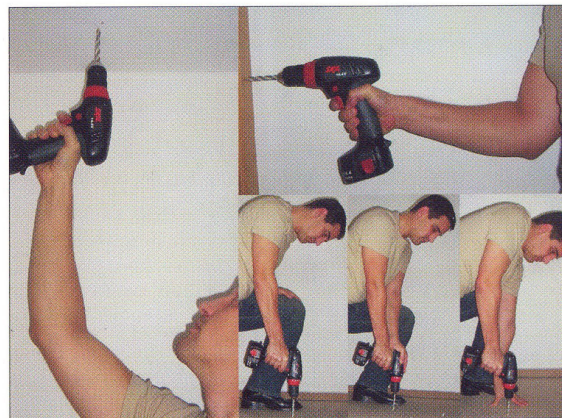
Delme ve vidalamada iş yükünün oluşturduğu kuvvet ve tork (bükme momenti), kabza yoluyla bir tür manivela gibi davranan kullanıcının eline aktarılır. Tepki olarak kullanıcının eli gereken miktarda karşı kuvvet ve tork uygular (Resim 3.7.).



Resim 3.7. Delme ve vidalama esnasında iş yükü.

3.4.2.2. Kullanıcının çalışma pozisyonları

Çalışma sırasında kullanıcının pozisyonlarındaki değişiklik iş yükünden kaynaklandığı gibi, el-kol-beden anatomisinde de kaynaklanır. Duvar, tava, zemin gibi yerlerde sınırlı çalışma alanı olabilir.



Resim 3.8. Kullanıcının çalışma duruşları

3.4.2.3. Kabza ölçüleri ve biçimi

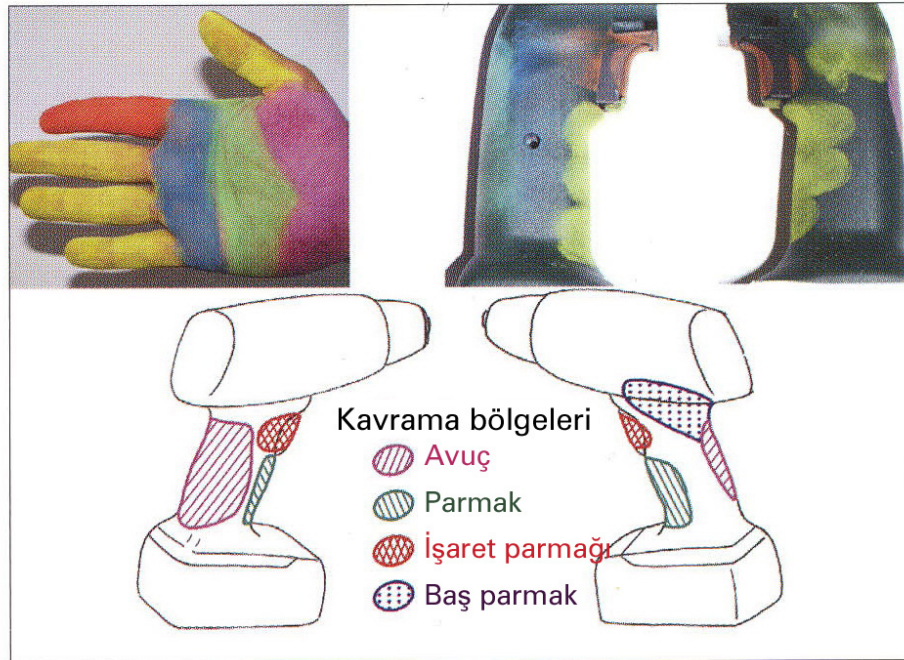
Kabzanın ölçü ve biçimi, kablosuz tornavidanın iç kısmı gibi fonksiyonel elemanlarına bağlıdır. Ayrıca tetiğin çalışması ve şarjın üst boyun kısmı için gereken boşluk da bu ölçüleri etkiler. Bu nedenle bu tür el aletleri çoğunlukla iç kısımdan dışa doğru, diğer deyişle merkezden uzaklaşarak tasarlanır, ele uygunluğu açısından kabzanın dairesel çevresi aralıklarla ölçülendirilir.

3.4.2.4. Kavrama yolları

Kavrama biçimleri net şekilde tanımlanmıştır. Kullanıcı kabzayı tüm eli ile kavrar, işaret parmağı sürekli tetiğe basar.

3.4.2.5. Elin tutma bölgeleri ve eşleşme düzeyi

Elin tutma bölgeleri el-kabza arasındaki arayüzdür. Sol veya sağ elini kullanan kullanıcıya göre avuç içi, işaret parmağı, baş parmak ve diğer parmaklar kabzada farklı tutma bölgeleri oluşturur. Bu durumda ‘eşleşme düzeyi’ (*coupling degree*) temel olarak elin kabza aksı yönünde sürtünme kapanışı, eklenmiş bir form kapanışıdır (Resim 3.9).



Resim 3.9. Elin kavrama bölgeleri ve eşleşme düzeyleri

3.4.2.6. Kabzanın malzemesi

Kabzanın malzemesi çoğunlukla kauçuk kaplamalı plastiktir. Doku kazandırılmış yüzeyler, yapılandırılmış lak, yalnızca örneğin elin terini çekmesi için kullanışlıdır. Öte yandan yumuşak yüzeylerin haptik niteliği güçlü olduğu gibi dokunması memnun edicidir.

3.4.3. Önkoşullar Derlemesi

Eldivenle kullanabilme, kişiye özel kaplama, ısıya karşı dayanıklılık, monte edilebilirlik, şoku absorbe etme, tutma yüksekliği gibi birbirinden farklı talepler, önkoşulları oluşturan gereksinimlerdir.

3.4.4. Alternatif versiyonların oluşumu

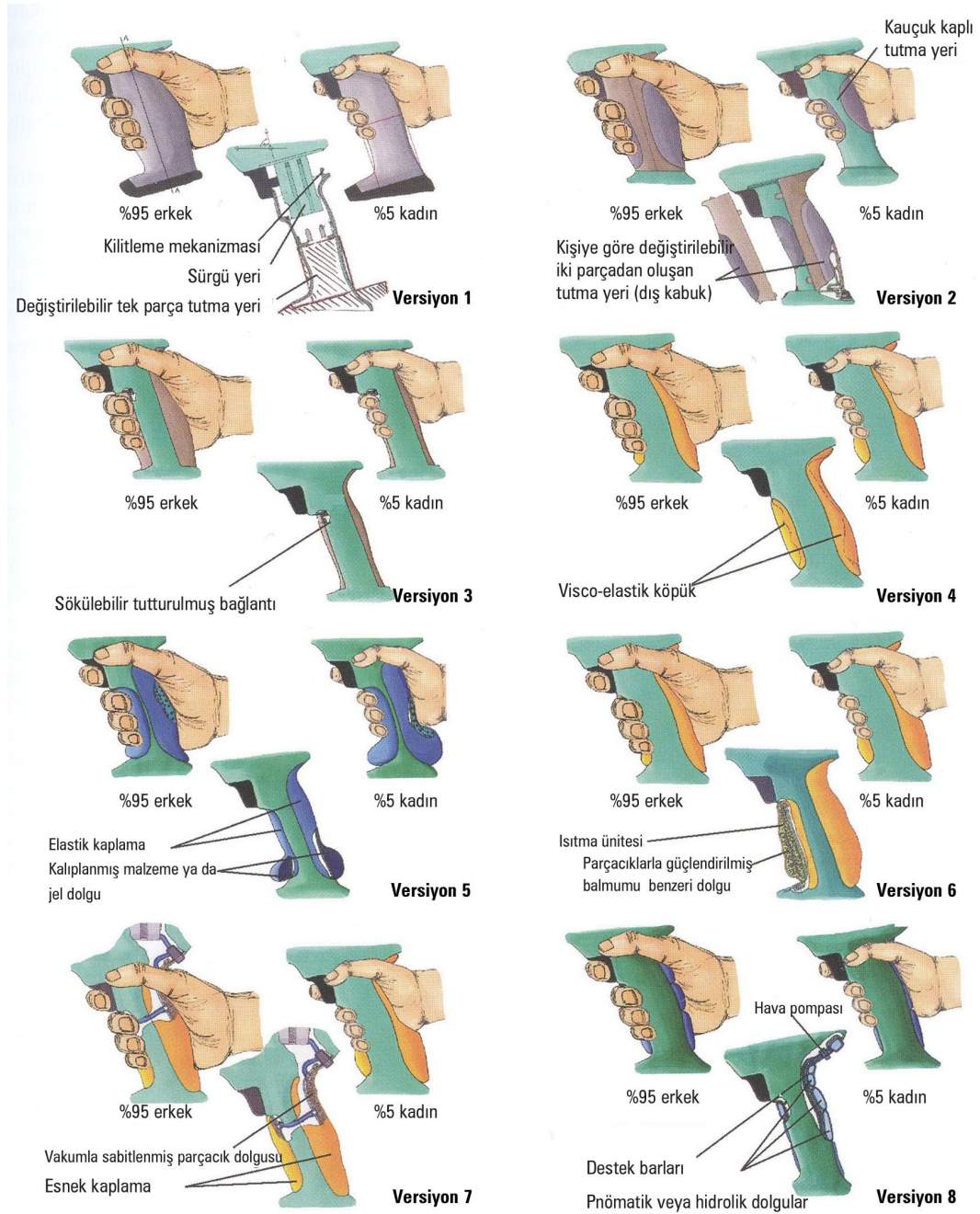
Bireysel gereksinimlerin belirlenmesiyle parametreler oluşturularak tanımlara ulaşılmıştır. Bu tanımların analizleri sonucu bekletilerin karşılanabilmesi amacıyla on beş farklı kavramsal proje geliştirilmiş, bunlardan sekiz adedi seçilerek detaylandırılmıştır.

Örnek 7, vakumla sabitlenmiş parçacık dolgusu bir yüksek teknoloji çözümü sergiler. Kabzaya bağlı esnek kaplama küçük parçacıklarla doldurulmuştur. Kabzanın kavranmasının ve bağımsız deformasyonun ardından tetiğe basıldığında kablosuz tornavidanın motoru tarafından kaplama içinde bir vakum oluşturulur. Bu vakum bir subap aracılığıyla tekrar kaplamanın iç kısmına hava üflenene kadar kalıcıdır. Vakum, kaplamayı kabza gövdesine doğru çeker aynı zamanda araya doldurulmuş parçacıklar da araya yapışır. Kabza artık kendiliğinden dayanıklı hale gelmiştir. Bu sistem bütünüyle geri dönüşebilir ve uyumludur (Resim 3.10.).

Örnek 2, iki parça değiştirilebilir kabzalardan oluşur. Temel olarak bu kabzanın çıplak hali kullanıcıların %52'ini oluşturan en küçük eline göre oluşturulmuştur. Kabzanın nihai büyüklüğü ve şekli arka ve ön taraftan eklenen iki yarım kabuk ve bunların temel sapa çıtçıtla (*snap-on*) tutturulmasıyla oluşur. Yine burada da haptik özellik lastik bir kaplamayla geliştirilmiştir (Resim 3.10.).

Örnek 3, kabzanın ön ve arka yüzlerinde özel lastik kaplamalı bileşenler bu alternatifin karakteristik özelliğidir. Burada aslolan her bir kullanıcının el yapısına aşamalı olarak adapte olmaktır. Lastik kaplamalı bileşenler kolaylıkla değiştirilebilir

ve çitçitli (*snap-on*) bağlantı ile yerine sabitlenir. Bu elemanlar farklı kalınlıklarda lastik kaplı bir termoplastik ve elastomer olan iki bileşenden oluşur (Resim 3.10.).



Resim 3.10. Kabza versiyonları. Talepler ve beklentiler doğrultusunda oluşturulan onbeş alternatiften sekizi seçilerek değerlendirmeye alınmıştır.

Örnek 1, bütünüyle değiştirilebilen ve farklı ölçülerde bağımsız kabzalar sayesinde kişiselleştirmenin en yüksek seviyesini temsil eder. Bu tür kabzalar sabit kanallar üzerinde kabzanın alt kısmından gövdeye doğru kaydırılarak takılır ve çitçitli (*snap-on*) bir mekanizmayla yerine sabitlenir. Bu kabza, kısmen kristalize termoplastik

madde ve termoplastik elastomerden üretilmiş lastik kaplamadan oluşur (Resim 3.10.).

3.4.5. Değerlendirme ve seçme

Sekiz alternatifin değerlendirilmesi, alternatif versiyonlar için oluşturulan kriterlere bağlı yapılmıştır. Sonuçların kesinleşmesini sağlamak amacıyla, puanlama yapılarak değerlendirilen versiyonlardan örnek 7, ilk sırada yer almıştır. Örnek 2 ve 3 ise eşit puan alarak ikinci tercih edilen alternatif çözümdür. Örnek 1 üçüncü sıradadır. Bu sıralamada yer alan örneklerdeki tasarım önerileri bir önceki başlıkta ayrıntılarıyla açıklanmıştır.

İlk sırada yer alan örnek 7'deki çözüm önerisinde kabza, kullanıcının eline uyum gösterirken sağlamlık da sağlamaktadır. Kişisel uyum sağlayabilme ve deformasyonun kullanıcıyı rahatsız etmeyen ölçüde olması, bu örneği önplana çıkaran özelliktir.

Tüm öneriler arasında dördüncü örnek arasında en az puan alan çözüm önerisidir. Kabzaya yerleştirilmiş visko-elastik köpük, kullanıcının elinin basıncına göre şekillenir. Köpüğün geçici biçimsel hafıza vardır ve bırakıldığında çok yavaş şekilde eski halini alır. Bu nedenden dolayı, başka kullanıcı tarafından kullanılması gerektiğinde adapte olması uzun zaman aldığından dezavantaj oluşmaktadır. Ayrıca çevresel etkilerden arındırmak için Tempur (poliuretandan yapılan bir çeşit viskoelastik) koruyucu amacıyla eklenmelidir.

Kablosuz tornavida örneği üzerinden geliştirilen çalışmada, haptiğin el ile kavrama-tutma ve malzemeyle olan ilişkileri açıkça görülmektedir. Çalışmada yararlanılan birçok bilginin yanısıra elin hassaslığına, esnekliğine ve hareket kabiliyetine uygunluğunun araştırılması için belirlenen alt parametreler (örneğin, *kabzanın malzemesi veya delme ve vidalama sırasında elde oluşan iş yükü* gibi) haptik duyunun bileşenlerini ve etkileşen yönlerini ortaya koymaktadır.

4. SONUÇ ve DEĞERLENDİRME

‘Dokunma duyusu’, diğer deyişle günümüzde daha kapsamlı tanımıyla insanın ‘haptik algısı’, bir sistem olarak kabul edilmektedir. Aynı zamanda diğer duylara oranla merkezde rol oynadığı düşünölmektedir. Yürütölen bilimsel çalışmalar ışığında bir çok disiplinin konuya kendi bakışlarını veya multidisipliner yaklaşımların ortaya konduğu izlenmiştir.

Haptiğin algısal ve bilişsel yönleri, birbirini tamamlayan unsurlar olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan haptik sistemiyle ilgili araştırmaların biyoloji, psikoloji, nörofizyoloji ve sosyal mekanizmalar ile bunların etkileşimlerini içerdiği görölmüştür. Ayrıca özellikle tüketici elektroniği, sanal arayüzler, robotbilim vb. alt araştırma alanlarına ait uygulamalarda *haptiğin tasarımının* kullanıldığı görölmektedir.

Ürün tasarımı aşamalarında haptik duyumsamaya ait bilgilerin kullanıldığı uygulamalar karşımıza sıklıkla çıkmaktadır. Yapılan çalışmalarda kullanıcının duygusal düzeydeki beklentilerinin temelinde insan bedeninin fizyolojik esaslarına odaklanan bilgilerin yer aldığı görölmektedir.

Ürün tasarımına katkılarını ortaya koyabilmek için haptik duyuyu oluşturan bileşenlerin belirlenmesi gereklidir. Bu bakımdan sonuç bölümünde; ilk olarak temel fizyolojik ve sistemik bulgular ortaya koyulmuş, daha sonra tezde sunulan bilgi ve araştırmaların ışığında uyaran (çevre/ürün) ve uyarılan (insan/kullanıcı) kurgusuyla ele alınarak aşamalı olarak detaylandırılmıştır.

Konunun kapsamının genişliği nedeniyle, bu çalışma ele odaklanarak haptiğe dair olgu ve bulguların detaylandırılması, ‘*elin kullanımı*’ gözetilerek düzenlenmiştir.

4.1. İNSAN HAPTİK SİSTEMİNE DAİR TEMEL FİZYOLOJİK VE SİSTEMİK BULGULAR

Motor hareketler (kinestesia) ve üstderiyle (taktil/dokunsal) duyumsama haptik duyunun temel bileşenleridir. Bedenin tümü, diğer deyişle yaklaşık 8,2m²'lik deri yüzeyi ile iç ve dış organlar ile uzuvlar sürekli ve kesintiye uğramadan çalışır.

Dokunma yoluyla *ısı, basınç, doku ve sertlik bilgileri* aktarılır. Buna göre; haptik bilgi, ısı, basınç, doku ve sertlik bilgilerine odaklı çalışır.

Haptik sistem; fizyolojik açıdan üç bileşenden oluşan bir sistemdir:

- **Motor eylem/mekanik hareket:** Uzuvlar (kinestesia/ *motor based*)
- **Taktil/dokunsal duyumsama:** Deri (kutaneus/ *skin based*)
- **Kas ve tendonlarda gerilim:** Eklem (proprioseptif/*motor based*)

Bedenin hareketleri ile bir diğer deyişle uzuvlarla (el-kol ve bacakların mekanik hareketleriyle) çevreye ait yön/yönelim gibi uzamsal bilgi edinilir. Aynı zamanda kaslar ve tendonlardaki gerilmeler haptik duyunun bileşenleridir.

Dokunsal duyumsamada deride yer alan alıcılar, titreşim, sertlik, ısı, elektromanyetik uyarılar, basıncı iletir. Deriye uygulanan basınç literatürde aynı zamanda mekanik uyaran olarak da geçmektedir.

Derinin biyomekaniği ve deri altındaki alıcılar, gözlerin görmesi ya da kulakların duyması kadar temel esas ile çalışır. Deri altında bulunan terminaller, dokunsal bilginin sinirsel kodlamasında rol oynar. Deride bulunan alıcıların sayısı, bedende buldukları yere göre azalır veya çoğalır.

Bedende alıcıların en sık bulunduğu yerler parmak uçları ile ağız ve çevresidir. Bunun yanısıra deri üzerindeki noktasal uyarımların ayrı algılanması için gereken mesafe, bedendeki bölgelere göre değişir. Belli mesafelerden daha az bir aralık (ayrıntı için, s.19) ile iki noktaya basınç uygulandığında kişi, tek noktaya basıldığı hissine kapılır.

Parmak ucu hareket ettirildiğinde 3 mikronluk fark algılanabilir. Dolayısıyla bir yüzeyin topografyası parmak ucu hareket ettirildiğinde algılanır.

Örneğin teknoloji ilerledikçe küçülen bazı cep telefonlarının tuş boyutlarının da küçüldüğü görülmektedir. Bazı örneklerde çekiciliği artırmak için telefonun temel işlevi arka plana atılarak, tuş takımlarının parmak ucuyla ayırtdilemez biçimde tasarlandığı söylenebilir. Bu tür bir telefondaki tuş takımının tuşları arasındaki

uzaklık, tuşlar ayırte dileyemeyecek kadar ise, yanlış kullanım ya da yanlış tuşa basma olasılığı artar.

Bu bakımdan tasarımda birbirine çok yakın tuşlar kullanılmak isteniyorsa, yüzeyde topografik çalışma yapılması önerilmektedir. Örneğin yumuşak bombeli yüzeye sahip tuş takımı gibi.



Resim 4.1. Parmak ucuyla yüzey değerlendirme- Sağdaki resimde tuşlarda görülen bombeli yüzeyler, kullanımı kolaylaştırırken, solda görülen tuş takımının oldukça düz yüzeye yerleştirilmiş tuşları diğeri kadar kolay kullanılamayabilir.

Haptik duyunun, fizyolojik bileşenlerinin yanısıra zihinsel bileşenleri de bulunur. Bir objeye dokunulduğunda, ilk olarak tüm bilgiler dağıtılarak deriye *mekanik yükleme* yapılır. Böylelikle objenin yüzeyi ile temasa geçilir. Girdilerin kombinasyonu, nesnelerin tipi, ölçüsü, tanıdık gelmeleri ile mevcut bilgiler ve görev durumları ile çeşitlenir¹. Beyin ise dokunulan nesneyi tanımlamak için varolan bilgi depolarına başvurarak o nesnenin temsili karşılığını arar.

Beyindeki duyuşsal bilgi deposuna (sensory information storage), bilgi red edilse bile depolanmaktadır. Bilişsel sistem, yeni bilginin duyuşsal bilgi depolarına aktarılmasıyla sonlanır.

Yüzeyin üzerindeki bir noktaya, örneğin bir ekmek kırıntısına ellendiğinde, verinin duyuşsal depoya ulaşması süresi yaklaşık 70 ms.'dir. Bilginin bozunması diğeri deyişle bir başka önceki bilgiyle yer değıştirmesi süresi ise yaklaşık 200 ms.'dir. Veri aktarımının oldukça kısa sürede gerçekleşmesi, haptik duyunun daima aktif olduğunu göstermektedir (yaşın ilerlemesine veya deride oluşın hasarlara bağılı değışiklikler vb. nedenleriyle oluşın deformasyonlar hariç).

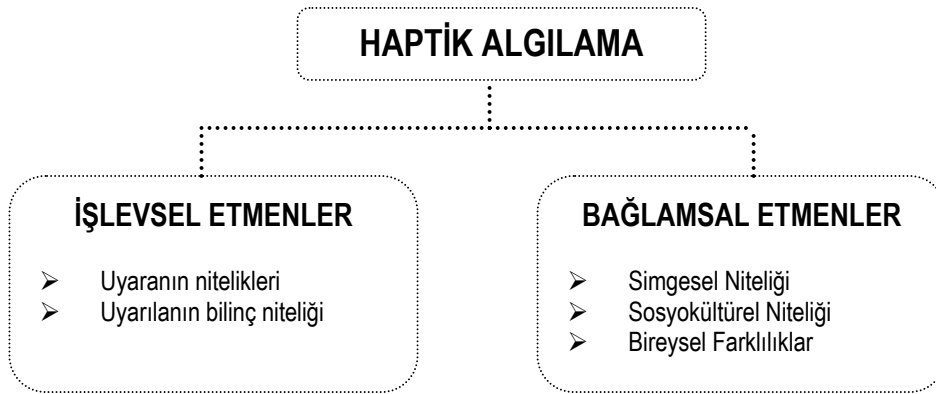
¹ Millar, Susanna; *Memory in Touch*, Oxford Uni. Dept. of Experimental Psychology, Psicothema, vol 11, no 004,1999, pp. 747-767

4.2. HAPTİK ALGILAMA BİLEŞENLERİ

Temel olarak haptik duyu, insanın dış dünyadan dokunma yolu ile aldığı bilgilerin tümünü aktaran duyudur. Buna göre, dünyada bulunan her nesne uyarıcı olarak bulunur. İnsan ise, uyarılıdır.

Haptik algılama ikiye ayrılarak ele alınmalıdır: **1- İşlevsel yönü; 2- Bağlamsal yönü.**

İşlevsel yönü, uyarıcı ve uyarılanın nitelikleri ile bunları etkileyen değişkenleri içermektedir. *Bağlamsal yönü* ise temel olarak, insanın ve insan yapımı nesnelerin barındırdığı kültürel, sosyal veya simgesel etmenleri barındırır.

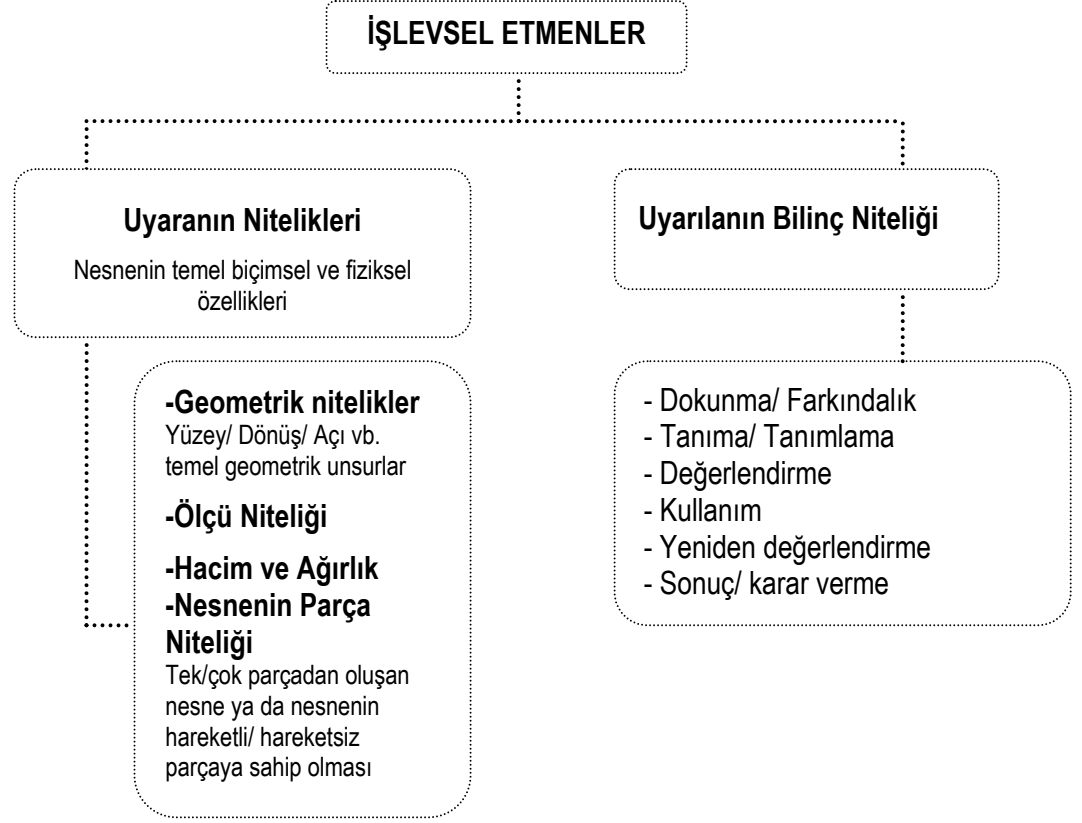


4.2.1. Haptik Algılamada İşlevsel Etmenler

Uyarılan olan insanın haptik algısı ve farkında olma durumu bilinç oluştururken, aynı zamanda edindiği deneyimlerin katkısıyla davranışlar üretir.

Uyarıcı ise (nesne), temel olarak biçimsel ve fiziksel niteliklerle değerlendirilmelidir. Geometrik yapı, ölçü, hacim, ağırlık ve tek parça ya da çok parçadan oluşmuş olma vb. özellikler, haptik duyuyu temel olarak tetikleyen bileşenler olarak bulunur.

Haptik duyu yüzey, dönüş, açı gibi nesnenin formuna ilişkin *geometrik* bilgilerin yanı sıra *ölçüsüne* dair bilgilerini de aktarır. Objenin *kenar*, *köşe*, *dönüş* gibi yapısına ait bilgiler haptik duyu ile algılanır. Ölçü ise, gündelik hayatta genellikle örneğin *büyük/küçük*, veya *kısa/uzun* gibi ifadelerle anlatılır. Genel olarak haptik algı, nesnenin ölçülerine göre değişmektedir. Örneğin, bir iğneyi tutmak (parmak ucu ile tutuş); bir el mikserini tutmak (kavrayarak tutuş); veya birine sarılmak (bedenin tümü ile)...



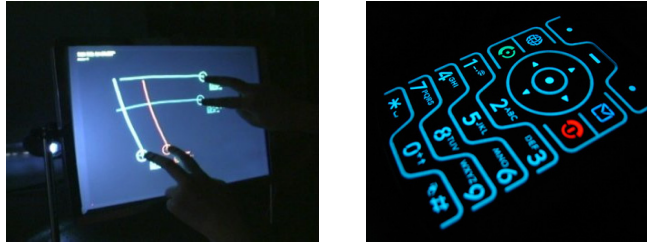
Hacim ve ağırlık hisleri, ürünü kullanırken veya taşıma sırasında hacmi ve ağırlığına göre değişen miktarlarda eklemelere binen yük nedeniyle oluşur. Kasların ve tendonların gerilimi bu hislerin aktarılmasında rol oynar. Kullanıcının kapasitesinin üzerinde hacim ya da ağırlık, ürünün kullanımını zorlaştırabilir. Kullanan tarafından kabul edilebilir oranda olmalıdır. Örneğin geleneksel bir kapı kulbunun genel ölçüleri ve hacmi elin kavrama kapasitesinin üzerinde olmamalıdır. Diğer yandan zorunlu durumlarda, özellikle ağır ürünleri taşımada, taşımayı kolaylaştırabilecek detaylar düşünülebilir.

Nesneye uygulanan kuvvetle varsa hareket eden parçalar algılanır. Nesnenin tek parçadan ya da çok parçadan oluşmasına bağlı olarak haptik algının niteliği değişir. Buna göre, *hareketli parçalar* güç kullanımı gerektiren ürünlerde kullanılan kas grupları ile tendonlar ve uygulanan kuvvete göre değişen güç geribildirimli haptik algıdır (*force feedback*). Örneğin manivela gibi itme/çekme hareketleri ile çalıştırılan bir kontrol kolunun kullanımı sırasında kullanıcının önkol kasları gerilir, tendonlarındaki basınç artar. Bu tür bilgiler ölçülebilir, dolayısıyla tasarımda güç geribildirim kullanılacak ise, laboratuvar deneyleri önerilmektedir.

Hareketsiz parçalar ise, yok denecek kadar az kuvvet uygulanan yüzey temaslarıdır. Fazla güç kullanımı gerektirmeyen dokunsal (taktil) ürünlerde az sayıda kas grubu ve tendon çalışır (*Tactile feedback*). Dokunsal geribildirim özellikle ürünün yüzeyi, ısıl durumu, dokusu ile ilgilidir.

Apple-Iphone gibi dijital ürünlerde bulunan dokunmatik arayüzler parmak uçları ile kontrol edildiği gibi, gündelik hayatta da bir çok durumda dokunsal geribildirim kullanılır.

Örneğin parmak ucu ile kumaşı yoklayarak dokuyu algılama, bir şeyin ıslak veya kirli/ yağlı olduğunu anlamak, birinin tuttuğu bir kapı kulbundaki ısı sayesinde az önce birinin kapıyı açtığı farketmek dokunsal geribildirimdir.



Resim 4.2. Çoklu-DokunYüzeyler (solda Microsoft MultiTouch Screen™, sağda mobil telefon için dokunsal tuş takımı çalışması) tamamen dokusaldır, parmak uçları işgörür.



Resim 4.3. Geleneksel klavyenin yerini alabilecek klavye örnekleri. Solda, *Sanal klavye*. Yansıtılan görüntü klavye görüntüsüdür. Haptik algının yanılsaması olgusuna tipik bir örnek oluşturmaktadır. Sağda, *Taşınabilir klavye*. Ele giyilen aparatlarla parmakların hareketleri algılanır. Her iki örnekte de geleneksel tuşların yerini klavye görüntüsünün yansıtıldığı zemin almıştır. Haptik geribildirim, basılan tuş sertliği yerine, o an kullanılan zeminin özelliğine bağlı olarak çalışır.

4.2.2. Haptik Algılamada Bağlamsal Etmenler

Haptik algılamamanın bileşenlerinden olan işlevsel etmenin yanısıra, bağlamsal etmeni de bulunur. Ürün biçimlerinin kültürel nitelikleri ve malzemenin simgesel niteliği, genel olarak haptiğin simgesel etmeni olarak kabul edilerek sınıflandırma yapılabilir. Diğer yandan sosyal ve kültürel etmen, bireyin sosyal çevresinde iletişimin ana kanallarından biriyle ilgili olmasının yanısıra geçmiş deneyimleri ve ürüne verdiği

değer ve alışkanlıkla ilgilidir. Örneğin, *çok sevilen* bir kazağın sürekli kullanılması değer niteliği olduğu gibi alışkanlık olarak da kabul edilebilir. Buna ek olarak, akılda kalan deneyimlerin ışığında örneğin satın alma sırasında önceden bilinen veya kullanılmış ürün tercih edilebilir. Dolayısıyla *haptik deneyim, kullanılabilirliğin önemli ölçütlerindedir.*



Dokunmanın yarattığı duygu bağlamı tarafından değişir.

Bazı biçimlerde ürünün simgesel değeri ön planda bulunurken, sınırlarının ötesine taşınan haptik algılama nedeniyle ürünü kullanma performansı arka plana düşer. Tutma ve kavramanın *biçim-kültürel* niteliği, ürünün tasarımını etkiler. Bu olgu, haptik'in *simgesel yönüne* işaret etmektedir .



Resim 4.4 Solda: Tutma ve kavraması zor bilgisayar faresi örneğinde, *kitsch (kiç) olgusu*, diğer deyişle simgesel değer in dozunun aşılması, kullanılabilirlik (elle kullanım) açısından sınırları zorlayabilir. **Sağda:** Tutma ve kavramanın *biçim-kültürel* niteliği, ürünün tasarımını etkiler. Bu olgu, haptik'in *simgesel yönüne* işaret etmektedir.

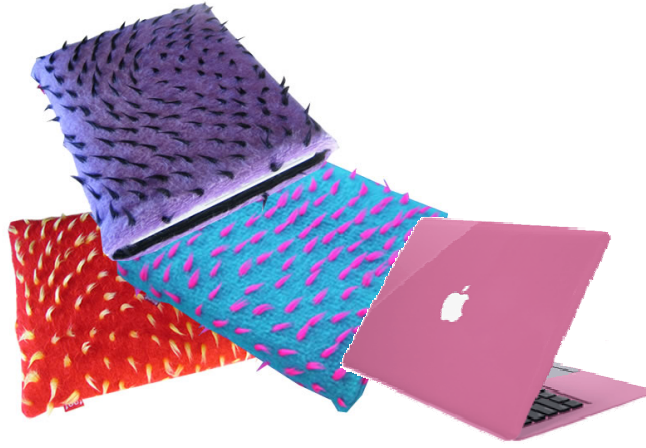
Malzemenin simgesel niteliği; uygulanan ürün, kullanılan malzeme türü, kültür, moda, zamana vb. bağlı olarak değişir.

Sosyokültürel açıdan dokunma, insanlar arasında sözlü iletişimin yanısıra yer alan iletişim yoludur; bir çeşit dışavurumdur. Dokunmanın yaygınlığı veya azlığı kültürler veya bölgelere bağlı olarak değişir.

Aynı zamanda sosyokültürel açıdan değer niteliği bulunur. ‘Sevilen biri miyim?’ ya da ‘Kabul görüyor muyum?’ gibi değerlendirmeler dokunmanın yarattığı en temel duygulardır.

Bireysel nitelikler cinsiyet, yaş, meslek ya da ototelik eğilim gibi parametrelere göre farklılaşır. Örneğin bir tekstil uzmanının pamuklu kumaş ile ipek kumaşı ayırt edebilmesindeki ustalık gibi. Buna ek olarak, marangoz ile mücevher ustasının elini kullanma biçimi veya bir boyacı ile ressamın dokunuşundaki hassasiyetin ölçüleri farklıdır.

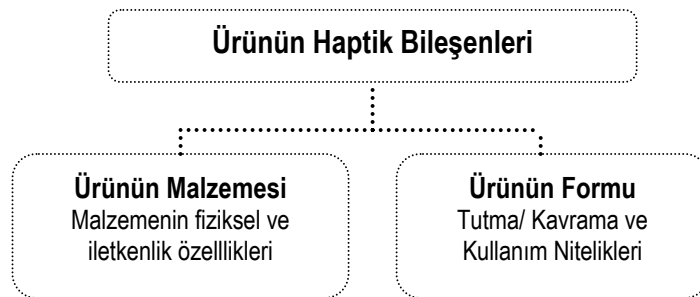
Dokunma eğiliminde cinsiyetler arasında fark bulunur. Bir görüşe göre², kadının dokunmaya eğiliminin daha fazla olduğu yönündedir.



Resim 4.5 Kadınların dokunmaya eğilimi ürün çeşitliliğini artırmaktadır. (görselde; pofuduk akrilik dizüstü bilgisayar kılıfı)

4.3. ÜRÜNDE HAPTİK BİLEŞENLER

Uyaran olarak ürün, temelde haptiğin iki bileşeninden oluşur: *Malzeme* ve *form*.



² Kadın ve Erkek Beyni', Derman, Dr. Sabri, Nörofizyolog, 22 Kasım 2007, *seminer*, Amerikan Hastanesi, İstanbul, Türkiye

4.3.1. Üründe Haptik Bileşen olarak *Malzeme*

Haptik duyuyla algılamada bir ürünün malzemesinin fiziksel ve iletkenlik özelliklerine ait bilgiler aktarılır.

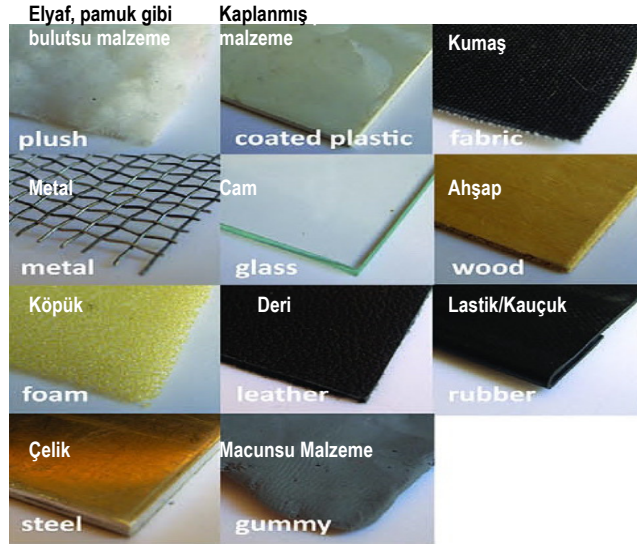
ÜRÜNÜN MALZEMESİ	
Malzemenin fiziksel ve iletkenlik özellikleri	
➔ Yapısal Nitelik	Yoğunluk/ Elastikiyet/Akışkanlık vb.
➔ Isısal/Kimyasal Nitelik	Sıcak/Soğuk ya da Elektrik iletkenliği/ Özgül ısı vb.
➔ Doku	Düz/ Pürüzlü ya da Düzenli/düzensiz dokular vb.

Malzemenin fiziksel nitelikleri, temel olarak *doku, yapı özelliği, ısısal ve kimyasal iletkenlik nitelikleridir.*

Malzemeyle etkileşimde fiziksel özelliğe ek olarak, ışık geçirmezlik/şeffaflık gibi fotometrik (görmeye bağlı) algı olgusu, multimodality olgusudur, diğer deyişle birden fazla duyu birlikte çalışır. Örneğin camın algılanmasında görme ve haptik duyularının birlikte çalışması gibi. Cam kırılma bir malzemedir, fotometriğe dayanan kırılma çekim duygusu yaratabilir. Yoğunlukla önceki deneyimlere bağlı davranışlar geliştirilir.

Malzemenin *düz/pürüzlü vb. olması* doku özelliği olarak kabul edilir. Doku, elin sürtünmesiyle araştırılır.

Diğer yandan elle uygulanacak basınçla malzemenin sertliği yoklanır. Örneğin parmak ucuyla dokunarak *elastikiyet* veya *akışkanlık* gibi malzemenin yapısal özelliği algılanır. Bilgi olarak *yumuşaklık/sertlik* aktarılır.



Resim 4.6 Doğal ya da yapay olsun malzemenin yapısı haptik algıyı etkiler.

Özgül ısı, ısı kapasitesi ya da ısı geçirgenliği malzemenin ısısal niteliği ile ilgilidir. Örneğin bir şeyin *soğuk veya sıcak* olduğuna anlamak, haptik duyu aracılığıyla verilen kararlardır. (ayrıntı için EK A: ‘Mühendislikte Bazı Malzeme Özellikleri’). Haptik duyu ürüne fiziksel olarak dokunmadan da çalışır. Örneğin, ateşten veya bir sobadan gelen ısının fiziksel olarak (aktif dokunma) dokunmadan da anlaşılması gibi. Bazı ürünlerin yüzeylerinde kullanılan dokular, sürtünme sağlayarak örneğin elden kaymaya engel olur.



Resim 4.7. Kulpsuz fincanlarda ısı yalıtımını sağlayan ve elden kaymasını engelleyen püskürtme yöntemi (Flocking) örneği bir tür Modern Zarf uygulaması. (görsel kaynak: Form Design Magazine, 2005, no:203).

4.3.2. Üründe Haptik Bileşen olarak *Form*

Bir üründe diğer haptik bileşen, ürünün formudur. Tutmaya veya kavramaya dolayısıyla kullanıma bağlı haptik bileşen olarak *form*, temelde kullanım (temas) amacına bağlı bir dizi değişkenler içerir.

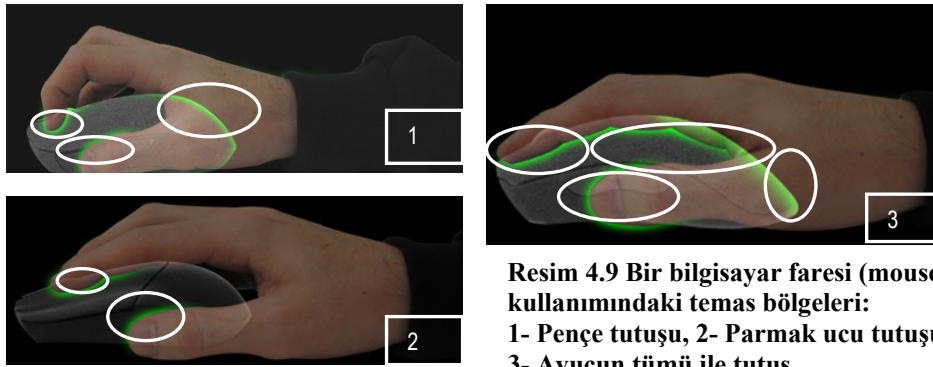
ÜRÜNÜN FORMU	
Tutma/Kavrama ve Kullanım Nitelikleri	
➔ Geometrik Yapısı	Silindirik/ Kubik vb.
➔ Yüzeyin Topografisi	İç- Dış Bükeylilik/ Girinti-Çıkıntı vb.

Elin kıvraklığı ve hassasiyet yeteneği biçimlendirilmiş formlara uymasını sağlar. Dolayısıyla ürünün biçimi, eli yönlendirir. Çoğunlukla tanıdık gelen biçimler, önceki deneyimden kaynaklanan bilgilere dayanır.



Resim 4.8 Yönlendirici biçim: Farklı tutma ve kavramanın denendiği saç kurutma makinası kullanımı (solda), bilgisayar faresi (ortada), tükenmez kalem (sağda).

Kullanım sırasında *elin temas bölgesi*, parmak, parmak ucu, sırtı ya da avuç içidir.

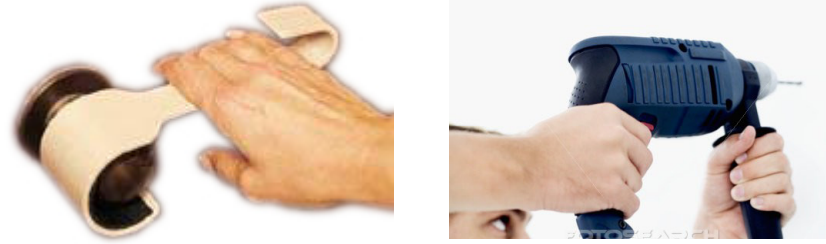


Resim 4.9 Bir bilgisayar faresi (mouse) kullanımındaki temas bölgeleri:
1- Pençe tutuşu, 2- Parmak ucu tutuşu,
3- Avucun tümü ile tutuş.

Elle uygulanacak kuvvetin parmak ya da tüm el ile uygulanması, haptik algılamayı değiştiren niteliklerdir. Yetişkin bir erkekte tüm el ile kavramada uygulanan kuvvet

azami 400N., yetişkin bir kadında azami 228N.'dur. İşaret parmağı 50N.; yüzük parmağı azami 40N.'luk güç uygulayabilir³.

Buna göre, haptik algılama ürünlerin kullanım biçimine bağlı olarak değişir. Örneğin tüm el ile kavranan ancak düğmesine parmakla basılarak çalıştırılan bir el mikserinin yarattığı haptik geribildirim ile geleneksel kapı kulbunun kullanım sırasında sağlanan geribildirim farklıdır.



Resim 4.10. Kullanımda uygulanan gücün miktarı, kullanıcının haptik geribildirimini doğrudan etkiler. (Sol resim: Taşınabilir kapı kulbu, medikal bir üründür.)

Kullanılan aletin elle kavranması ya da tutulması haptiğin bir bileşeni olarak kabul edilmelidir (elin tutma yeri ile örtüşmesi ve temas bölgeleri). Buna ek olarak, örneğin, matkap gibi aletlerde gücün uygulandığı beton, ahşap gibi sertlik dereceleri farklı olan malzemelerden edinilen *dolaylı geribildirimler* de haptik algının bileşenidir. Örneğin tıbbi açıdan önemli bir alan olan diş hekimliğinde bu geribildirim, kullanılan alette (bir frez veya mikromotorda) özellik olarak bulunur.

Haptik geribildirimden aktarılan bilgiye göre, beklenenden daha sert bir yüzeyle karşılaşıldığında, diğer deyişle malzemenin sertliği matkabin motorunu zorlayacak düzeyde ise, kullanım doğrultusunun dışında farklı bir aksta ve frekansı farklı titreşimli bir uyarı vb. eklenerek kullanıcının alete zarar vermeden kullanması sağlanabilir.

Elin temas süresine göre, özellikle elle kontrollerde kısa süre/uzun süreli kullanıma bağlı olarak haptik algılama değişir. Diğer deyişle *kullanım frekansına göre*, kullanıcının psikofiziksel durumu göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin kullanım sırasında sürtünme çoksa, eli rahatsız etmeyecek ve fonksiyona uygun yumuşak malzeme seçimi düşünülebilir. Kullanım sıklığı kullanıcının el hareketlerini etkileyen etmenlerdendir.

³ O'Malley, M.; Gupta, A.; 2008, *HCI beyond GUI, Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces*; ed: Philip Kortum; Morgan Kaufmann Publ., s. 32

Ellerini kullanarak mesleğini sürdürenlerde *elin hareketleri* değişir. Örneğin sekreterin klavyede yazması ile yeni başlayanın arasında alışkanlığa bağlı farklılık bulunur.

Haptik duyu kanalı kullanılacak ise, *elin amacı* belirlenmelidir. Bir nesneyi kullanmak onu sadece tutmak demek değildir.

Temas amacına bağlı olarak tutma ve kavrama biçimleri çok çeşitlidir. Ayrıntılı şekilde gruplandırıldığında temel onbir tutma ve kavrama biçimi bulunur.



Resim 4.11 Bazı kavrama tiplerine örnekler.

Gündelik hayatta tutma ve kavrama tiplerinin sonucunda çeşitli kullanım hareketleri kullanılır: Çevirme (yatay/düşey), basma, sıkma, yuvarlama, yoklama, tutup çekme gibi...

Bir ürünü kavramada başparmak baş roledir. Bunun yanısıra işaret parmağı nesneye yerleşir, diğer üç parmak onu takip eder.

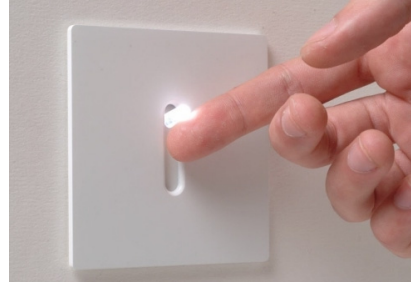
Elin ürünü çevreleyerek kavramasında, nesnenin genel biçimi, hacmi algılanır. El nesneye hassas yerleşme çabasıdır.

El bir şey taşıyorsa, diğer deyişle tuttuğu nesne herhangi bir yüzeyden destek almıyorsa, ağırlık algılanır. Bu duruma ve nesnenin ağırlık miktarına göre elde, önkolda ve bilekte ağırlık hissi oluşur.

Amacı belirlenerek düzenlenen haptik bilgilerin yanısıra diğer duyu kanallarının uyarıcı olarak ürüne eklenmesi halinde, diğer deyişle çoklu duyu kanalı (multimodality) oluşturulduğunda, ürünü kullanım performansı artırılabilir. Örneğin, ses/haptik/kinestetik duyu kanalları, ya da ses/görme/haptik duyu kanallarının birlikte kullanılması gibi...



Resim 4.12 Klasik bir anahtar. Üst kısmında 'GOUGE' yazan bir düğme, ortasında bir anahtar mekanizması ve alt kısmında 'OFF' yazan bir düğme bulunmaktadır.



Resim 4.13 Örnekte ses, haptik ve görme kanalları kullanılarak algı düzeyi artırılmıştır. (görsel: 'Light Switch Energy Saver'. Aynı zamanda ışıklı düğmeyle kullanıcı için kurgulanmış metafor alanı yaratılmıştır)

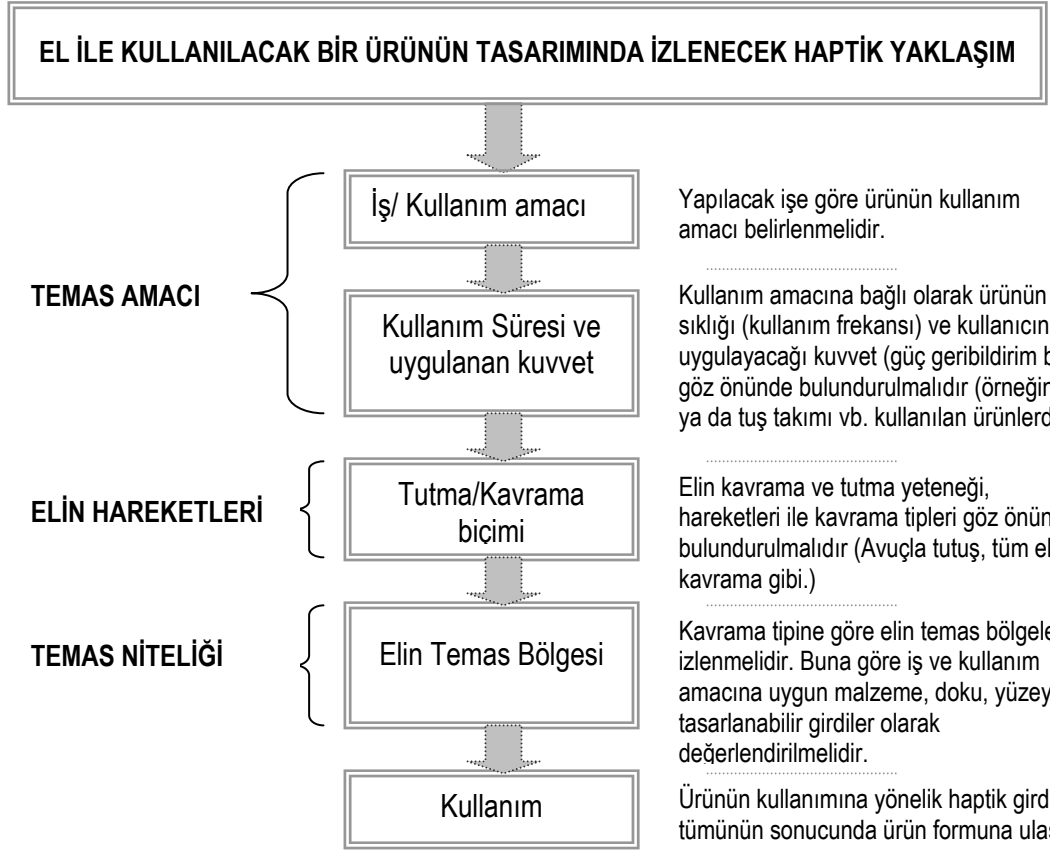
Elle kullanılan bir alet ya da ürünün kullanıldığı yerlerin koşulları, kullanımı etkiler. Ev, ofis, atölye vb. yerlerin fiziksel koşulları ile ortamın hava koşulları da dikkate alınmalıdır. Sıcak/soğuk, nemli ya da tozlu yerler..

Öte yandan, bir ürünün ilk bozulan yerleri en sık dokunulan ve kullanılan yerlerdir.

Koşullar, kullanıcının ürünü kullanması sırasında özellikle el bileğinin duruşunu, kullanacağı kuvvetin miktarını ve tutuş hassasiyetini etkilemektedir⁴. Örneğin, ofiste kağıt-kalem ile yazmak ya da dizüstü bilgisayar kullanmak daha kolaydır; diğer yandan, bir otobüste ya da otomobilde yazmak kullanıcıyı zorlayabilir.

Özetle el ile kullanılan bir üründe haptik bileşenler, elin temas amacı, temasın niteliği, temas süresi, tutma ve kavrama biçimleri, elin hareketleri ve kullanım amacı gibi bileşenlerdir.

⁴ Stanton, N.; 2004; "Human Factors in Consumer Products"; Taylor and Francis, s.203-210



Haptik algılama yalnızca somatik duyuşsal algılama olarak değerdendirilmemelidir. İleri bilişsel düzeyde oluşşan dokunma deneyimi, kişinin tüm hayatı boyunca değerdendirebileceğı bir etki içerebilir⁵. Krippendorf, ‘İnsanlar, nesnelere fiziksel niteliklerine değil ne anlam ifade ettiklerine dair karşılık verir’ der⁶. Dolayısıyla deneyimleme, değerdendirme, değerdendirme niteliğı, kültürel ve sosyal yönleri de göz önünde bulundurularak değerdendirmelerin katkısı sağlanmalıdır.

Özetle, sistem olarak haptik bir çok bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin tanımlanması ve sınıflandırılması gerekmektedir. Konuya ilişkin kuramsal çalışmaların yanısıra, laboratuvar ölçümleri ve deneklerle gerçekleştirilecek deneylere ihtiyaç duyulmaktadır.

Meslek açısından bakıldığında haptiğın tasarımı özellikle ürünlerin yüzey, doku, malzemesi ve formları ile bağlantıda olduğundan kullanılabilir büyük potansiyel barındırdığı görülmüştür. Haptiğın bileşenlerden el aletleri, tüketici elektroniğı gibi ürün bazlı projelerin yanısıra iç mimari, mobilya tasarımı, tekstil hatta mimari gibi

⁵ Delong M., Wu J., Bao M.; May I Touch It? , 2007, *Textile*, vol 5, issue 1, pp.36-47,

⁶ Krippendorf, K.; 1998, When I see a chair- must I see a sign of it?; *FormDiskurs, Journal of Design and Design Theory*, 5, II, s. 103

örneğin kamusal alanlarda yönlendirici/uyarıcı zeminler gibi⁷ büyük ölçekli projelerde faydalanılabilir.

Tasarım alanında ürün yüzeylerinin haptik arayüz olarak kabulünden yola çıkarak, özellikle gündelik hayatta sık kullanılan elle kontrol edilen ürünlerin tasarım aşamalarında haptik bilgilerden yararlanılmalıdır. Bilgilerin oluşturulması için interdisipliner yapı içinde, bilimadamları, tasarımcılar ve kuramcıların katkılarıyla düzenlenecek deneylere gerek duyulmaktadır. Aynı zamanda hem teknolojik gelişmeler hem de işbilimi açısından olduğu kadar, bedensel algı, hissetme, hafızalama gibi bilişsel olguların arakesitlerinin de analiz edilerek değerlendirilmeye alınması önerilmektedir.

⁷ Rosburg, T.; 2008, Tactile ground surface indicators in public spaces; *Human Haptic Perception*, Ed: M. Grunwald, Birkhauser Publ., pp491-499

KAYNAKLAR

Aicher, O.; Kuhn, R., 1987, *Greifen und Griffe*, FSB (Franz Schneider Brakel), Verlag der Buchhandlung

Alyanak, Ş.; *Haptik: Hele bir dokunun*, www.acikradyo.com.tr 25 eylül 2006

Andersen, P.; Guerrero, L. K.; Haptic Behaviour in Social Interaction, 2008, *Human Haptic Perception*, ed: M. Grunwald, Birkhauser Publ. Pp.155-163

Baber, C.; *Cognition and Tool Use*, 2003, CRC Press

Başdoğan, Ç; Srinivasan, M.; 1997, Haptics in Virtual Environments: Taxonomy, Research Status, and Challenges, *Comput.&Graphics*, Vol.21, No:4, pp.393-404, <http://network.ku.edu.tr/~cbasdogan/Papers/finalCGS.pdf>

Brand New Shapes, Haz./Ağus.2005, *Form Design Magazine*, no:203 s.104

Brewster, S.; M. Brown M., L.; 2004, Tactons: Structured Tactile Messages for Non-Visual Information Display, Glaskow Interactive systems group, Dept. of Computing Science, Glaskow Uni. <http://www.dcs.gla.ac.uk/~stephen/papers/AUIC2004.pdf>

Bürdek, B., 2005, *Design History, Theory, and Practice of Product Design*; tekrar basım, Birkhauser Yayını

Chan, A.; MacLean, K.; McGrenere, J.; 2005, Learning and Identifying Haptic Icons under Workload, *Proceedings of the First Joint Eurohaptics Conference and Symposium on Haptic Interfaces for Virtual Environment and Teleoperator Systems*; pp. 432-439, http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=1406966

Chang, A.; O'Modhrain S.; Jacobs, R.; Gunther, E.; Ishii, H.; ComTouch: Design of a Vibrotactile Communication Device, çevrimiçi: <http://tangible.media.mit.edu/content/papers/pdf/comtouchDIS2002.pdf> 22.12.2006

Condoor, S., Quijano J., 2003, Consumer Product Design, *3rd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, Kasım, <http://fie-conference.org/fie2003/papers/1525.pdf>

Dennett, D. C., 1995, Is Perception the 'Leading Edge' of Memory?, *Iride Institute*, Sayı 8, Nisan s. 59-78, <http://ase.tufts.edu/cogstud/papers/ispercep.htm>

Delong, M.; Wu, J.; Bao, M., 2007, *May I Touch It?*, *Textile*, vol 5, issue 1, s. 36-47

Enigk, H.; Foehl, U.; Wagner, V.; 2008, Haptics Research at Daimler AG, *Human Haptic Perception*, ed: M. Grunwald, Birkhauser Publ., pp.454-458

Erkan, N., Dr., 1988, *Ergonomi: Verimlilik, Sağlık, ve Güvenlik için İnsan Faktörü Mühendisliği*, Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları:373, Ankara, Türkiye

Fisher, T.H.; 2004, What We Touch, Touches Us: Materials, Affects, and Affordances, *MIT (Massachusetts Institute of Technology), Design Issues*, Vol.20, No.4, Ağustos
çevrimiçi: www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/0747936042312066

F. Philippe, "Tactile Feeling: Sensory Analysis Applied to Textile Goods"
www.findarticles.com/articles

Gentaz, E.; 2003, General characteristic of the anatomical and functional organisation of cutaneous and haptic perception, *Touching for Knowing, Advances in Consciousness Research*, vol 53, eds: Hatwell, Y.; Streri, A.; Gentaz, E., John Benjamins Publ. pp.19-31

Gerhard M., Sabine K., 2003, The Application of operational Haptics in Automotive Engineering,
çevrimiçi:www.touchbriefings.com/pdf/11/auto031_p_mauter.pdf

Green, W.; Jordan, P., 2001, *Human Factors in Product Design*, Taylor&Francis Yayınları, İngiltere, tekrar basım

Goldstein, B.; 1999; *Sensation and Perception*; 5th Edition Brooks/Cole Publishing Company, pp.424-426,(kaynak: Koç Üni. Yrd.Doç. Dr. Çağatay Başdoğan, Makina Müh. Bölümü Öğretim Üyesi)

Griffiths, R., The components of memory, *ders notları*, Brighton Uni.
<http://www.it.bton.ac.uk/staff/rng/teaching/notes/Memory.html> aralık 2006

Grunwald, M.; Ettrich, C.(et.al); 2001, Haptic Perception in Anorexia Nervosa Before and After Weight Gain, *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, Vol.23, No.4, pp.520-529,
http://www.haptik-labor.de/fileadmin/user_upload/pdf/jcen.pdf

Harré, R.; 1998, *Büyük Bilimsel Deneyler*; TÜBİTAK yayını, 9.Basım

Hatwell, Y.; Streri, A.; Gentaz, E., 2003, *Touching for Knowing*; John Benjamins Publications.

Hekkert P., McDonagh D., 2002, Dreamy Hands: Exploring Tactile Aesthetics in Design, *Design And Emotion Conference*, Delft University of Technology

Helbig, H; Ernst, M.; 2008, Haptic perception in interaction with other senses, *Human Haptic Perception*, Ed. Grunwald, M., Birkhauser Publ., pp. 235-249

Hepper, P.G.; Haptic perception in the human foetus, 2008, *Human Haptic Perception*, ed: Martin Grunwald, pp.149-154

Hollins, M.; Lorenz, F.; Harper, D.; 2006, Somatosensory Coding of Roughness: The Effect of Texture Adaptation in Direct and Indirect Touch, *The Journal of Neuroscience*, Mayıs, 26(20), s.5582-5588,
<http://www.jneurosci.org/cgi/reprint/26/20/5582>

Hollis, R., 2004, Haptics, *Berkshire Encyclopedia of Human-Computer Interaction*, Carnegie Mellon University, W. Bainbridge, Ed. Berkshire Publishing Group, Pp. 311-316, http://www.msl.ri.cmu.edu/publications/pdfs/haptics_2004.pdf

Huges, B.; 2006, Haptic Exploration and The Perception of Texture Orientations, Auckland Uni., Psikoloji Bölümü, Yeni Zelanda, *Haptics-e*, Nisan,Vol.4,No.2, <http://www.haptics-e.org>

“İşlevsellik, Yetiyitimi ve Sağlıkın Uluslararası Sınıflandırılması”, 2004, *Dünya Sağlık Örgütü Yayını (WHO-World Health Organisation)* , çev: Elif Kabakçı, Ahmet Göğüş, www.oziga.gov.tr/projeler
(OZIDA: T.C. Başbakanlık Özürlüler İdaresi Başkanlığı)

J.A.M. Kemp, A.C.M. Blankendaal, G.H. Hofmeester, *Sensuality in Product Design: A Structured Approach*

Kesteren, Ilse van; Karana, E.; 2006, Materials and Design-The Art of Plastic Design, *Konferans*, Delft Uni. Hollanda, çevrimiçi: <http://www.io.tudelft.nl/>

Klatzky, R.; Lederman, S.; Metzger, V.; 1985, Identifying Objects by Touch, *Perception and Psychophysics*; 37(4), pp.299-302
<http://psycserver.psyc.queensu.ca/lederman/035.pdf>

Klatzky, R.; Lederman, S.; 2005, Haptic Identification of Common Objects: Effects of Constraining the Manual Exploration Process, *Perception and Psychophysics*; 66(4), pp.618-628,
http://www.psy.cmu.edu/faculty/klatzky/SLRK_P&P04.pdf

Klatzky, R.; Lederman, S.; Mankinen, J.; 2005, Visual and Haptic Exploratory in Children’s Judgments about Tool Function, *Infant Behavior & Development*; n.28, pp.240-249
<http://www.psy.cmu.edu/faculty/klatzky/IBAD%20paper.pdf>

Krippendorf, K.; 1998, When I see a chair, must I see a sign of it?; *FormDiskurs, Journal of Design and Design Theory*, 5, II

Laituri, D.; 2006, Design in the Context of Bussiness, *Process, Materials, Measurements*, eds: Cuffaro, D.; Paige, D.; Blackman, C.; Laituri, D.; Covert, D.; Sears, L.; Rockport Publ., ABD

Lederman, S.; Klatzky, R. L.; 1987, Hand Movements: A Window into Haptic Object Recognition. *Cognitive Psychology* , sayı: 19, 342-368,
<http://psycserver.psyc.queensu.ca/lederman/048.pdf>

Lederman S., Klatzky R.; 2003, The Haptic Identification of Everyday Life Objects in *Touching for Knowing*, pp105-121, Eds. Hatwell, Yvette, Streri, Arlette; Gentaz, Eduard; John Benjamins B.V. Yayını

Lee, S.H.; An Analysis of Brain Waves generated by Various Behaviours and Creation/Imagination, Tsukuba Uni., Sanat ve Tasarım Enst.,
çevrimiçi: www.tsukuba.ac.jp

Leu, C. M.; Chang, Y.M.; “The Difference Between the Sense of touch and The sense of Sight on the Image of Plastic Texture”

Lindstrom, M.; Broad Sensory Branding, *The Journal of Product and Brand Management*, 2005, 14, 2/3, pp. 84-87 <http://www.proquest.umi.com>

Loomis, J.; Klatzky, R.; Lederman, S.; 1990, Similarity of Tactual and Visual Picture Recognition with limited field of view” Kasım 1990’da revize edilmiştir,
http://www.psych.uscb.edu/~loomis/loomis_91.pdf

Loomis, J.; Klatzky, R.; Lederman, S.; Wake, H.; Fujita, N.; 1993, Haptic Identification of Objects and Their Depictions” *Perception and Psychophysics*; 54(2), pp.170-178
http://www.pysch.uscb.edu/~loomis/klatzky_93.pdf

Maier, T.; 2008, Haptic Design of Handles, *Human Haptic Perception*, ed.:Grunwald, Birkhauser Publ., pp.460-466

Malnar, M.; Vodvarka, F.; 2004, *Sensory Design*, Minesota Universitesi Yayını, Amerika Birleşik Devletleri.

MacLean, Karon; Roderick, Jayne; Aladdin: Exploring Language with a Haptic Door Knob, *Interval Technical Report*, no. 199-058

Mark, David M.; Human spatial Cognition, *Human Factors in Geographical Information Systems*, New York Eyalet Uni., Belhaven Press, pp.51-60
<http://www.geog.buffalo.edu>

McLundie, M.; 2002, “So what is Haptics anyway? Research Issues in Art, Design and Media”, Iss:2, *Birmingham Sanat ve Tasarım Enstitüsü*, İngiltere
Çevrimiçi: <http://www.biad.uce.ac.uk/research/rti/riadm/issue2/abstract.htm>

Merabet, L.; Thut, G.; Murray, B.; Andrews, J.; Hsiao, S.; Pascual-Leone, A.; 2004, Feeling by Sight or Seeing by Touch?, *Neuron*, Vol.42, Iss:1, pp.173-179, Nisan çevrimiçi: www.pubmedcentral.nih.gov

Millar, S., 1999, Memory in Touch, *Psicothema*, Vol.11, no004, pp.747-767
Çevrimiçi: www.redalyc.uaemex-mx/redalyc/pdf

Mollen, K.V.d., 2005, The Vicinity Sensor: Exploring The Use Of Hapticons in Everyday Products, *Master Tezi*, Eindhoven Teknik Üni. Mekanik Müh.Dept. Dinamic ve control teknolojileri grubu, Hollanda.
<http://alexandria.tue.nl/repository/books/598062.pdf>

Morange-Majoux, F; Cougnot, P., Bloch, H; 1997, Hand Tactual Exploration of Textures in Infants from 4 to 6 Months, *Early Development and Parenting*, Vol.6, 127-135,
Çevrimiçi: www.psychology.univ-paris5.fr/recherch/labo_cog/articles/morange/art97.pdf

Murrell, Hywel, 1979, *Ergonomics: Man in His Working Environment*; Chapman ve Hall Ltd Yayinevi (1965), Londra, İngiltere

Napier, J.R., 1956, The Prehensile of the Human Hand, *Journal of Bone & Joint Surgery*, British Volume 38B,Nov., s. 902-913; <http://www.jbjs.org.uk/cgi/reprint/38-B/4/902.pdf>, 14.12.2007

O'Malley, M.; Gupta, A.; 2008, *HCI beyond GUI, Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces*; ed: Philip Kortum; Morgan Kaufmann Publ.

Paterson, Mark, 2007, *The Senses of Touch: Haptics, Affects and Technologies*; Berg Yayınları, ABD

Park, J.; Lee, W.; 2004, Interactive Foam: Touchable and Graspable Augmented Reality for Product Design Simulation
http://designmedia.kaist.ac.kr/pdf/p2004_2.pdf

Peck, J; Childers, T; 2003, To Have and To Hold: The Influence of Haptic Information on Product Judgments, *Journal of Marketing*, vol.67, Nisan, pp.35-48
çevrimiçi: www.atypon-link.com/AMA/doi/ref/10.1509/jmkg.67.2.35.18612

Peck, J; Childers, T; If it Tastes, Smells, Sounds, and Feels like a Duck, then it must be...: Effects of Sensory Factors on consumer Behaviors,
çevrimiçi:
www.bus.wisc.edu/faculty/papers/jpeck/sensory_review_chapter_7_28_051.doc

Peck, J.; Childers, T.; 2003, Individual Differences in Haptic Information Processing: The 'Need for Touch' Scale, çevrimiçi: proquest.umi.com

Püsküllüoğlu, A.; 1999, *Türkçe Sözlük, Türkiye Türkçesinin En Büyük Sözlüğü*, Doğan Kitapçılık, İstanbul, gözden geçirilmiş 2. baskı

Redhouse, İngilizce- Türkçe Sözlük, 2001, otuzbirinci baskı, SEV Matbaacılık ve Yayıncılık Eğitim

Robles de la Torre, G., 2006, The Importance of the Senses of Touch in Virtual and Real Environments, *Uluslararası Haptik Derneği, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering) Multimedia*, 13(3), *Special issue on Haptic User Interfaces for Multimedia Systems*, pp.24-30

Çevrimiçi: www.roblesdelatorre.com/gabriel/ieeem06.html

Robles de la Torre, G.; Portillo R.; Avizzano, C. A.; Bergamasco, M., 2006, Haptic Rendering of Sharp Objects Using Lateral Forces, *Uluslararası Haptik Derneği, IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineering)*, Robot ve İnsan Etkileşimi üzerine Uluslararası Sempozyum (Ro- MAN06), Hatfield, İngiltere, 6-8 Eylül 2006, pp.431-436

Çevrimiçi: www.roblesdelatorre.com/gabriel/OP-CA-MB-GR-RO-MAN.pdf

Robles de la Torre, G; “Haptic Perception of Shape: Touch Illusions, Forces, and Geometry of Objects”, çevrimiçi: www.roblesdelatorre.com/gabriel/haptics.html

Rognoli, V.; Levi, M.; 2005, Emotions in Design through Material: An Expressive - Sensorial Atlas as a Project Tool for Design of Materials, *Milano Politeknik Uni.*, çevrimiçi: www.polimi.it/english

Rosburg, T.; 2008, Tactile Ground Surface Indicators in Public Spaces; *Human Haptic Perception*, Ed: M. Grunwald, Birkhauser Publ., pp 491-499

Rovers, A.F.; van Essen, H.A.; 2006, Using active haptic feedback in everyday products, User Centered Engineering Group Department of Industrial Design, Eindhoven University of Technology, Hollanda, www.haptic.nl/publications/EH2006_-_AF_Rovers.pdf

Salvendy, G., 1997, *Handbook of Human Factors and Ergonomics*; John Wiley and Sons Inc.

Sathian, K.; Zangaladze, A.; 1997, Feeling with the Mind’s Eye: the Role of Visual Imaginary in Tactile Perception, *Optometry and Vision Science*, Vol.78, no:5, pp.276-281, çevrimiçi: www.proquest.com

Schifferstein, H. N.J.; Sensing the Senses: Multimodal Research with Applications in Product Design, *Delft Teknoloji Uni.*, Endüstriyel Tasarım Bölümü

Seitz, Jay A., 2005, The neural, evolutionary, developmental, and bodily basis of metaphor, *New Ideas in Psychology*, 23, pp 74-95, çevrimiçi: www.elsevier.com/locate/newideapsych

Sherdoff, N.; Guiding Hands, çevrimiçi: www.nathhan.com/guidinghands.htm

Sherdoff, N., Information Interaction Design, *MIT (Massachusetts Institute of Technology)*, çevrimiçi: www.mitpressjournals.org
www.nathan.com/thoughts/
<http://scribble.com/world3/meme1/shedroff/shedroff.htm>

Smith, C., Human Factors in Haptic Interfaces,
çevrimiçi: www.acm.org/crossroads/xrds3-3/haptic.html

Srinivasan, M.; Biggs, J., Role of Skin Biomechanics in Mechanoreceptor Response
<http://touchlab.mit.edu/oldresearch/currentwork/humanhaptics/roleofskinbiomechanics/index.html>

Stappers, Jan; van Kesteren, I.E.; de Bruijn; 2007, Materials in Products Selection: Tools for Including User-Interaction in Materials Selection, *IJDesign*, Vol.1, no:3, <http://www.ijdesign.org/ojs/index.php/IJDesign/article/view/129>

Stanton, N., 2004, *Human Factors in Consumer Products*, CRC Press, Taylor&Francis Yayınları, İngiltere.

Soetgen, J.; 1997, What Materials Convey?, *Formdiskurs*, Journal of Design and Design Theory, 3, II, pp 43-55

Terrenghi, L., Design for Interaction in Instrumented Enviroments
www.pervasive.ifi.lmu.de/adjunct-proceedings/doctoral-colloquium

Tietz, W., 2008, Haptic Design of Vehicle Interiors at AUDI, *Human Haptic Perception*, ed: M. Grunwald, Birkhauser Publ. pp 439-444

Touch that Thing, Haz./Ağus.2005, *Form Design Magazine*, no:203

O'Malley, M; Gupta, A; 2008, *HCI beyond GUI, Design for Haptic, Speech, Olfactory, and Other Nontraditional Interfaces*; ed: Philip Kortum; Morgan Kaufmann Publ., s. 32

Vavik, T; 2006, Exploring and Teaching Tactility in Design, *Oslo Mimarlık ve Tasarım okulu*, çevrimiçi: http://nordcode.tkk.fi/oslopapers/Tom_Vavik.pdf

Waldby, C, The Visible Human Project: Data into Flesh, Flesh into Data, *İletişim çalışmaları*, Murdoch Uni.,
çevrimiçi: www.mcc.murdoch.edu.au/readingroom/VID/wildbio11.html

Wallis, G; Bülthoff, H; 1999, Learning to Recognize Objects, *Trends in Cognitive Sciences*, Vol.3, no.1, Ocak
Çevrimiçi: <http://www.hms.uq.edu.au/vislab/publications/reprints/tics99.pdf>
Aynı kaynak için: *Max-Planck Institut, Teknik Rapor no.084*, Ekim, 2000,
Çevrimiçi: <http://cireseer.ist.psu.edu/cache/papers/ch/19056>

Wolkomir, R, 2000, Charting the Terrain of Touch, *Smithsonian Magazine*, Haziran, Vol. 31, Iss. 3;, p. 38-48,
http://touchlab.mit.edu/news/documents/Smithsonian_2000.pdf

URL-1

<http://columbia.thefreedictionary.com/p/cutaneous+senses> Eylül 2006

URL-2

<http://www.umm.edu/ency/article/004014.htm> Aging changes in skin. 11 mart 2007

URL-3

<http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/004013.htm> Aging changes in the senses 18 mart 2007

URL-5

<http://human-factors.arc.nasa.gov/cognition/tutorials/ModelOf/Knowmore1.html>
Human Memory 23 kasım 2007

URL-6

<http://adveance.uconn.edu/2000/000501/00050111.htm> , 2000 yılına ait
Researchers examine how aging affects sense of touch, kasım2007

URL-7

<http://medicine.jrank.org/pages/1767/Touch-sense.html>, Sense of Touch, kasım 2007

URL-8

http://www.apo.nmsu.edu/telescopes/SDSS/eng.papers/1999926_conversionfactors/19990926_conversionfactors/19990926_Mproperties.html Engineering Material
Properties *tablo*

URL -9

<http://www.alab.t.u-tokyo.ac.jp> , Tactile Feeling Display, haziran 2007

URL-10

http://tip.erciyes.edu.tr/Ders_Notlari/DahiliTip/Noroloji/A_Ozdemir_Ersoy/ders.htm

URL- 11

<http://allpsych.com/psychology101/memory> Psychology 101-Chapter 5; Nisan 2008

URL- 12

<http://www.nathan.com/thoughts/stanford/index.html> Aralık 2008

URL-13

<http://www.tiresias.org/>; ve http://www.sense.org.uk/NR/rdonlyres/F80493C3-F991-4DE2-BFA4-CA40B8E978C3/0/EDbN_survey_report_english.pdf European
Deafblind Network, 2006 yılı verileri, nisan 2009

URL-14

<http://www.immersion.com> Nisan 2009

TERİMLER SÖZLÜĞÜ

Active Touch: Örneğin elin dokunarak bir nesnenin özelliklerini belirlediği veya manipüle ettiği, cildin keşfedip, dokunuşu tanımladığı ancak aktif keşfe yönelik hareketin yönlendirdiği eylem. Aktif dokunuş hareket ve konum duyularının geri beslemesi ile motor komutlarının karşılaştırmasını yanı sıra belirleyici olarak yanıt geri besleme hislerinden de yararlanır. Buna karşın pasif dokunuşta cilde bir nesne dokudurulur ama aktif olarak keşif gerçekleşmez.

Bayesian Decision Theory: Karar mekanizmasının olasılığın önceden mevcut bilgi ve belirsizlik durumları üzerine kurulduğu istatistiksel metod ve kararların olası sonuçları karşısında yapılacak tercihleri belirlemeye yarayan fonksiyon.

Coupling Degree: El ve kabza arasında güç ve/veya form aracılığıyla sağlanan uyuma dayalı bağlaşım arayüzü.

Cross Modal Implicit Memory: Algısal bir kaptıya (örneğin görme) uyarana ulaştığında bunu ilgilendiren bileşenin bir başka kaptıyı (örneğin dokunma) da ilgilendiren biçiminin ulaşması ile nesnenin tanımlanmasının kolaylaşması.

Displays (Haptic Displays): Algılanması istenen bir fiziksel sinyal yayınlamak üzere üretilen cihazlar.

Epidermis: Üst deri.

Force Feedback: Haptik etkileşim simülasyonunun sanal gerçeklik veya uzaktan erişim yolu ile gerçekleştirilmesi tekniği.

Force-Travel: Bir anahtara dokunma ve basınç uygulayarak harekete geçirme konumları arasındaki hareket mesafesini tanımlayan terimdir. Force-travel karakteristiği genel haptik izlenim ve ürün deneyimi için vazgeçilmezdir.

Glabrous Skin: El ayaları ve ayak altlarını kaplayan tüsüz deri.

Haptic: İnsan donunma sürecinin biyolojik ve fiiksel yönlerini inceleyen bilim dalı. Bu terim ilk olarak 1982 yılında Alman fizyolog Max Dessoir tarafından kullanılmıştır.

Haptic Devices: Denek ve dış dünya arasında karşılıklı haptik bir arayüz oluşturmak için tasarlanmış araçlardır.

Haptic Feedback: Bir sistem veya kullanıcı için sanal dünyada dokunulan bir gerecin sıkıca kavranıp kavranmadığı, kaymakta olup olmadığı veya nesnenin esnekliği gibi veriler hakkında fikir veren bilgidir.

Haptic Memory: Dokunma duyusu yolu ile alınan uyarımlara ait algısal hafıza. Görsel-haptik arayüz kullanıcısının bir gereç veya sistemi ona bakmaya bile gerek olmaksızın hafızadan kullanmasına olanak verir.

Haptic Perception: Hem kutaneous duyu hem de kinestezinin vücudun uzak noktaları, nesnelere ve olaylar hakkında kaydedilebilir bilgiler verdiği dokunma algısıdır.

Kinaesthesia: Vücudun statik ve dinamik duruşunu algılayabilme yetisi. Örneğin, başın, gövdenin, kol, bacak ve uç uzantıların bir anki göreceli duruşu.

Meissner Corpuscles: Tüysüz derinin papillasında yer alan ve basınç veya gırtideki değişikliklere hızla yanıt veren (RA veya FA) mekanik reseptörler.

Merkel Cell Nerve Endings: Tüysüz derinin epiderminde yer alan ve basınç veya gırtideki değişikliklere yavaşça yanıt veren (SA I) mekanik reseptörler.

Multisensory Integration: Görme, işitme veya dokunma gibi farklı algı kanallarından alınan bilginin entegrasyonu.

Ototelik dokunma: Dokunma yolu ile keşfetmeye dayanamama ya da dokunma tutkusundan kaynaklanan durumdur. Duyusal uyarımlardan, eğlenme ve zevk almaya ilgilidir. (*"If I touch it I have to have it"*, Joann Peck, Terry Childers)

Passive Touch: Hareketsiz bir gözlemcinin yalnızca dokunsal uyarımla bir nesne hakkında bilgi edinmesi.

Perception: Duyusal bilginin edinilmesi, yorumlanması, seçilmesi ve organize edilmesi süreci.

Proprioception: Gövde ve uzantıların hareket ve pozisyon algısına verilen genel ad.

Receptor: Alıcı

Sense: Duyu, duyumsama

Sensation: His; duygu (aynı zamanda kullanıldığı yere göre, *emotion*)

Somatosensory: Vücut duyularını ifade eden terim. Bunlar ısı, ağrı, duruş, hareket ve kaşınma ile ilgili verileri içerir.

Stereognosis: Bir nesnenin büyüklük, şekil ve ağırlığını araştıran dokunma yolu ile bilme yetisi.

Synaesthesia: Toplumun çoğu tarafından algılanamayan bir uyarının "ekstra" bir algısal kaliteye neden olduğu durum.

Tactile Displays: İnsanın dokunsal duyularına uzaysal veya zamansal şekiller halinde bilgi sunan ekranlardır. Bu ekranlar aynı zamanda dokunsal alıcılar ve sınırları mekanik, elektriksel, termal, manyetik veya kimyasal yollardan da uyarabilirler.

Vestibular Sense: Vestibüler duyu başın doğrusal veya açısal hızlanma verilerini beynin denge, gövde ve göz hareketi kontrol merkezlerine sunan duyudur. Yerçekimi vektörü aynı biçimde doğrusal bir hızlanma olarak hissedilir.

Vestibular System: İç kulakta yer alan, görsel ve haptik verilerin yanı sıra denge ve yönelim bilgilerini de sağlayan sistemdir. Yarım dairesel kanallar açısal otolitler ise doğrusal hızlanma verisini sağlar. Buradan gelen sinirsel uyarılar göz kırpmaya ve vücut duruş reflekslerini tetikler.

Working Memory: Bilişsel psikolojiden alınan bir kavramdır. Yaklaşmakta olan görevlere ilişkin bilginin işlendiği ve geçici olarak saklandığı yapı ve süreçleri tanımlar.

EK A- Mühendislikte bazı malzeme özellikleri

(Birimler SI'dir*.)

Yoğunluk <i>Density</i>	Akrilik/Acrylic	1400	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Hava/Air (2800 m)	0.9800	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Hava/Air (STP)	1.2930	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Alüminyum 3003	2700	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Alüminyum 7079-T6	2740	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Amonyak/ Ammonia - liquid	682.10	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Berilyum QMV	1850	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Borosilikat cam/ Borosilicate Tempax	2230	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Beton/ Concrete	2242	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Saf bakır/Copper - pure	8900	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Eriyik silis/Fused silica	2200	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Cam elyafı/Glass wool	64.00	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Saf altın/Gold - pure	1.932E+04	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Sıvı helyum/Helium - liquid	125.00	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Sıvı hidrojen/Hydrogen - liquid	70.00	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Demir/Iron	7830	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Saf kurşun/ Lead - pure	1.134E+04	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Magnesium AZ31B-H24	1770	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Sıvı metan/ Methane- liquid	424.00	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Sıvı neon/ Neon - liquid	1200	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Saf Nikel/ Nickel - pure	8900	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Sıvı nitrojen/Nitrogen - liquid	804.00	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Naylon/ Nylon	1700	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Platinyum	2.145E+04	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Poli karbonat/ Polycarbonate	1300	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Polietilen/ Polyethylene	2300	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Saf gümüş/ Silver - pure	1.050E+04	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Çelik / Steel AISI 304	8030	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Çelik/ Steel AISI C1020	7850	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Titanium B 120VCA	4850	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Tungsten	1.930E+04	kg/ m ³
Yoğunluk <i>Density</i>	Su/ Water (4 C)	999.97	kg/ m ³

* (SI= Uluslararası birim sistemi (système International d'Unités) için bir kısaltma olup, başlıca yedi temel birim (uzunluk için metre, m; kütle için kilogram, kg; zaman için saniye, s; elektrik akımı için amper, amp; sıcaklık için Kelvin, K; madde miktarı için, mol;) esas olan ve birçok ülke tarafından kabul edilen bir metrik sistem.).

Yoğunluk <i>Density</i>	Beyaz çam/ White pine	513.00	kg/ m ³
Elastikiyet modülü/ Elastic modulus	Aluminyum 2024-T3	7.310 E+10 (E+10=10 ¹⁰)	Pa -Pascal (N/m ²)
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Berilyum QMV	2.897E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Borosilicate Tempax cam	6.200E+10	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Saf bakır/Copper - pure	1.172E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Saf altın/Gold - pure	7.448E+10	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Saf kurşun/ Lead - pure	1.379E+10	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Magnesium AZ31B-H24	4.483E+10	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Saf nikel / Nickel - pure	2.207E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Platinyum	1.469E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Saf Gümüş/Silver - pure	7.241E+10	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Çelik/ Steel AISI 304	1.931E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Çelik/ Steel AISI C1020	2.034E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Tantalyum	1.862E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Titanyum B 120VCA	1.021E+11	Pa
Elastikiyet modülü/ <i>Elastic modulus</i>	Tungsten	3.448E+11	Pa
Elektrik dirençliği / Electrical resistivity	Aluminyum 2017	4.000E-08	Ohm x m (ohm çarpı m)
Elektrik dirençliği / <i>Electrical resistivity</i>	Aluminyum 3003	4.000E-08	Ohm x m
Elektrik dirençliği / <i>Electrical resistivity</i>	Aluminyum 99.996%	2.655E-08	Ohm x m
Elektrik dirençliği / <i>Electrical resistivity</i>	Bakır/ Copper	1.673E-08	Ohm x m
Elektrik dirençliği / <i>Electrical resistivity</i>	Nikel/Nickel ASTM B160	1.000E-07	Ohm x m
Elektrik dirençliği / <i>Electrical resistivity</i>	Çelik/ Steel AISI 304	7.200E-07	Ohm x m
Elektrik dirençliği / <i>Electrical resistivity</i>	Çelik/ Steel AISI C1020	1.000E-07	Ohm x m
Isı kapasitesi / Heat capacity	Hava/ Air	1006	J/kg x °C

Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Aluminyum 2024-T3	963.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Aluminyum 7079-T6	963.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Berilyum QMV	1884	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Borosilikat Cam/ Borosilicate glass	710.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Beton/ Concrete	1000	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Saf bakır/ Copper - pure	385.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Ethanol (25°C)	2453	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Saf altın/ Gold - pure	130.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Buz/ Ice	2093	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Demir/ Iron	440.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Saf kurşun/ Lead - pure	130.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Magnesium AZ31B-H24	1047	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Magnesium HK31A-H24	544.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Methanol (25°C)	2547	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Saf nikel/ Nickel - pure	461.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Platinyum	130.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Silika (silis)/Silica (0°C)	937.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Saf Gümüş/Silver - pure	235.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Çelik/ Steel AISI 304	503.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Çelik/ Steel AISI C1020	419.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Tantalyum	126.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Titanyum B 120VCA	544.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Tungsten	138.00	J/kg x °C
Isı kapasitesi / <i>Heat capacity</i>	Su / Water	4216	J/kg x °C

Yanma ısısı/ Heat of combustion	Metan/ Methane	55.70	MJ/kg
Yanma ısısı/ Heat of combustion	Oktan/ Octane	47.70	MJ/kg
Erime ısısı/ Heat of fusion	Nitrojen	25.50	kJ/kg
Erime ısısı/ Heat of fusion	Su/ Water	334.00	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Amonyak/ Ammonia	1368	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Argon	162.76	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Helyum	23.93	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Hidrojen	451.90	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Metan/ Methane	577.40	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Neon	87.03	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Nitrojen	199.20	kJ/kg
Buharlaştırma ısısı/ Heat of vaporization	Su/Water (100°C)	2258	kJ/kg
Isı iletim katsayısı/ Heat transfer coef.	Hava/ Air v = 0 m/s	5.6000	W/°C x m ² (Watt = N m / s)
Isı iletim katsayısı/ Heat transfer coef.	Hava / Air v = 3.4 m/s	18.90	W/°C x m ²
Isı iletim katsayısı/ Heat transfer coef.	Hava/ Air v = 6.7 m/s	38.00	W/°C x m ²
Devinimli (kinematik) akışkanlık/ Kinematic viscosity	Hava /Air (101 kPa)	1.800E-05	m ² /s
Devinimli (kinematik) akışkanlık/ Kinematic viscosity	Su/ Water (0°C)	1.753E-06	m ² /s
Isı iletkenliği/ Thermal Conductivity	Asetil/ Acetyl	0.2300	W/m x °C
Isı iletkenliği/ Thermal Conductivity	Akrilik/ Acrylic	0.1400	W/m x °C
Isı iletkenliği/ Thermal Conductivity	Aluminyum 3003	233.64	W/m x °C
Isı iletkenliği/ Thermal Conductivity	Aluminyum 7079-T6	121.10	W/m x °C
Isı iletkenliği/ Thermal Conductivity	Berillium QMV	147.10	W/m x °C

Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Borosilikat cam/ Borosilicate glass	1.1300	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Borosilicat cam/Borosilicate glass (Tempax)	1.1300	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Kum ve mıcırılı Beton/ Concrete (sand & gravel)	1.8000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Saf bakır/ Copper - pure	392.90	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Elmas/ Diamond	550.00	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Kökнар/ Douglas fir	0.1100	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Dow Corning 200 (350cSt)	0.1590	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Dow Corning 739	0.1900	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Dow Corning 93-500	0.1500	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Dow Corning Q3-6605	0.8400	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Epoksi/ Epoxy (Epotek 353ND)	0.0490	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Epoksi/ Epoxy (Masterbond 11A0)	1.4400	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Cam yünü/ Glass wool	0.0400	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Saf altın /Gold - pure	297.70	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Helyum/ Helium	2.7700	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Buz/ Ice	2.2000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Demir/ Iron	83.50	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Saf kurşun/ Lead - pure	37.04	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Kireçtaşı/ Limestone	0.5000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Magnesium HK31A-H24	114.20	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Magnesium AZ31B-H24	95.19	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Metan /Methane	0.3030	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	İşlenmiş molibden/ Molybdenum - wrought	143.60	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Saf nikel/ Nickel - pure	91.73	W/m x °C

Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Nitrojen	0.1460	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Naylon/ Nylon	0.2400	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Platinyum	69.23	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Polikarbonat/Polycarbonate PC	0.2000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Polipropilen PP/ Polypropylene	0.4000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Polisitren köpük/ Polystyrene foam	0.3600	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Polyurethane foam	0.0260	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Kuartz/ Quartz	1.3200	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Silikon köpük/ Silicone foam (Poron)	0.0600	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Saf gümüş/ Silver - pure	417.10	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Hafif Kar/ Snow (light)	0.6000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Sıkıştırılmış Kar /Snow (packed)	2.2000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	İri taneli toprak/ Soil (coarse)	0.5200	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Kuru ve taşlı toprak/ Soil (dry w/stones)	0.5200	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Kuru toprak/ Soil (dry)	0.2300	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	%42 nemli toprak / Soil (w/42% water)	1.1000	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Çelik/ Steel AISI 304	16.27	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Çelik / Steel AISI C1020	46.73	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Titanium B 120VCA	7.4420	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Tungsten	164.40	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Su /Water	0.6030	W/m x °C
Isı iletkenliği/ <i>Thermal Conductivity</i>	Beyaz çam / White pine	0.1100	W/m x °C
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Aluminyum 2024-T3	22.68	µm/m x °C µ= micro (10 ⁻⁶)

Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Aluminyum 6061-T6	24.30	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Borosilicate E6 -30 to +70C	2.8000	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Saf bakır/ Copper - pure	16.56	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Saf altın/ Gold - pure	4.39	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Saf Kurşun/ Lead - pure	52.74	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Magnesium AZ31V-H24	26.10	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Saf nikel/ Nickel - pure	12.96	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Platinum	9.0000	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Saf gümüş/ Silver - pure	19.80	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Çelik/ Steel AISI 304	17.82	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Çelik /Steel AISI C1020	11.34	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Titanyum B 120VCA	9.3600	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Isı genleşme katsayısı <i>Thermal expansion coefficient</i>	Tungsten	4.5000	$\mu\text{m}/\text{m} \times ^\circ\text{C}$
Akışkanlık/ Viskozite/Viscosity	Hava / Air (0°C,101 kPa)	1.708E-05	$\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$
Akışkanlık/ Viskozite/Viscosity	Karbondioksit/ Carbon dioxide (0°C,101 kPa)	1.390E-05	$\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$
Akışkanlık/ Viskozite/Viscosity	Helyum (0°C,101 kPa)	1.860E-05	$\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$
Akışkanlık/ Viskozite/Viscosity	Hidrojen (0°C,101 kPa)	8.345E-06	$\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$
Akışkanlık/ Viskozite/Viscosity	Methan (0°C,101 kPa)	1.026E-05	$\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$
Akışkanlık/ Viskozite/Viscosity	Nitrojen (0°C,101 kPa)	1.660E-05	$\text{N} \times \text{s}/\text{m}^2$

Akışkanlık/ Viskozite/ <i>Viscosity</i>	Oksijen/ Oxygen (0°C,101 kPa)	1.919E-05	N x s/m ²
Akışkanlık/ Viskozite/ <i>Viscosity</i>	Karbon tetraklorid/Carbon tetrachloride (0°C)	1.346E-03	N x s/m ²
Akışkanlık/ Viskozite/ <i>Viscosity</i>	Gliserin/ Glycerin (0°C)	12.07	N x s/m ²
Akışkanlık/ Viskozite/ <i>Viscosity</i>	Gaz yağı, kerosen/ Kerosene (0°C)	2.959E-03	N x s/m ²
Akışkanlık/ Viskozite/ <i>Viscosity</i>	Civa/ Mercury (0°C)	1.685E-03	N x s/m ²
Akışkanlık/ Viskozite/ <i>Viscosity</i>	Yağ/ Oil - light machine (0°C)	0.3534	N x s/m ²
Akışkanlık/ Viskozite/ <i>Viscosity</i>	Su/ Water (0°C)	1.753E-03	N x s/m ²
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Asfalt / Asphalt	0.22	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Buz /Ice (0°C)	0.50	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Granit /Granite	0.19	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Kumlu toprak / Sandy clay	0.33	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Kum / Sand	0.19	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Saf su/ water, pure	1.00	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Islak çamur / Wet mud	0.60	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Ahşap/ Wood	0.41	cal/gram°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Alüminyum/ Aluminum	0.22	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Bakır / Copper	0.092	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Altın / Gold	0.031	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Karbon çeliği /Carbon Steel	0.12	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Dökme demir/ Cast iron	0.11	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Krom/ Chromium	0.11	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Demir / Iron (20°C)	0.11	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Nikel / Nickel	0.106	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Platinyum/ Platinum	0.032	Kcal/kg°C
Özgül Isı / Specific Heat Capacity	Silikon	0.17	Kcal/kg°C

Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Gümüş/ Silver	0.057	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Teneke / Tin	0.054	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Titanyum / Titanium	0.125	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Tungsten	0.032	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	İşlenmiş demir / Wrought iron	0.12	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Çinko /Zinc	0.093	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Balmumu / Beeswax	0.82	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Pirinç/ brass	0.09	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Tuğla/ Brick	0.22	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Kuru çimento/ Cement dry	0.37	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Toz çimento/ Cement powder	0.2	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Asbestli betopan/ Asbestos cement board	0.2	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Odun kömürü / Charcoal	0.24	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Kireçtaşı/ chalk	0.22	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Beton, taş/ Concrete, stone	0.18	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Kobalt	0.11	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Elmas /Diamond	0.15	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Toprak, kuru/ Earth, dry	0.3	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Cam / Glass	0.2	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Deri / Leather	0.36	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Mermer/ Marble	0.21	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Mika/ Mica	0.12	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Civa/ Mercury	0.03	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Kağıt/ Paper	0.33	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Parafin	0.7	Kcal/kg°C

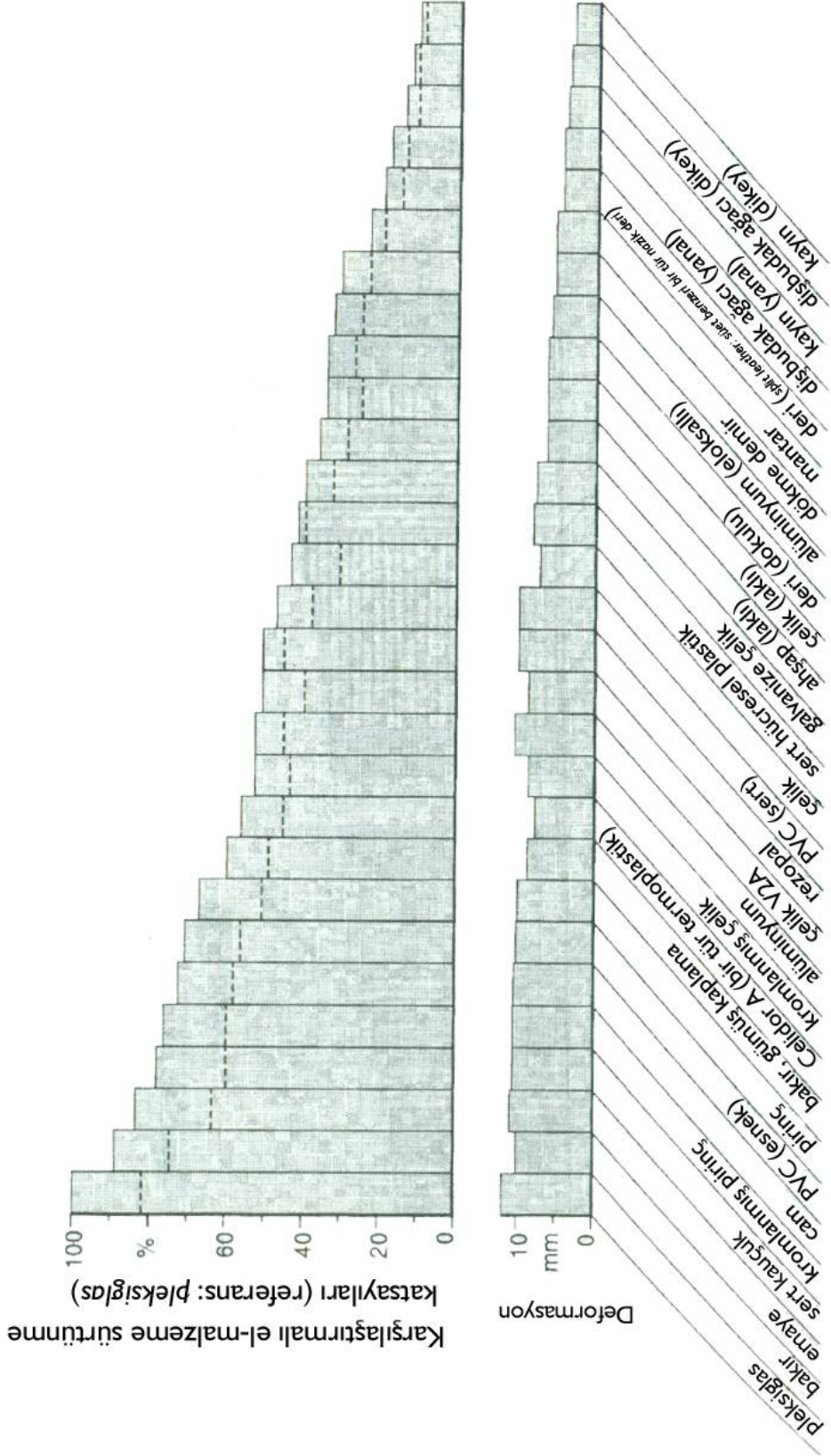
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Porselen / Porcelain	0.26	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Köpük plastik / Plastics, foam	0.3	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Kauçuk / Rubber	0.48	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Tuz / Salt	0.21	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Islak toprak / Wet soil	0.35	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	İpek/ Silk	0.33	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Balsa / Wood, Balsa	0.7	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Meşe/ Wood, Oak	0.48	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Beyaz çam /White pine	0.6	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Zift / Tar	0.35	Kcal/kg°C
Özgül Isı / <i>Specific Heat Capacity</i>	Taş / Stone	0.2	Kcal/kg°C

URL 1- <http://www.apo.nmsu.edu/>

URL 2- <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/tables/sphtt.html#c1>

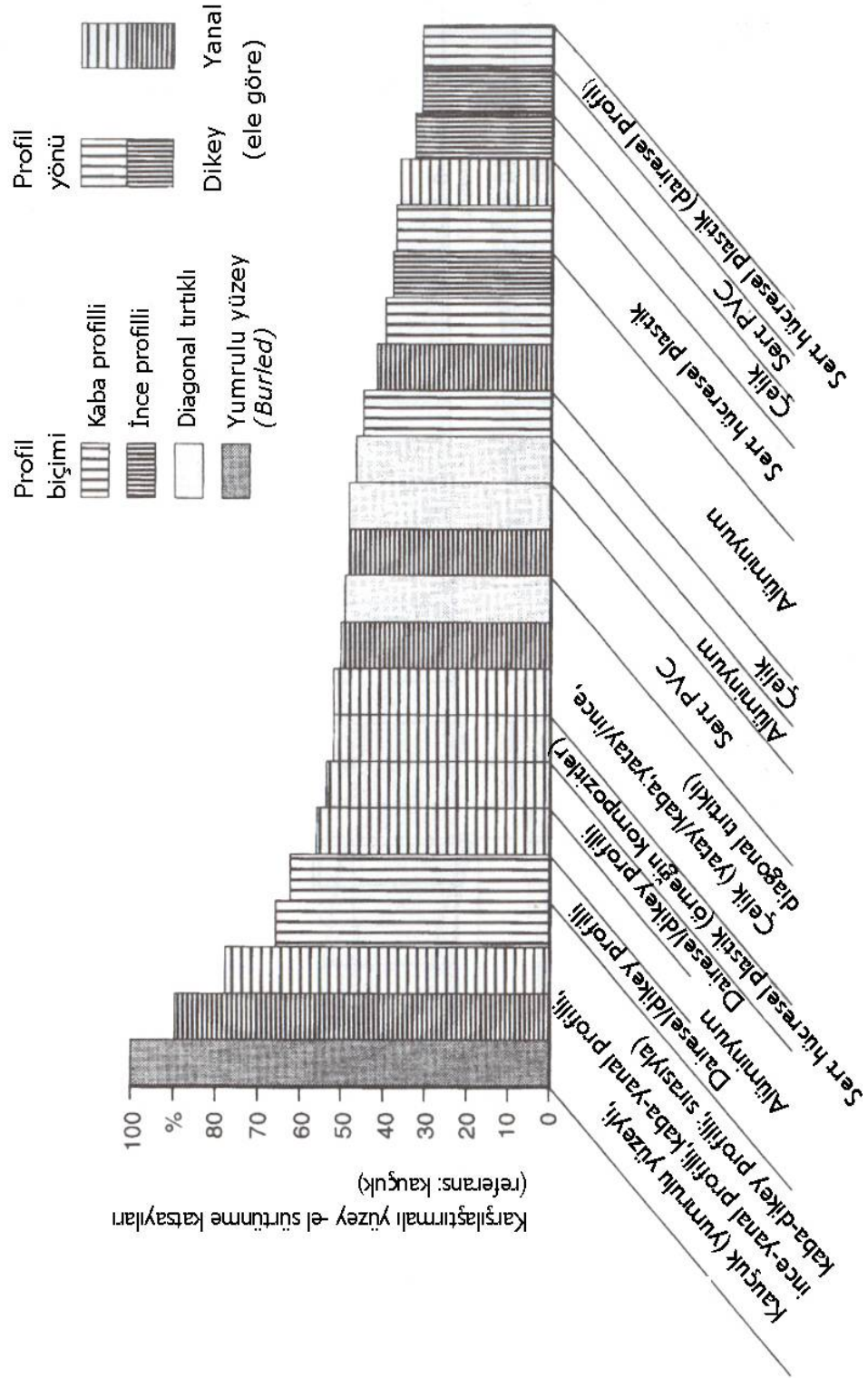
URL 3- http://www.engineeringtoolbox.com/specific-heat-solids-d_154.html

EK B- 'Farklı Malzeme ve El arasındaki Sürtünme Katsayıları'



Farklı malzemeler ile el arasındaki sürtünme katsayıları- karşılaştırmalı
 (Salvendy, G. (ed), 1997, *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, John Wiley
 Publ., s.707)

EK C- 'Farklı Yüzey Profilleri ile El arasındaki Sürtünme Katsayıları'



Farklı yüzey profilleri ve el arasındaki sürtünme katsayıları- karşılaştırmalı
(Salvendy, G. (ed), 1997, *Handbook of Human Factors and Ergonomics*, John Wiley
Publ., s.708)

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında dünyaya geldi. 1992-1996 yılları arasında Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü'nde okudu. Mezuniyetinden sonra, iki yıl süre ile stopmotion animasyon yapımlarında çalıştı ve bir dizi tamamladı. 1999-2001 yılları arasında reklam ajansı, bir televizyon kanalı ve bazı işlerde çalıştı. 2001 yılında Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü Endüstri Ürünleri Tasarımı Anasanat Dalı Yüksek Lisans Programı'nı kazandı. Aynı yıllarda bir tasarım ofisinde tasarımcı olarak çalıştı. Aralık 2002'de Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü'nde kadrolu olarak görevine başladı. 2004 yılı Temmuz ayında 'Kişisel İletişim Ürünleri Biçimsel Dili ve Kullanıcı Arayüz İlişkisi' isimli master tezini vererek mezun oldu. Aynı yıl Eylül ayında Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Ürünleri Tasarımı Anabilimdalı'nda Doktora Programına girdi.

Halen Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü'nde 3. sınıf Endüstri Tasarımı 3-4, Tasarım Yöntemleri 1-2 derslerini asiste etmekte ve çeşitli komisyonlarda görev almaktadır.

Adres : Marmara Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi
Endüstri Ürünleri Tasarımı Bölümü
Küçük Çamlıca Acıbadem Cad. 34718
Tel : 0216.326.26.67/205