T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

DİKKATLİ BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE İSTEM DIŞI BAŞ HAREKETLERİYLE BİLİŞSEL DURUM DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Cengizhan DİRİCAN

DOKTORA TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE

2012

T.C.
GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ
MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ
ENSTİTÜSÜ

DİKKATLİ BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE İSTEM DIŞI BAŞ HAREKETLERİYLE BİLİŞSEL DURUM DEĞERLENDİRİLMESİ

Ahmet Cengizhan DİRİCAN

DOKTORA TEZİ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI

Yrd. Doç. Dr. Mehmet Göktürk

GEBZE

2012

DOKTORA TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ..15.06.2012....tarih ve 2012./22 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 19/06/2012 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Ahmet Cengizhan DİRİCAN'ın tez çalışması Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE
(TEZ DANIŞMANI) : Yrd. Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK

ÜYE : Doç. Dr. Hacı Ali MANTAR

ÜYE : Prof. Dr. Adanan KAVAK

ÜYE : Doç. Dr. Yusuf Sinan AKGÜL

ÜYE : Doç. Dr. Erkan ZERGEROĞLU

ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...../...../20... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

TEZİN BAŞLIĞI: DİKKATLİ BİLİŞİM SİSTEMLERİNDE İSTEM DIŞI BAŞ HAREKETLERİYLE BİLİŞSEL DURUM DEĞERLENDİRİLMESİ

YAZAR ADI : AHMET CENGİZHAN DİRİCAN

90'lı yılların başından bu yana İnsan Bilgisayar Etkileşimi'nde (İBE'de), kullanıcı ve görev duyarlı arayüz veya sistem tasarım yaklaşımlarıyla birlikte kapalı iletişim kanallarına artan bir ilgi görülmektedir. Bu tasarım yaklaşımlarından biri de Dikkatli Bilişim Sistemleridir (DBS'ler). DBS'ler kullanıcı dikkatini başlıca giriş kanalı olarak ele almakla birlikte kullanıcının bilişsel durumuna karşı hassas bilişim sistemleridir. Her ne kadar klasik girdi/çıktı kanallarından yararlansa da DBS'ler, kullanıcı dikkati ve bilişsel durumuyla birlikte ilgi, amaç ve görevlerinin tespit edilebilmesini mümkün kılabilecek zengin bir girdi bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Bu tezde böyle bir ihtiyaca çözüm olarak, insanların bilişsel değişimlere karşı gösterdikleri istem dışı postürel tepkiler önerilmekte ve özellikle istem dışı baş hareketleri üzerine odaklanılmaktadır.

Bu amaçla tezde ilk olarak; oturan kullanıcıların bilişsel değişimlere karşı gösterdikleri istem dışı postürel tepkiler incelendikten sonra bilişsel değişimlerden kaynaklanan istem dışı baş hareketleri deneysel olarak araştırılmıştır. 31 katılımcıyla gerçekleştirilen bir deneyle görev bağlanması ve değişen görev zorluğunun baş tepkisi ve hızı ölçütlerine olan etkisi incelenmiştir.

Tekrarlı ölçümler varyans analizleri baş tepkisi ve hızının görev bağlanması sonucu anlamlı örüntüler sergilediğini göstermiştir. Değişen görev zorluğunun baş tepkisine etkisi ise sınırlı kalırken, baş hızı sonuçları baş tepkisine kıyasla daha umut verici çıkmıştır.

İstem dışı postürel tepkilerle kullanıcı bilişsel durumunun değerlendirilmesi, İBE kapsamında pek çok alana veya probleme uygulanmaya elverişli bir konudur. Bu tezde yeni ve umut verici bilişsel durum ölçütleri olarak önerilen istem dışı postürel tepkiler, dolayısıyla pek çok ileri çalışmayı teşvik etmektedir.

SUMMARY

THESIS TITLE: COGNITIVE STATE ASSESSMENT USING INVOLUNTARY HEAD MOVEMENTS IN ATTENTIVE COMPUTING SYSTEMS

AUTHOR : AHMET CENGİZHAN DİRİCAN

Since the beginnings of 90's, user or task sensitive interface and system design approaches and, implicit communication channels have been receiving an increasing interest in Human Computer Interaction (HCI). One of these design approaches is Attentive Computing Systems (ACSs). ACSs can be defined as systems that consider user attention as primary input channel and sensitive to user's cognitive states. Although ACSs take advantage of classical input/output channels, they need richer input information that make possible to determine users' attention, cognitive state, interests, goals and tasks. In this thesis, in order to meet such a need, humans' involuntary postural responses to cognitive changes are suggested and specifically focused on involuntary head movements.

This thesis first investigated the involuntary postural responses of seated users to cognitive changes. It then experimentally examined the involuntary head movements originating from cognitive changes. An experiment conducted with 31 participants analyzed the effects of task engagement and changing task difficulty on head response and speed.

The results of repeated measures analysis of variances indicated that head response and speed exhibited meaningful patterns during task engagement. While the influence of changing task difficulty on head response was limited, head speed responded better to changing task difficulty than head response.

The assessment of user's cognitive state using involuntary postural responses is convenient to be applied to many fields and problems within HCI. Involuntary postural responses that are suggested as as new and promising cognitive state measures in this thesis therefore motivate many future works.

TEŞEKKÜR

Bana verdikleri destek, tavsiye ve rehberlikten ötürü başta tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Mehmet Göktürk olmak üzere tez izleme komitemi oluşturan diğer üyeler; Doç. Dr. Hacı Ali Mantar ve Prof. Dr. Adnan Kavak'a,

Tez savunmama katılan ve GYTE' deki eğitimim boyunca desteklerini esirgemeyen değerli hocalarım Doç Dr. Yusuf Sinan Akgül ve Doç. Dr. Erkan Zergeroğluna,

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği bölümünde çalışan tüm mesai arkadaşlarıma,

Başta sevgili annem ve babam Memduha ve Yusuf Dirican olmak üzere değerli ağabeylerim Ufuk, Uğur ve Oğuzhan Dirican'a,

Özellikle tez çalışmamın son yılında benimle hayatını birleştirerek tezimin son işlerini sıcak bir ortamda bitirmeme imkan sağlayan biricik eşim Ayşe Hatun Dirican'a,

Teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa

ÖZET **iv**
SUMMARY **v**
İÇİNDEKİLER DİZİNİ **vii**
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ **ix**
ŞEKİLLER DİZİNİ **x**
TABLOLAR DİZİNİ **xii**
1. GİRİŞ **1**
2. DİKKATLİ BİLİŞİM SİSTEMLERİ **6**
2.1. Dikkatli Bilişim Sistemlerine Duyulan İhtiyaç 6
2.1.1 İnsan Bilgisayar Etkileşiminde Gelinen Nokta 6
2.1.2 Yaşanan Problemler 7
2.1.3 Eldeki Bilişim Sistemlerinin Davranışları 9
2.1.4 Çözüm Olarak Dikkatli Bilişim Sistemleri 12
2.2. Tanım 14
2.3. AKE-B Çatı Modeli 15
2.3.1 Dikkati Algılama 16
2.3.2 Dikkat Hakkında Karar Verme 18
2.3.3 Dikkati Eniyilemek 18
2.3.3.1 Etkileşimi Düzenleme 19
2.3.3.2 Dikkatin Artırılması 20
2.3.4 Dikkati Bildirmek 21
3. BİLİŞSEL DURUM İSTEM DIŞI POSTÜREL TEPKİLERİ **22**
3.1 Postür, Oturma Postürü ve İnsan Bilgisayar Etkileşimi 22
3.2 Bilişsel Durum Göstergesi Olarak Oturma Postürü 24
3.3 Bilişsel Olarak Manalı Postürel Değişimler 25
3.4 İlgili Çalışmalar 28
4. GÖREV BAĞLANMASI VE DEĞİŞEN GÖREV ZORLUĞUNUN BAŞ HAREKETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ **32**
4.1 Dikkat ve Bilişsel Durum Ölçütü Olarak Baş Hareket ve İşaretleri 32
4.2 Deney Araştırma Soruları ve Beklentiler 34
4.3 Yöntem 35
4.3.1 Örneklem 35

Sayfa

4.3.2 Ekipmanlar 37
4.3.3 Baş Takip Sistemi 37
4.3.4 Bilişsel Görev 40
4.3.5 Prosedür 42
4.3.6 Ölçütler 43
4.3.7 Tasarım ve Analiz 46
4.4 İstatistiksel Analiz Sonuçları 48
4.4.1 Performans Ölçütleri: Bilişsel Görev 49
4.4.2 Postürel Ölçütler: Baş Tepkisi ve Hızı 54
4.4.2.1 Görev Bağlanması Analizi 54
4.4.2.2 Görev Zorluğu Analizi 58
4.4.3 Anket Ölçütleri: Göreceli uzaklık derecelendirmeleri 62
4.5 Tartışma 63
4.5.1 Bilişsel Görev 63
4.5.2 Baş Hareketleri: Baş Tepkisi ve Hızı 65
4.5.3 Göreceli Görev Uzaklık Derecelendirmeleri 69
5. SONUÇLAR 71
5.1 Katkılar 71
5.2 Çıkarımlar ve İleri Çalışmalar 73
KAYNAKLAR 77
EKLER 83
1: İnsan ve Dikkat
2: Baş Tepkisi ve Hızı Birikimli Dağılım Fonksiyonu Grafikleri
3: Rıza Formu
4: Terimler Sözlüğü
ÖZGEÇMİŞ

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AKE-B	: Algılama, Karar, Eniyileme, Bildirme
ANOVA	: Varyans Analizi
AP	: Anterior/Posterior
AugCog	: Artırılmış Biliş
BDF	: Birikimli Dağılım Fonksiyonu
DARPA	: Gelişmiş Savunma Araştırmalar Ajansı
DBS	: Dikkatli Bilişim Sistemi
GA	: Grafik Arayüzler
GYTE	: Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü
İBE	:İnsan Bilgisayar Etkileşimi
ML	: Medial/Lateral
PİMİ	: Pencereler, İkonlar, Menüler ve İşaretçiler
SGKG:	: Savaş Gemisi Komutanı Görevi
TV	: Transversum

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil **Sayfa**

1.1. İstem dışı postürel tepkilerle bilişsel durum değerlendirme. 3

2.1. Çok taraflı etkileşim. 6

2.2. Çok taraflı kesmeler: satış raporunu üzerine çalışan bir kullanıcı ve onun dikkatini çekmeye çalışan diğer aygıt ve yazılımlar. 10

2.3. Dikkatli Bilişim Sistemleri için AKE-B çatı modeli. 15

3.1. Değişik zihinsel (duygusal ve bilişsel) durumları yansıtan kullanıcı görünümleri. 27

3.2. Baş, oturak-sırt ve oturak-dip tepkileri. 29

4.1. Özel olarak tasarlanmış kamera düzeneği. 36

4.2. Takip şapkası takan ve deney görevini test eden bir kullanıcının görüntüsü. 36

4.3. Bölütleme algoritmasının çıktısı. 38

4.4. Takip uygulamasının ekran çıktısı. 38

4.5. Deneylerde kullanılan bilişsel görevin eğitim aşamasından bir ekran görüntüsü (4'ü hedef/düşman 6'sı dost toplam 10 nesne görülmektedir). 40

4.6. Anatomik koordinat düzlemi ve oturan bir kullanıcı için baş ölçütlerinin hesaplanması. 43

4.7. Bir deneğin hareketinin transversum düzlemdeki (2B) görüntüsü. 45

4.8. Şekil 4.7'de verilen hareket verisinin medial/lateral (ML) ve anterior/posterior (AP) eksenlerdeki görüntüsü. 45

4.9. Görev zorluk seviyeleri için ortalama hedef-vurma puanları. 50

4.10. Görev zorluk seviyeleri için ortalama hedef-kaçırma puanları. 51

4.11. Görev zorluk seviyeleri için ortalama dost-vurma puanları. 52

4.12. Görev zorluk seviyeleri için ortalama yüzey-vurma puanları. 53

4.13. ML eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş tepkisi değerleri. 54

4.14. AP eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş tepkisi değerleri. 55

4.15. ML eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş hızı değerleri. 56

4.16. AP eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş hızı değerleri. 57

4.17. ML eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş tepkisi değerleri. 58

4.18. AP eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş tepkisi değerleri. 59

Şekil **Sayfa**

4.19. ML eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş hızı değerleri. 60

4.20. AP eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş hızı değerleri. 61

4.21. Değişik bilgisayar görevleri için göreceli uzaklık derecelendirmeleri. 62

4.22. Göreceli görev uzaklık derecelendirmesi sonuçları. 70

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo **Sayfa**

4.1. Görev aşamaları, hedef ve dost nesne sayıları ve zorluk seviyeleri 41

4.2. Analiz sonuç grafiklerinde kullanılan sembollerin anlamları 48

4.3. Performans ölçütlerinin ortalama değerleri ve görev zorluk seviyeleri arasında gerçekleştirilen korelasyon analizi sonuçları. 49

1. GİRİŞ

Bilgi işlem ve iletişim teknolojileri gelişip yaygınlaştıkça, artan kapasiteleri ve yeni nitelikleriyle pek çok bilişim sistemi (bilgisayarlar, cep telefonları, tabletler, çevrede gömülü bilişim teknoloji ve sistemleri) günlük hayata katılmaktadır. Bu sistemler kullanıcılarına, zamanla vazgeçilmez hale gelen hizmet ve faydaların yanı sıra, (i) sürekli iletişime açık olmak, (ii) artan çok görevlilik ve (iii) ortamdaki hızlı değişimlere ayak uydurma gereksinimi gibi, bir kısım yükleri de beraberinde getirmektedir. Kullanıma sunulan her yeni bilişim ürünüyle birlikte kullanıcının taşıması gereken bu yükler ağırlaşırken, sonuç olarak ortaya çıkan "bilgi bombardımanı" giderek daha ciddi bir problem haline gelmektedir. Kullanıcılar ise, çoğunlukla sosyal ve ekonomik sebeplere, bilişim sistemlerinin sebep olduğu yüklerin (bkz. Bölüm 2.1.2) negatif sonuçlarından kaçamayarak, stres, bunaltı (anksiyete) ve performans kaybı gibi sıkıntılarla baş başa kalmaktadır.

Diğer taraftan, [Roda and Thomas 2006]'a göre, kullanıcıların yaşadıkları sıkıntıların asıl sebebi kullanıcılara bilişim aygıtlarıyla yönelen aşırı bilgi veya bilgi bombardımanı değildir. Bunun yerine sorun bilginin; fazlasıyla biçimsel, basmakalıp ve bağlamdan yoksunken, sonuçta bilişsel olarak daha zorlu olan biçimindedir. Bu görüşe göre, bilgi bombardımanı aslında doğal hayatın bir parçasıdır ve insanların algısal organlarına yönelen bilginin miktarı her zaman işleyebileceklerinden daha fazla olmuştur. Fakat insanlar, modern teknolojiler ortaya çıkana kadar, dikkatsel mekanizmaları sayesinde bilgi bombardımanının üstesinden gelerek bununla yaşayabilmeyi başarmıştır.

Dikkatsel mekanizmalar insanların ilgi duydukları bilgiyi seçip işlemesini mümkün kılarken ilgi duymadıkları bilgiyi dışarıda bırakmalarını sağlayan hayati bilişsel mekanizmalar olarak tanımlanabilir [Roda and Thomas 2006; Wood et al. 2006]. Ne var ki bu mekanizmalar gerçekte sınırlı bir başarıma sahiptir. Kesilmeye uğradıklarında veya aşırı yüklendiklerinde kullanıcılar; bunlara eşlik eden sıkılma ve motivasyon kaybının yanı sıra, kaçınılmaz bir biçimde daha yüksek hata oranları ve görev tamamlama süreleriyle karşı karşıya kalmaktadır [Bailey and Konstan 2006;

McFarlane 1999; Vertegaal et al. 2006]. Belki de en göze çarpan modern teknolojiler olarak bilişim sistemleri; bencil, düşüncesiz ve dikkatsiz davranışları (bkz. Bölüm 2.1.3) sebebiyle böyle kesilme ve aşırı yüklemeler için iyi birer aday konumundadır.

[Vertegaal et al. 2006]'a göre bilişim sistemlerinin kısaca dikkatsiz veya özensiz diye tabir edilebilecek davranışları, bu sistemlerin sosyal açıdan yetersiz tasarımlarında yatmaktadır ve özetle bilişim sistemleri; kullanıcıları ile olan iletişimlerinin hacmini, zamanını ve kanalını belirlemede kötüdür. Bu düşünceye göre, ilk bilgisayarlar kullanıcı dikkati için sessizce bekleyen pasif aletlerdi. Fakat bugünün bilişim sistemleri, kullanıcı dikkatini/ilgisini sessizce bekleyen pasif sistemler olmaktan öte, kullanıcılarını sürekli olarak dikkat istekleriyle kesilmeye uğratan ve aşırı yükleyen "aktif iletişimcilerdir". Dolayısıyla klasik tasarım anlayışları bu bilgiye ve ilgiye aç sistemlerin ihtiyaçlarını karşılamakta yetersiz kalmaktadır.

Bilişim sistemlerine gerekli sosyal yeterliliği kazandırmak ve böylece kullanıcılarıyla daha doğal ve sıkıntı vermeyecek bir biçimde iletişim kurmalarını sağlamak için yeni etkileşim tasarım yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır (bkz. Bölüm 2.1.4). Bu yaklaşımlardan biride Dikkatli Bilişim Sistemleri'dir (DBS'ler).

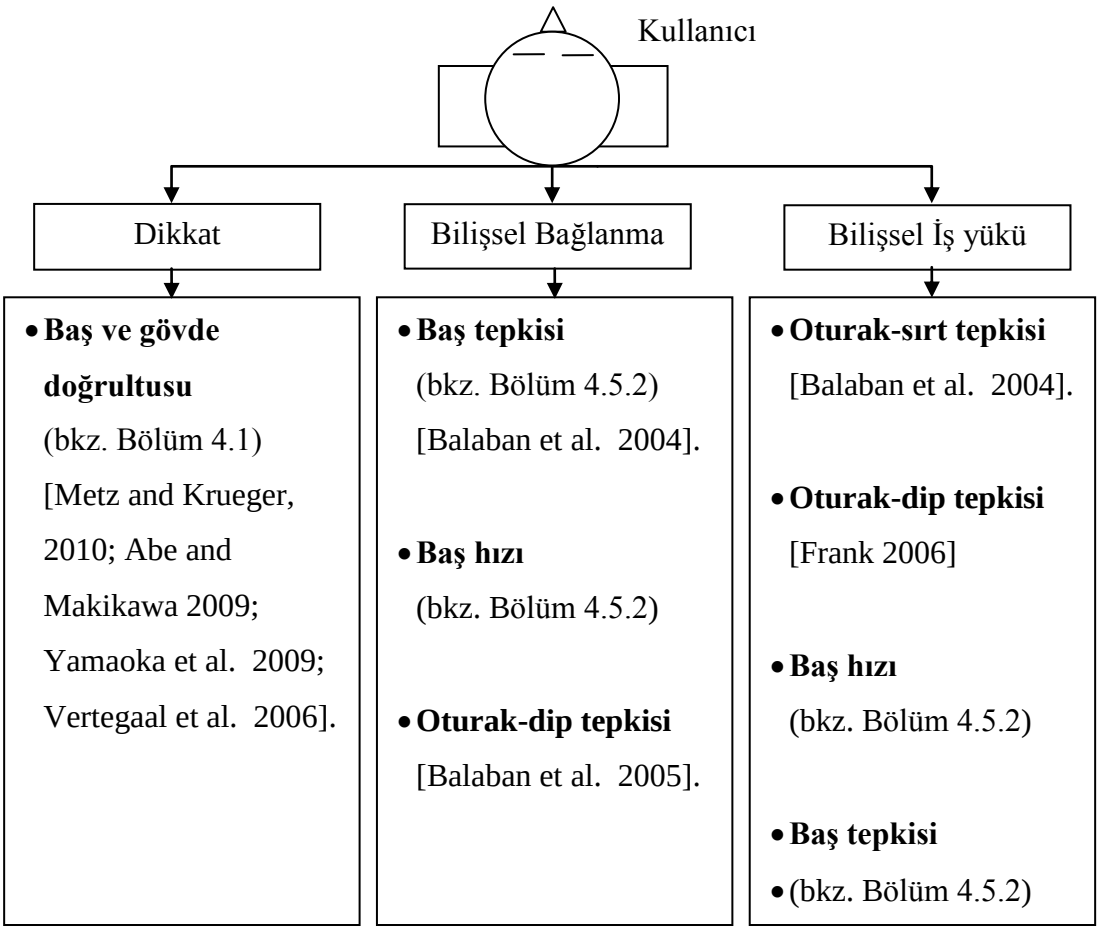
DBS'ler üç temel amaçla tasarlanır.

1. Kullanıcılar ve bilgisayarlar arasındaki etkileşimi sosyal bir biçimde düzenleyerek daha doğal etkileşim teknikleri tasarlamak [Vertegaal et al. 2006].
2. Kullanıcı dikkatini artırarak daha iyi görev ve sistem başarımı sağlamak [Vertegaal 2003; Zhai 2003].
3. Kullanıcıların bilgi ihtiyaçlarını ilgilerine uygun biçimde karşılamak [McCrickard and Chewar 2003].

Bu amaçlara ulaşmak için DBS'ler kullanıcıların dikkati (geçmiş, şimdiki ve gelecek), bilişsel durumları (bilişsel iş yükü ve bağlanması), amaç ve önceliklerine dayanan derin ve çok boyutlu bir kullanıcı anlayışına ihtiyaç duymaktadır [Roda and

Thomas 2006; Vertegaal et al. 2006; Dirican ve Göktürk, 2009]. Literatürde böyle bir anlayışı elde etmek amacıyla önerilen, uygulama kullanımı ve internet tarama geçmişinden, bakış yönü (ing. eye gaze), göz bebeği genleşmesi, ERP ve EEG gibi psikofiziksel ölçütlere kadar, *açık* veya *kapalı* pek çok farklı iletişim kanalı veya bilgi kaynağı kullanan değişik kullanıcı değerlendirme yaklaşımları bulunmaktadır.

Her kullanıcı değerlendirme yaklaşımının kendine has eksiklikleri vardır. Açık yaklaşımlar gerekli çok boyutluluğu sağlamada yetersiz kalmaktadır [Zhai 2003]. Psikofiziksel ölçütler ise; gerçek ortamlarda uygulanmalarını engelleyen, ışıklandırma şartları (göz bebeği genleşmesi, bakış yönü takibi), elektrik şebekesi (ERP), kas ve algılayıcı (elektrot) hareketleri (EEG) gibi, karıştırıcı dış etkenlere karşı olan savunmasızlıklarına benzer pek çok zayıflıktan dolayı problem yaşamaktadır [Fairclough et al. 2009; Frank 2006; Dirican ve Göktürk 2011].



Şekil 1.1. İstem dışı postürel tepkilerle bilişsel durum değerlendirme.

Alternatif olarak kullanıcı otomatik motor davranışları veya istem dışı postürel değişimleri; doğal ve sıkıntı vermeyen, gerçek ortamlarda hizmet vermeye daha uygun, dikkat ve bilişsel durum ölçütleri olarak son yıllarda artan bir ilgi görmektedir [Bahr et al. 2007; Balaban et al. 2005; Balaban et al. 2004; Mota and Picard, 2003; Schrammel et al. 2010]. Özellikle, oturma postürel tepkileri ilgi çekici bir çalışma alanı olarak dikkat çekmekte ve önceki çalışmalar bunların DBS'lerin ihtiyaç duyduğu çok boyutlu kullanıcı anlayışını sağlama potansiyelinin olduğunu göstermektedir.

Şekil 1.1'de bu tez çalışması kapsamında yapılan araştırmalar neticesinde ulaşılan ve istem dışı postürel tepkilerin bir dikkat ve bilişsel durum ölçütü olarak pratikte nasıl kullanılabileceğini gösteren bir şema verilmektedir. Bu bilgiler ışığında tezde, o*turan kullanıcıların istem dışı postürel tepkilerinin Dikkatli Bilişim Sistemleri'nin ihtiyaç duyduğu kullanıcı dikkat ve bilişsel durum bilgisini sağlayabileceği* fikri savunulmakta ve bu yönde yapılan teorik ve deneysel çalışmalar anlatılırken, sonuçları tartışılmaktadır.

İlk olarak bu ve gelecek çalışmalara bir araştırma temeli oluşturulması maksadıyla; postür ve oturma postürü kavramları, oturma postürünün avantajlarını, dezavantajlarını ve bilişsel durumlarla bağlantılarını; bilişsel olarak manalı postürel değişimler ve ilişkili konuları kapsayan detaylı bir inceleme sunulmaktadır. Daha sonra tezde, baş postüründeki değişimlere özellikle odaklanılmakta ve deneysel olarak oturan kullanıcıların bilişsel değişimleriyle ilişkili olan istem dışı baş hareketleri araştırılmaktadır.

Tezin devam eden bölümleriyse şu şekilde düzenlenmiştir.

- **Bölüm 2:** Etkileşimde gelinen nokta, sonuç olarak yaşanan kullanıcı problemleri ve bilişim sistemlerinin bu problemlere yaklaşımı detaylı bir şekilde ele alındıktan sonra DBS'lere duyulan ihtiyaç tartışılmaktadır. Daha sonra DBS'lerin tanım ve özelikleriyle, geliştirilecek bir DBS için genel bir yol haritası sunan AKE-B çatı modeli tanıtılmaktadır.

- **Bölüm 3:** Postür, oturma postürü ve ilgili konular bir bilişsel durum değerlendirme perspektifinden detaylı bir şekilde incelendikten sonra önceki çalışmalar incelenmektedir.

- **Bölüm 4:** Bu bölüm istem dışı baş hareketleriyle görev bağlanması ve değişen görev zorluğu arasındaki ilişkiyi inceleyen deneyi içermektedir. Deneyin temelini oluşturan fikirler, araştırma soruları ve beklentiler verildikten sonra deneysel yöntem açıklanmaktadır. Baş takibi ve bilişsel manipülasyon için geliştirilen teknikler, kullanılan bağımsız ve bağımlı değişkenler, deney prosedürü, deneysel tasarım ve istatistiksel analiz yöntemleri detaylı bir biçimde tanıtıldıktan sonra istatistiksel analiz sonuçları verilmektedir. Bölümde son olarak analizlerin sonuçları tartışılmaktadır.

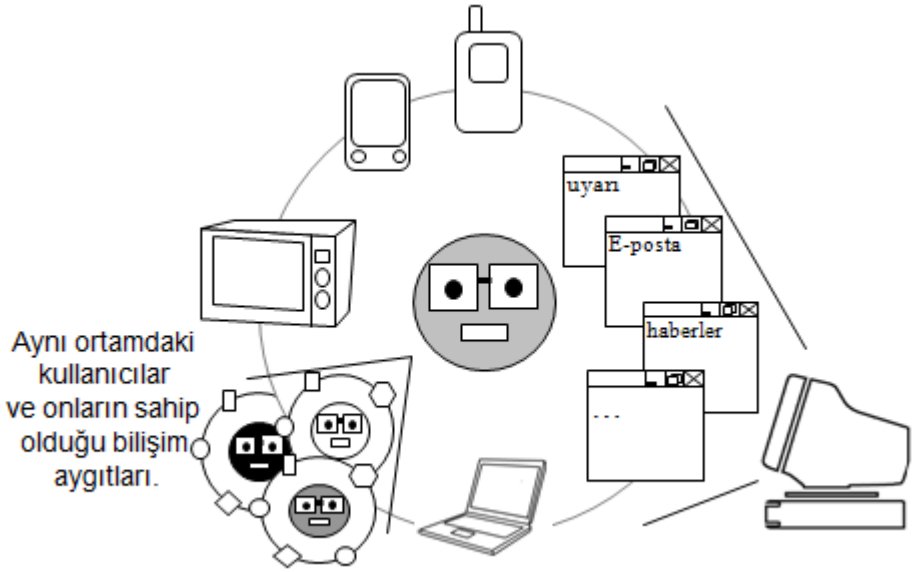
- **Bölüm 5:** Tezin sonuçları, katkıları, çıkarımlar ve muhtemel gelecek çalışmalar sunulmaktadır.

2. DİKKATLİ BİLİŞİM SİSTEMLERİ

2.1. Dikkatli Bilişim Sistemlerine Duyulan İhtiyaç

2.1.1 İnsan Bilgisayar Etkileşiminde Gelinen Nokta

Artan yetenek ve kapasitelerinin aksine küçülen boyutları ve düşen fiyatlarıyla bilgisayarlar, son çeyrek yüzyıl yıl içerisinde, dünyanın hemen her yerinde çok yaygın ve yoğun bir biçimde kullanılır hale gelmiştir. Bu yaygınlaşma ve yoğun kullanıma paralel olarak, bilgisayarlar ve kullanıcıları arasındaki etkileşim de zamanla değişmiştir [Vertegaal et al. 2006].



Şekil 2.1. Çok taraflı etkileşim.

Bilişimin erken dönemlerinde kullanıcılar, *aptal terminaller* üzerinden bir anabilgisayara karşı bire-çok etkileşim içerisindeydi. Kişisel bilgisayarların ortaya çıkmasıyla her kullanıcı öncekilerden daha güçlü ve yetenekli olan bağımsız bilgisayarlara sahip oldu. Böylece kullanıcılar ve bilgisayarlar arasında *bire-bir* etkileşim yaşanmaya başladı. Zamanla ortaya çıkan farklı bilişim ürünleriyle birlikte kullanıcıların önündeki aygıt sayısı giderek arttı. Böylece kullanıcılar birden fazla

bilişim aygıtını (ve bunların içinde eş zamanlı olarak çalışan yazılımları) aynı anda kullanır hale geldi ve böylece *bire-çok* bir etkileşim söz konusu oldu.

Ne var ki bire-çok etkileşim bugün yaşanan durumu tam olarak ifade edememekte ve bilişim aygıtlarıyla kullanıcılar arasında daha karmaşık durumlar gözlemlenebilmektedir. Bugün kullanıcılar, tamamı birden *bilişim sistemleri* diye tabir edilebilecek olan; her türden kişisel bilgisayar, akıllı cep telefonları, tabletler vb. pek çok bilişim aygıtıyla birlikte; gerek günlük hayatlarında gerekse işlerinde kullandıkları, değişik makine ve sistemlerin içine gömülmüş bilişim teknolojileriyle çepeçevre sarılmış (bkz. Şekil 2.1) bir hayat sürmektedir [Chen and Vertegaal 2004].

Bunun yanı sıra, özellikle şehir yaşamında insanlar, ofisler, toplantı odaları ve toplu taşıma araçları gibi yerlerde çoğu zaman aynı ortamı paylaşır. Bu ortalamalarda, gerek diğer insanlara gerekse ortama ait diğer bilişim teknolojilerinin etkilerinden kaçınmak da pek mümkün olmamaktadır. Sonuç olarak, insanlar kendilerini çevreleyen pek çok bilişim sistemiyle *çoka-çok* veya *çok-taraflı* (bkz. Şekil 2.1) diye tabir edilen bir etkileşim içinde yaşar hale gelmiştir [Vertegaal et al. 2006]. Ne var ki böylesi bir yaşam pek çok fayda ve fırsatın yanı sıra, bazı problemleri de beraberinde getirmiştir (bkz. Bölüm 2.1.2).

2.1.2 Yaşanan Problemler

Bilişim sistemlerinin yaygınlaşarak insanların günlük hayatlarının vazgeçilmez parçaları haline gelmesi ve çok taraflı etkileşimle birlikte (bkz. Bölüm 2.1.1) bu sistemlerin kullanıcıları için pek çok yeni problem de gün yüzüne çıkmıştır. Her biri kullanılması gereken (ayarlanması, maniple edilmesi, belki taşınması, vb.) ayrı birer araç ve yönetilmesi gereken ayrı birer bilgi kaynağı olan bu sistemlerin sebep olduğu, Bölüm 1'de de kısmen değinilen, problemlerden bazıları şu şekilde örneklenebilir.

- Kullanıcılar nerede ve ne halde olurlarsa olsunlar (işte, tatilde, uykuda), 7/24 çalan cep telefonlarından kaçamayıp; özellikle ders, toplantı, konferans vb. aktiviteler esnasında çalan telefonlar sebebiyle sıkıntılı anlar yaşatabilmektedir [Vertegaal et al. 2002; Shell et al. 2003].

- Sunumların ortasında aniden beliren ekran koruyucular gerek sunum yapanlar gerekse dinleyiciler için istenmeyen durumlar oluşturabilmektedir [Gibbs 2005].

- Özellikle yoğun bir biçimde çalışan kullanıcılar için; bilgisayarlarından kendilerine yönelen, sıkıntı verici ve o esnada odaklandığı göreve kıyasla hayli önemsiz olabilecek kesmeler veya uyarı/bilgi (güncelleme, e-posta alındı bilgisi, yeni bir haber) mesajları oldukça yorucu olabilmektedir [Dantzich et al. 2002; Shell et al. 2003; Horvitz et al. 1999; Gibbs 2005].

- Mevcut grafik arayüzlerin kullanımıyla ilgi olarak ta bir kısım problemler yaşanabilmektedir. Öyle ki kullanıcılar; ekrandaki pencerelerin yönetiminin bazen ne kadar problemli olduğundan, bilgisayarın masaüstünde aradıklarını bulmakta güçlük çektiklerinden veya özelikle geniş ekranlarda işaretçi, fare ve menü kullanımında yaşadıkları sıkıntılardan şikâyet edebilmektedir [Fono and Vertegaal 2005; Dirican and Göktürk 2009].

Bilişim sistemlerinin sebep olduğu problem örneklerini artırmak mümkündür. Benzer durumların, özellikle şehir yaşamında, kullanıcıların yaşına ve eğitim duruma göre değişiklik gösterecek şekilde, tüm dünyada oldukça yaygın olduğu söylenebilir. Çünkü internetle ağıyla ve diğer iletişim teknolojileriyle, en azından bilgiye ulaşma ve iletişim kurma imkânları açısından küresel bir hayat süren kullanıcılar benzer işlerde benzer aygıtları kullanmaktadır.

Diğer taraftan, hızlı bir şekilde üretilen bilgi yine hızlı bir şekilde kullanıcıların önüne gelmekte; diğer bir deyişle, bilişim aygıtlarının ekranlarına düşmektedir. Ne var ki bu bilgi insanlara, çoğu zaman karmaşık bir hal ve yukarıda örneklenen, rahatsız edici bir biçim ve kullanılması kimi zaman oldukça zorlaşabilen araçlarla sunulmaktadır [Roda and Thomas 20006; Maglio et al. 2003]. Hem bu karmaşık yapı içerisinden gerekli bilgiyi seçmek hem de rahatsız edici ve zorlayıcı sunum tarzıyla baş etmek ise kullanıcılara düşmektedir. Gerekli bilgi seçilse dahi, bunun biçimi ve miktarı ayrı bir problem olarak ortada durmaktadır.

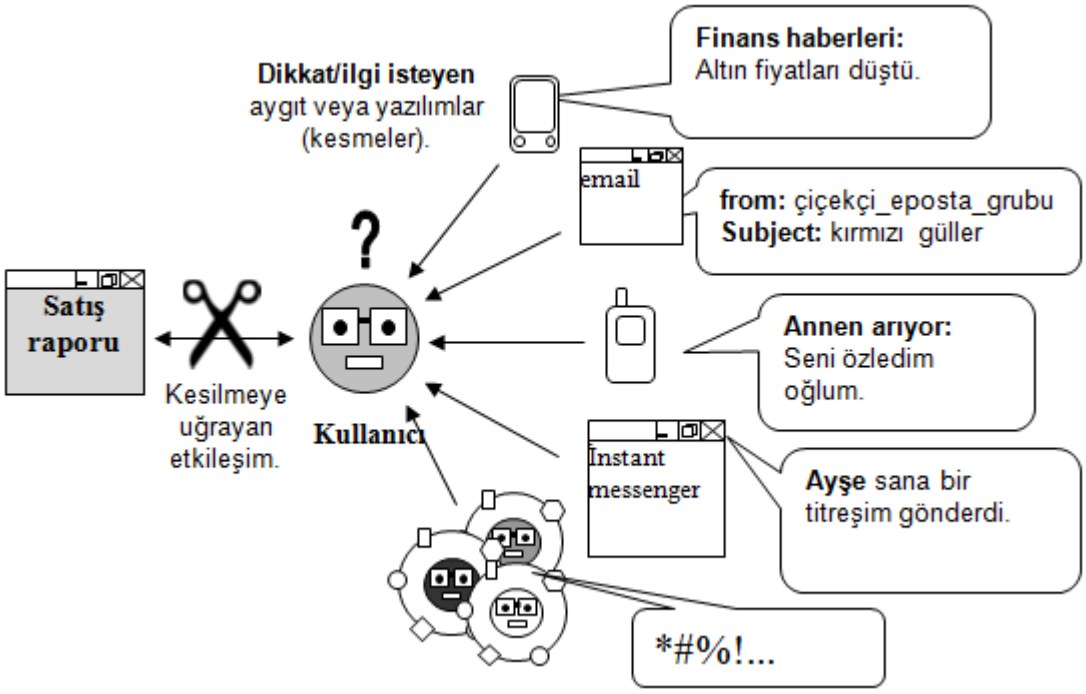
Yukarıda verilen problemler kullanıcıların yaşam kalitelerinin ve psikolojik sağlıklarının bozulmasının yanı sıra dolaylı olarak yapılan işe göre mali kayıplara da sebep olabilmektedir [Roda and Thomas 2006; Bailey and Konstan 2006; Vertegaal et al. 2006; McFarlane 1999]. Diğer taraftan bilişim teknolojileri bugün, otomobillerden uçaklara, fabrika kontrol sistemlerinden silah kontrol sistemlerine kadar pek çok kritik sistemin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Bu şekilde hayati öneme sahip sistemlerde oluşabilecek bilişim teknolojileri kaynaklı kullanıcı hataları da, insan hayatına veya büyük mali kayıplara sebep olabilir [Balaban et al. 2004; Metz and Krueger 2010; Rowe et al. 1998]. Bu sebeple hem günlük hayatta ve işlerde kullanılan olağan bilişim sistemlerinde hem de kritik sistemlerde yeni tasarım anlayışlarına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir (bkz. Bölüm 2.1.4). Fakat bu yeni tasarım anlayışlarını ele almadan önce, mevcut bilişim sistemlerin durumunu ve problemlere yaklaşımını incelemekte fayda vardır (bkz. 2.1.3).

2.1.3 Eldeki Bilişim Sistemlerinin Davranışları

Tezde buraya kadar tartışılan kullanıcı problemlerin giderilmesi ele alındığında; yaşanan sıkıntıların başlıca kaynaklarından biri olan bilişim sistemlerine önemli roller düştüğü görülmektedir. Buna karşın şu anda kullanımda olan sistemler bu yükleri hafifletmek yerine daha da ağırlaştırmaktadır. Bu durum, performans ve işlevsellik açısından büyük gelişmeler gösteren bilişim sistemlerinin, aynı gelişmeyi kullanıcı etkileşimi açısından gösterememiş olmasından ileri gelmektedir [Vertegaal et al. 2006].

Bir banyo musluğu veya el kurutma cihazı dahi kullanıcısının varlığından haberdar olarak çalışmasını buna göre düzenleyebilmektedir. Buna karşın teknik açıdan daha akıllı denebilecek olan bilişim sistemlerinin; (örneğin bir kişisel bilgisayar) bu şekilde *özenli*, *düşünceli* veya *dikkatli* kullanıcı algılama ve hizmet sunma yetenekleri sergileyebildiklerini söylemek zordur.

Bilişim sistemleri halen dış dünyadan izole edilmiş kendilerine has bir dünyada yaşamaya devam etmektedir [Chen and Vertegaal 2004; Haritaoglu et al. 2001; Vertegaal et al. 2002]. Kullanıcılarının varlığından, yakınlığından, içinde bulunduğu şartlardan, eylemlerinden, ilgi amaç, görev ve önceliklerinden habersizdir. Daha teknik ifadesiyle bu sistemler; kullanıcılarının bağlamsal (içinde bulunduğu şartlar), fiziksel, algısal, bilişsel veya duygusal durumlarından habersizdir ve her koşulda aynı şekilde çalışmaktadır.



Şekil 2.2. Çok taraflı kesmeler: satış raporunu üzerine çalışan bir kullanıcı ve onun dikkatini çekmeye çalışan diğer aygıt ve yazılımlar.

Bilişim sistemleri, klasik girdi aygıtları (klavye ve fare) vasıtasıyla *açıkça* (ing. explicitly) işaret edildiğinde bir tepki vermek üzere tasarlanmışlardır. Daha kötüsü, söyleyecek bir şeyleri olduğunda, kullanıcının o esnada içinde olduğu şartlara ve icra ettiği göreve özen göstermeksizin onu kesilmeye uğratmakta tereddüt etmezler. Bilişim sistemleri halen kullanıcının sahip olduğu ve kullandığı tek aygıt, makine veya araçmış gibi çalışmaktadır. Sonuç olarak, gönderdikleri kesmelerle kullanıcılarının *dikkati* ve *çalışan hafızası* gibi bilişsel kaynaklarına zarar vermekte tereddüt etmemektedir (bkz. Şekil 2.2) [McCrickard and Chewar 2003]. Diğer bir deyişle sosyal açıdan yetersiz olan bu sistemler kullanıcılarıyla olan iletişimlerinin yerini, hacmini ve kanalını belirlemede yetersiz kalmaktadır [Vertegaal et al. 2006].

Eldeki bilişim sistemleri, kullanıcılarını desteklemek konusunda da geri kalmaktadır. Arayüz bileşenlerini ve ekranı *açıkça* kontrol etmek ve yönetmek kullanıcının sorumluluğudur. Geniş ve karmaşık bir masa üstü, bir işaretçi, onlarca pencere, sayısız dallanan menü, yüksek çözünürlüklü grafikler, ikonlar, düğmeler; hepsi kullanıcının *doğrudan kontrolü* için beklemektedir.

Eldeki bilişim sistemlerinin yukarıda bahsedilen özellikleri düşünüldüğünde, bunların *dikkatsiz* (ing. inattentive) veya [Gibbs 2005]'in deyimiyle *özensiz* (ing. incosiderate) sistemler olduğu söylenebilir. Bu, halen standartları 1980'li yıllarda belirlenmiş olan Grafik Arayüzlere (GA) dayanan geleneksel doğrudan kontrol teknikleri kullanmalarından ileri gelmektedir [Nielsen 1993]. Geleneksel GA prensibinde, kullanıcı ve sistem arasında, açık, nesne yönelimli ve bire-bir bir etkileşim vardır. Bu ayrıcalıklı çalışma tarzında, etkileşimin önceliği (ing. locus of control) kullanıcı veya onun ihtiyaçları yerine sistemin kendisine verilmiştir. Oysa çok taraflı etkileşim (bkz. Bölüm 2.1.1) ve yaşanan problemler (bkz. Bölüm 2.1.2) düşünüldüğünde, bu şekilde bir çalışma tarzına veya tasarım anlayışına sahip bilişim sistemleriyle çevrili bir yaşamın artık kabul edilmesi zor bir durum olduğu ortaya çıkmaktadır. Çözüm olarak, önceliğin sistem yerine kullanıcıya, onun görevlerine ve önceliklerine verildiği yeni tasarım anlayışlarına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir (bkz. Bölüm 2.1.4).

2.1.4 Çözüm Olarak Dikkatli Bilişim Sistemleri

Bilişim sistemlerinin günlük yaşamdaki yeri, sağladıkları hizmetler ve bunlarla harcanan zaman düşünüldüğünde, bunların artık iş gören basit bir makine veya aletten daha çok kullanıcılara destek olan partnerler veya *yardımcılar* oldukları söylenebilir. Geleneksel tasarımları (bkz. Bölüm 2.1.3) sebebiyle pek çok probleme (bkz. Bölüm 2.1.2) davetiye çıkran bu sistemlerin, dikkatli, özenli, yardımsever veya [Maglio and Campbell 2003]'in deyimiyle *iyi yardımcılar* olduğunu söylemek ise zordur. Bu düşünceye göre, iyi bir yardımcı, hizmet verdiği kişiye gelen bilgiyi aktif olarak filtreler, uygun bir şekilde (iletişim kanalı, hacmi ve zamanı açısından) iletişime geçerek kişinin ihtiyaç, amaç ve ilgilerine göre hareket eder.

Bu şekilde bilişim sistemleri tasarlamak için yeni kullanıcı duyarlı etkileşim yöntemlerine ihtiyaç vardır. Doğrudan kontrol mantığı, GA'lar, PİMİ (Pencereler, İkonlar, Menüler ve İşaretçiler) paradigması ve klasik girdi kanalları (klavye ve fare) bugüne kadar iyi hizmet etmişlerse de, artık limitleri görülmüştür [Vertegaal et al. 2006]. Bu kanallar hizmet etmeye devam edecektir; fakat yukarıda verilen *iyi yardımcı* özelliklerine sahip *kullanıcı duyarlı* bilişim sistemleri tasarlamak için kullanıcının bağlamsal, fiziksel, algısal, duygusal ve dikkatsel durumu; ilgi, amaç ve görevleri hakkında bilgi sağlayacak; yeni bilgi ve iletişim kanallarına da ihtiyaç olduğu görülmektedir.

İnsan Bilgisayar Etkileşimi'nde, 90'lı yılların başından beri belirgin bir şekilde görülen bu ihtiyacın bir sonucu olarak, Duygusal Bilişim (ing. Affective Computing), Bağlamın-Farkında Bilişim (ing. Context-Aware Computing), Algısal Bilişim (ing. Perceptual Computing) gibi pek çok yeni bilişim paradigması veya etkileşim tasarım yaklaşımı ortaya çıkmıştır.

Duygusal bilişim, insanlar ve bilişim sistemleri arasındaki etkileşimi insan duygularının algılanması üzerinden iyileştirmeye veya düzenlemeye çalışmaktadır [Pickard 1998]. Bağlamın-farkında bilişim durumsal farkındalık (ing. situational awareness) ve kullanıcı görevinin ne ve nerede olduğu, kullanıcının ne bildiği ve kullanılan sistemin yetenekleri bağlamsal bilgileri temellidir [Selker and Burlesson 2000]. Algısal bilişim ise insan bilgisayar etkileşimini kullanıcıların sözlü veya sözsüz iletişim kanallarını kullanarak mükemmelleştirmeyi amaçlar.

Bunların yanı sıra insan dikkatini başlıca iletişim kanalı olarak ele alan Dikkatli Bilgi Sistemleri [Maglio et al. 2000], Dikkatli Arayüzler [Vertegaal 2002], Dikkatli Bildirim Sistemleri [Horvitz et al. 2003] ve Dikkatin-farkında Sistemler [Roda and Thomas 2006] gibi yeni yaklaşımlar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada Dikkatli Bilişim Sistemleri (DBS'leri) olarak tek bir çatı altında ele alınan bu yaklaşımlar; değerli, kırılgan ve sınırlı bir kaynak olan kullanıcı dikkatini korumak, desteklemek ve mümkünse artırmayı amaçlamaktadır. Böylece geliştirilecek bir DBS, (i) insanlar ve sistemler arasında daha sosyal iletişim teknikleri geliştirilmesine, (ii) kullanıcıya ilgi amaç ve görevlerine uygun bilgi sunulmasına ve (iii) bilişim sisteminin kullanımını kolaylaştıracak yeni yöntemler ortaya koyulmasına imkân sağlayabilecektir.

Kullanıcı dikkatinin bu denli önemli olmasının sebebi; insanın düşünmek, problem çözmek, karar vermek, öğrenme ve hafıza gibi bilişsel yeteneklerinin temelde insan dikkat mekanizmalarına veya dikkatine dayanmasından ileri gelmektedir [Roda and Thomas 2006; Kalyuga 2009] (bkz. Ek 1). Dolayısıyla DBS'ler; bu mekanizmaları koruyarak daha sağlıklı bilişsel yeteneklere, destekleyerek bunların daha etkin hale gelmesine, gereksiz detaylarla uğraşmaktan alıkoyularak daha iyi çalışmalarına ve sistemi kullanmakta israf etmek yerine mümkün mertebe söz konusu yeteneklere ayrılmasını sağlamayı amaçlamaktadır.

2.2. Tanım

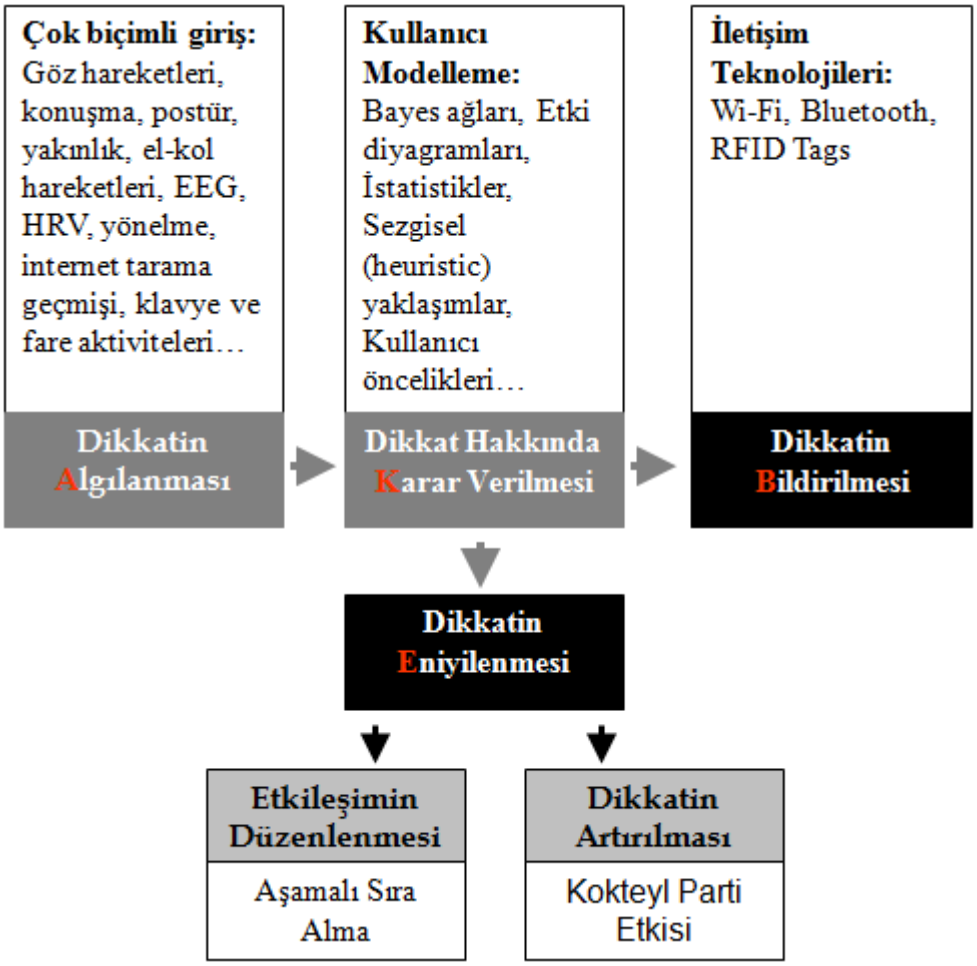
[Selker 2004], en popüler Dikkatli Bilişim Sistemleri'nden (DBS'ler) biri olan, Dikkatli Arayüzler'i (DA'lar), birincil girdi olarak kullanıcı dikkatine dayayan bağlamın-farkında insan bilgisayar arayüzleri olarak tanımlamaktadır. [Vertegaal et al. 2006] tarafından verilen diğer bir tanımda DA'lar, kullanıcı dikkatine karşı hassas arayüzler olarak tanımlanmaktadır. [Maglio et al. 2000] ise DA'ları, daha genel bir ifadeyle, kullanıcının ne yaptığına bakarak neye ihtiyaç duyduğunu belirlemeye çalışan arayüzler olarak tanımlamaktadır.

Bu tanımlara göre arayüz, kullanıcı dikkatinin, yani kullanıcının o esnada gerek görsel gerekse bilişsel olarak odaklandığı insan, nesne veya bilginin farkındadır ve çalışmasını buna göre ayarlayabilmektedir. Burada dikkatle anlatılmak istenen kişinin odaklandığı noktadan öte psikolojik bir süreçtir ve diğer bilişsel süreçlerle yakından alakalıdır. Ayrıca kullanıcının dikkatini yönelttiği her şey (bilgi, yazılım, insan, nesne) kayıt altına alınarak, bu bilgi üzerinden kişinin ilgi, amaç ve görevlerini de kapsayacak şekilde oldukça geniş bir dikkat anlayışı savunulmaktadır.

Yukarıda verilen tanımlar ışığında, her ne kadar Dikkatli Bilişim (DB) fikri etkileşimi eniyilemek için kullanıcı dikkatini kullanmayı önerse de, kullanıcının dikkatsel mekanizmalarının yanı sıra, çalışan hafızası vb. tüm bilişsel kaynaklarını hedef aldığı düşünülmektedir. Bu sebeple tezde ilgili tanımlar bir parça daha genişletilerek, DBS'ler kullanıcının dikkati başta olmak üzere bilişsel kaynaklarına karşı hassas bilişim sistemleri olarak tanımlanmaktadır.

2.3. AKE-B Çatı Modeli

AKE-B DBS'ler için farklı çalışmalarda önerilen temel özelliklerin aynı şemsiye altında toplanmasıyla oluşturulmuş bir çatı modeldir. Bu çalışmalar arasında [Shell et al. 2003] tarafından önerilen 5 özellik dikkat çekmektedir. Bunlar (i) dikkatin algılanması, (ii) dikkat hakkında karar verilmesi, (iii) sıra almanın aşamalı müzakeresi (ing. gradual negotiation of turns), (iv) dikkatin artırılması ve (v) dikkatin iletilmesidir.



Şekil 2.3. Dikkatli Bilişim Sistemleri için AKE-B çatı modeli.

[Roda and Thomas 2006] tarafından önerilen 3 özellik ise; (i) mevcut dikkat durumunun tespit edilmesi, (ii) muhtemel alternatif odakların belirlenmesi ve değerlendirilmesi, (iii) alternatif odakların sunulması veya mevcudun devam ettirilmesidir.

AKE-B'yle Dikkatli Bilişim ve benzeri bilişim paradigmaları için bir genel etkileşim tasarım modeli sağlanması amaçlanmaktadır. Önerilen modelin 4 temel aşaması bulunmaktadır (bkz. Şekil 2.3). Bunlar; (i) Dikkatin Algılanması, (ii) Dikkat Hakkında Karar Verilmesi, (iii) Dikkatin Eniyilenmesi ve (iv) Dikkatin Bildirilmesidir (bkz. Şekil 2.3). AKE-B ismi bu aşamaların anahtar kelimeleri olan algılama, karar, eniyileme ve bildirme kelimelerinin baş harflerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş bir kısaltmadır.

AKE-B modeline göre, eğer bir bilişim sistemi *dikkatli* ise ilk iki aşamayı kesinlikle içermesi ve diğer iki aşamadan da en az birini mutlaka bulundurması gerekmektedir. Aksi halde, kullanıcının dikkatini korumayan, desteklemeyen veya bildirmeyen bir sistem *dikkatli* diye tabir edilebilecek herhangi bir özellik getirmemiş olacaktır.

2.3.1 Dikkati Algılama

Bu aşamada kullanıcı mevcut dikkat odağının ve bilişsel durumunun tespit edilmesi için pek çok kanaldan izlenmektedir. Diğer bir deyişle, kullanıcıyı takip ederek gelecek karar verme aşamasında kullanılacak bilgi temin edilmeye çalışılmaktadır.

Her ne kadar Dikkatli Bilişim Sistemleri (DBS'ler), kullanıcıyı takip etmek için, klasik girdi kanalları olan fare ve klavyeden yaralansa da, daha zengin bir girdi bilgisine ihtiyaç duymaktadır. Kullanıcının mevcut dikkat odağı (odaklanılan insan, aygıt, nesne veya bilgi) ve bilişsel durumunu belirleyebilen bir DBS'nin gerçekleştirilebilmesi için iyileştirilmiş çok kanallı veya çok kipli kullanıcı bilgisi gerekmektedir.

Kullanıcı dikkat takibi için popüler yöntem bakış yönü (ing. eye gaze) takibidir. Yapılan araştırmalar insanların çoğu zaman ilgi duydukları şeylere odaklanıp baktıklarını göstermektedir [Zhai 2003]. [Maglio et al. 2000] tarafından yapılan bir çalışmada insanların bilişim aygıtları ile etkileşimleri sırasında gerek sözlü gerekse sözsüz olarak bilişim aygıtlarını nasıl işaret ettikleri araştırılmıştır. Buna göre insanların aygıtlara sesli olarak bir iş yaptırırken çoğu zaman emir cümlesi kullanıldıkları ve nadiren ilgili aygıtın adını zikrettikleri görülmüştür. Bunun yerine insanların büyük bir oranda, komutu vermeden önce veya sonra, iş yaptıracakları aygıta baktıkları ortaya çıkmıştır. Bu da göz takibinin bilişsel ilginin anlaşılması açısından oldukça önemli bir kaynak olduğunu göstermektedir.

Kullanıcı hakkında diğer bilgi toplama yolları konuşma tanıma, varlık tespiti (o esnada bir yerde bulunma veya bulunmama), yakınlık tespiti, el kol işaretleri ve postürel değişimlerdir [Dirican and Göktürk 2009]. Kalp hızı değişkenliği (HRV), electroensefalografi (EEG) , elektrokardiyografi (ECG) gibi psikofiziksel ölçütlerin de yine kullanıcı durumu ve bilişsel yüklemesinin ölçülmesi için kullanılabilmektedir [Chen and Vertegaal 2004; Rowe et al. 1998]. Ayrıca uygulama kullanımı, internet gezintisi ve e-posta içeriği gibi kaynaklardan da yararlanılmaktadır [Horvitz et al. 2003; Maglio et al. 2001].

DBS'lerin bu şekilde farklı kanallardan izleyerek kullanıcı hakkında kişisel bilgiler toplamaları, bu sistemleri bir kullanıcı mahremiyetinin veya kişisel gizliliğinin korunması problemiyle de karşı karşıya getirmektedir [Shell 2002]. Literatürde doğrudan DBS'lerde mahremiyetin korunmasını konu alan az sayıda çalışma bulunmaktadır. Buna karşın kullanıcı güveninin kazanılması için bu tür çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu amaçla farklı bilişim paradigmaları için veya *her-yerde bilişim* (ing. ubiquitous computing) [Weiser 1991] kapsamında yapılmış mahremiyet çalışmalarından faydalanılması öngörülmektedir.

2.3.2 Dikkat Hakkında Karar Verme

Bu aşamada amaç, algılama aşamasında elde edilen bilgiler vasıtasıyla, kullanıcı dikkatinin, bilişsel durumunun, ilgi, amaç ve ihtiyaçlarının belirlenmesidir. DBS'ler bunun için temel olarak kullanıcının geçmiş, şimdiki ve gelecek dikkatini modeller [Vertegaal and Shell 2006]. Burada, Bayes ağları, etki diyagramları ve Markov modelleri gibi matematik modeller kullanılabilmektedir [Horvitz et al. 2003]. Bundan başka sezgisel yaklaşımlar, istatistik ve önceden tanımlanan kullanıcı öncelikleri literatürde önerilen diğer yöntemleridir [Shell et al. 2003].

[Horvitz et al. 1999] tarafında geliştirilen Öncelikler (ing. Priorities) sistemi dikkat hakkında karar vermeye iyi bir örnek teşkil etmektedir. Bu uygulamada kullanıcının bilgisayarına gelen elektronik postaların söz konusu kullanıcının yanında taşıdığı bir başka bilişim aygıtına gönderilip gönderilmeyeceğine karar verilir. Sistem bu kararı, kullanıcının e-posta göndericisine karşı sahip olduğu e-posta cevaplama sıklığı ve genel cevap verme zamanına göre alır. Diğer bir deyişle bu örnekte, kullanıcının e-postayı gönderene olan dikkati veya ilgisi, ondan gelen e-postalara cevap verme sıklığı ve süresiyle ölçülmektedir. Diğer önemli bir örnek olan SUITOR sistemi ise kullanıcı dikkati ve ilgisini; bakış yönü takibi, uygulama kullanımı, internet gezintisi ve e-posta içeriklerinden gelen bilgileri bir araya getirerek belirlemektedir [Maglio et al. 2001].

2.3.3 Dikkati Eniyilemek

Kullanıcının dikkati hakkında karar verildikten sonra sıra kullanıcıya bu bilgilerle sağlanacak koruma ve desteğin belirlenmesine gelmektedir. AKE-B modelinde Dikkatin Eniyilenmesi olarak ele alınan bu aşama iki alt aşamadan oluşmaktadır. Bunlar (i) Etkileşimin Düzenlenmesi ve Dikkatin Artırılmasıdır.

2.3.3.1 Etkileşimi Düzenleme

Etkileşim düzenlemede temel amaç kullanıcıyla, onu rahatsız etmeyecek ve gerekli sosyal duyarlılığa sahip bir biçimde iletişim kurmaktır. Diğer bir deyişle, kullanıcının dikkat odağı, bilişsel durumu, ilgi, görev ve amaçları bilgilerinden biri veya bir kaçı belirlendikten sonra, bu bilgiler üzerinden kullanıcıya iletilecek bilginin hacmi, zamanı ve kanalı belirlenir. DBS'lerin bunu insan grup konuşmalarındaki *aşamalı sıra-alma* (ing. turk taking) işlemine benzer bir şekilde gerçekleştirmesi önerilmektedir [Vertegaal 2002].

Çok kişili insan grup konuşmalarında (toplantılarda, sohbetlerde, vb.) insanlar; konuşmalarının zamanlamasını, ne zaman susup ne zaman konuşacaklarını veya kime hitap ettiklerini, gözlerini kullanarak ve yüz ifadelerini tanıyarak belirme yeteneğine sahiptir. Sıra alma işlemi her muhatabın (konuşulan kişi) dikkatsel gereksinimini düzenler ve çiftler arasında daha pürüzsüz bir etkileşim gerçekleşmesini sağlar.

DBS'lerde benzer şekilde bilişim sistemlerinde sıra alma işlemini taklit etmeye çalışmaktadır. Bir DBS kullanıcıya mesaj iletilmek istendiğinde, ilk olarak kendi isteğinin önceliğini (kullanıcının o esnada ki durumuyla birlikte görevinin önem ve aciliyetine göre) değerlendirir. Daha sonra bu isteği çevresel bir kanaldan kullanıcıya işaret eden DBS'ler, kullanıcıya vereceği bilgiyi ön plana çıkarmadan önce, kullanıcıdan gelecek onayı bekler.

Örneğin SUITOR [Maglio et al. 2001] sisteminde olduğu gibi kullanıcıya iletilecek bir mesaj ekranın çevresel bir noktasında, doğrudan merkezi işgal etmeden, işaret edilebilir ve mesajın ön plana alınması için kullanıcının açık onayı beklenebilir. Bu uygulama ilk önemli dikkatli bilgi sistemi uygulamalarından biridir [4]. Bu sistemde temel amaç kullanıcının sistem tarafından otomatik olarak belirlenecek olan ilgi alanlarına uygun ve onu rahatsız etmeyecek bir biçimde bilgilendirilmesidir. Uygulama kullanıcının çok farklı kanalardan izlenmesi, bunlardan bir anlam çıkarılması ve özellikle kullanıcıya onu rahatsız etmeyecek bir biçimde bilgi verilmesi açısından dikkat çekicidir.

Sıra almaya diğer ilginç bir örnek ise GAZE grup-çalışma (ing. groupware) sistemidir [Vertegaal 1999]. Bu dikkatli sistem üç boyutlu bir sanal konferans odasında birbirlerini avatarları vasıtasıyla gören kişilerin o sıradaki görsel dikkatlerinin hangi katılımcı üzerinde olduğunun diğer katılımcılara iletilmesiyle, iletişimlerinin iyileştirilmesini amaçlamaktadır. Böylece katılımcıların daha doğal bir şekilde uzaktan grup çalışması yapabilmeleri sağlanmaktadır.

Kullanıcıyla doğal bir şekilde iletişim kurmak için kullanıcı kesilebilirliğinin hesaplanması veya iletişme açıklığı hakkında karar verilmesi diğer önemli bir konu olarak ortaya çıkmaktadır [Dirican and Göktürk 2009]. Buna kullanıcının dikkat odağı (görsel dikkati) üzerinden o esnada ilgilendiği bilgi, nesne veya insan üzerinden karar verilebilir. Bundan başka, görsel dikkat tam olarak belirlenemese bile kullanıcının iletişime açık olup olmadığı belirlemek için önerilmiş yöntemler mevcuttur. Örneğin [Fogarty et al. 2005] bunu kullanıcı çevresine yerleştirdiği basit algılayıcılar vasıtasıyla %82.4'lük bir başarıyla gerçekleştirebilmektedir. [Chen and Vertegaal 2003] ise EEG ve HRV psikofiziksel ölçütleri üzerinden bilişsel durum tespitiyle bir iletişime açıklık belirleme yöntemi önermiştir.

2.3.3.2 Dikkatin Artırılması

Dikkatin artırılmasıyla DBS'ler, kullanıcının dikkati yani ilgisine göre, çeşitli bilgi, destek ve arayüz kullanım kolaylıkları sağlanmayı amaçlamaktadır. Burada ilk göze çarpan yöntem *kokteyl parti etkisi* taklit edilerek gerçekleştirilmektedir. Bu etki insanların kalabalık ortamlarda pek çok farklı ses kaynağı arasında sadece bir tanesine odaklanabilmesi olarak açıklanır [Vertegaal 2003; Vertegaal et al. 2006]. Benzer şekilde DBS'ler, kullanıcının odaklandığı bilgiyi vurgularken diğer çevresel detayların etkisini azaltarak kullanıcının önemsiz detaylardan kurtulmasını ve asıl amacına yönelmesini sağlayabilir. Böylece, kullanıcının asıl işine odaklanması için gerekli ortam hazırlanmış olur.

Dikkatin artırılmasına, [Bolt 1985] tarafından geliştirilen uygulama iyi bir teşkil etmektedir. Bu uygulamada kullanıcı, aynı anda oynatılan, 40 ayrı televizyon bölümünün üzerinde olduğu geniş bir ekrana bakmaktadır ve her bir bölümden,

kokteyl partisi etkisi oluşturmak için, bir ses çıkışı alınmaktadır. Bir çift göz-takibi gözlüğü vasıtasıyla sistem kullanıcının hangi bölüme baktığını anlamaktadır. Bakılan bölüm, sistem tarafından algılandığında, öncelikle bu bölümün sesi açılarak kalan 39 bölümün sesleri kısılır. Ardından sistem, eğer kullanıcının bu bölüme ilgisinin devam ettiğini anlarsa bu bölümün tüm ekranı kaplaması sağlar.

Diğer bir örnek MAGIC dikkatli fare yönetim uygulamasıdır [Zhai et al. 1999]. Bu uygulamada kullanıcının ekran üzerinde nereye baktığı belirlenerek fare işaretleyicisinin doğrudan bu noktaya veya o noktanın yakınına otomatik olarak gönderilmesi sağlanmaktadır. Böylece kullanıcının, gerek fare ve göz koordinasyonu probleminden kurtulması gerekse daha hızlı bir biçimde seçim yapması amaçlanır. Yapılan deneyler bu yaklaşımın klasik fare yaklaşımdan daha başarılı olduğunu göstermektedir. MAGIC görsel dikkatin algılanarak grafik arayüzlerin kullanımının kolaylaştırması ve böylece kullanıcı dikkatinin artırılmasının amaçlandığı bir sistemdir. Literatürde bu amaçla geliştirilmiş benzer uygulamalar bulunmaktadır. Bunlardan eyePoint [Kumar et al. 2007] ve eyeWindows [Fono and Vertegaal 2005] öne çıkan iki uygulamadır.

2.3.4 Dikkati Bildirmek

Bu aşamada belirlenen kullanıcı dikkatinin diğer bilişim sistemlerine iletilmesi amaçlanmaktadır. Böylece bu sistemlerin de; o sırada kullanıcının yanında olmasalar veya gerekli dikkat algılama ve kara verme yeteneklerine sahip olmasalar dahi, kullanıcının iletişime geçmek için uygun olup olmadığını tespit etmeleri sağlanabilecektir [Shell et al. 2003].

Dikkat bildirimine dikkatli cep telefonları uygulaması örnek olarak verilebilir. Bu telefonlar göz temas algılayıcısı ve ses analiziyle, kullanıcısının yüz yüze bir konuşma içerisinde olup olmadığını anlayabilen cep telefonlardır [Vertegaal et al. 2002]. Telefon dikkat bilgisini ortak bir sunucuya göndermektedir. Bu sunucuda sistemi kullanan tüm kullanıcıların ilgili bilgileri tutulur ve böylece aynı sistemi kullanan tüm kullanıcıların, birbirlerinin o esnada bir görüşme içinde olup olmadığı hakkında bilgi sahibi olmaları sağlanmaktadır.

3. BİLİŞSEL DURUM İSTEM DIŞI POSTÜREL TEPKİLERİ

3.1 Postür, Oturma Postürü ve İnsan Bilgisayar Etkileşimi

Postür vücut parçalarının biyomekanik hizalaması ve uzaysal düzenlemesi, bölümler arasındaki göreceli konumlar ve bir görevi yerine getirmek için vücut tarafından sergilenen tutum gibi pek açıdan ele alınabilecek çok boyutlu bir yapıdır [Vieira and Kumar 2004]. İnsanın istem dışı veya istemli, bilinçli veya bilinçsiz motivasyon ve amaçlarını ifade edebilen postür, bir bütün olarak veya parçaları itibariyle, bir hareketi icra etmek için veya bir tavrı devam ettirmek için vücut tarafından sergilenen pozisyonlar olarak tanımlanabilir [Deutch 1947].

İnsan postürün çok boyutlu doğası İnsan Bilgisayar Etkileşiminde (İBE) bu güne kadar pek çok çalışmayı teşvik etmiş ve etmeye devam etmektedir. Kapalı (ing. implicit) ve sıkıntı vermeyen bir bilgi kanalı olan postürden bu çalışmalar, statik veya dinamik olarak, şu şekillerde yararlanır:

1. Bir doğrudan “girdi” mekanizması olarak: klavye ve fareye alternatif olarak kullanılır [Loke et al. 2007].
2. Kullanıcı fiziksel durum ve aktivitelerinin bir göstergesi olarak: akıllı ortam sistemlerine girdi oluşturur [Cucchiara et al. 2005].
3. Kullanıcı zihinsel durumunun bir göstergesi olarak: Dikkatli Bilişim Sistemleri ve benzeri kullanıcı duyarlı arayüz veya sistem tasarım yaklaşımlarına girdi oluşturur [Abe and Makikawa 2009; Bahr et al. 2007; Balaban et al. 2004; El Kaliouby and Robinson 2004; Frank 2006].

Gerçekte bir vücudun sergileyebileceği postür sayısı onun serbestlik derecesine bağlıdır [Boulay 2007]. Bundan dolayı her ne kadar bir kullanıcı için çok sayıda postür ele alınabilirse de, insanlar çoğunlukla yatma, diz çökme, çömelme, ayak durma ve oturma gibi yaygın postür biçimlerinden birinde bulunmaktadır. Bunlar arasında, ayakta durma ve oturmanın iş yerlerinde en sık görülenler olması sebebiyle her zaman ayrıcalıklı bir yeri olagelmiştir [Li and Haslegrave 1999].

Özellikle oturma postürü son yıllarda oturarak yapılan işlerdeki artış ve değişen yaşam tarzı sebebiyle giderek artan bir dikkate mazhar olmaktadır. Teknolojik gelişmelerin sonucunda, sadece ofislerde değil aynı zamanda evlerde ve okullarda, gün boyunca insanlar oturur haldedir. Bu durum oturma postürünü İBE için ilginç bir çalışma alanı haline getirmiştir ve konu ev, ofis, eğitim, otomotiv ve destekleyici teknolojiler gibi pek çok alanda çalışılmaktadır [Mutlu et al. 2007; Balaban et al. 2004].

Postürle ilişkili deneysel bir çalışma gerçekleştirilirken, daha iyi deney düzenekleri kurmak ve doğru sonuçlar elde edebilmek için insan postürünü etkileyen faktörlerin ciddi bir şekilde ele alınması gerekir. Ergonomi disiplini bu faktörler hakkında önemli ve kullanıma hazır malumat sunmaktadır. Buna göre postür öncelikle; görev faktörleri, iş istasyonu tasarımı, kullanılan aletler (takımlar ve malzemeler), iş yerinin fiziksel düzenlemesi ve kişinin antropometrik özelliklerinden etkilenmektedir [Vieira and Kumar 2004]. Kendine özgü olarak oturak tasarımı, özellikle oturağın eğimi, arkalık pozisyonu, şekli ve kolçaklarının (sağ ve solunda kol dayama destekleri) olup olmaması oturma postürünü etkilemektedir [Magnusson and Pope 1998].

Görev faktörlerinin postür üzerine özel bir etkisi bulunmaktadır. [Li and Hasslegrave 1999] bir iş postürünün uyarlanmasının her zaman amaç yönelimli ve görev temelli olduğunu ve muhtemelen bu faktörlerden etkilendiğini ifade etmektedir. Yaptıkları çalışmada [Li and Hasslegrave 1999], bir görevin manüel ve görsel gereksinimlerinin veya zorluğunun postüre olan etkilerini incelenmiş ve bir görevin hem manüel hem de görsel zorluğunun postürü, özellikle bu ikisi aynı anda sunulduğunda, etkilediğini göstermiştir. Bu çalışmanın diğer önemli bir çıktısı da, bir

görevin görsel zorluğunu karşılamak için baş ve gövde koordinasyonun postürü düzenlediğinin gözlenmesi olmuştur.

[Hsiao and Keyserling 1991] tarafından gerçekleştirilen benzer bir çalışmada ise postürün vücut büyüklüğünün yanı sıra, hedef konumu ve büyüklüğünden etkilendiği ifade edilmektedir. İlgili çalışmada hem görsel aktivitenin hem de manüel (elle) manipülasyon ihtiyacının postürü etkilediği sonuç olarak belirtilmektedir.

3.2 Bilişsel Durum Göstergesi Olarak Oturma Postürü

Bel ağrısı gibi değişik kas ve iskelet sistemi problemlerine sebep olsa da oturma postürü dendiğinde ayakta durmaya göre şu üç avantaj ilk olarak akla gelmektedir [Hsiao and Keyserling 1991].

1. Alt ekstremitelerde (bacaklarda) daha düşük yük.
2. Daha az enerji tüketimi.
3. Yüksek görsel kapasite ve motor kontrol gerektiren görevler için ihtiyaç duyulan denge ve durağanlığın sağlanması.

Bu avantajlar özellikle de sonuncusu insanların neden otomobil sürmekten okumaya, belirli bir miktar görsel, bilişsel, motor kapasite ve bağlanma gerektiren görevler esnasında oturduğunu açıklamaktadır. Bundan dolayı oturma postürü kullanıcının devam eden aktivitelerinin görsel, bilişsel ve motor zorluğu için önemli bir gösterge olarak düşünülebilir.

Bununla birlikte, kullanıcının oturup oturmadığı ikili bilgisi kullanıcı aktivitelerinin görsel, bilişsel ve motor zorluğu hakkında doğru tahminler yapabilmek için yeterli gelmeyecektir. Kullanıcıların oturma postür davranışlarının bilişsel durumlarına, görev zorluğuna ve değişen görev şartlarına göre nasıl değişimler sergilendiği hakkında ek bilgi veya ölçütler gerekmektedir. Bu şekilde bilgi ve ölçütler elde etmek için ise, kullanıcıların oturma postür değişimlerinin, gerçek zamanlı olarak, (i) farklı görevler, (ii) değişen görev zorlukları ve (iii) dolaylı olarak faklı bilişsel durumlar altında kaydedilip incelenmesi gerekir.

Oturma postürü bu kayıt ve incelemelerin gerçekleştirilebilmesi için bazı kolaylıklar da sunmaktadır. İnsanlar oturduklarında oturak vücutlarının hareket serbestlik derecesini düşürmektedir. Dolayısıyla insanlar otururken göreceli olarak daha durağandır [Balaban et al. 2005]. Oturma postürünün bu avantajı hareket takip sistemleri (baş, omuzlar, üst ekstremiteler, vb.) veya basınç algılayıcılarıyla (sırt ve kaba etler) gerçek zamanlı olarak kayıt edilmesini kolaylaştırır.

Oturma postür değişimlerini araştırmak ve bu değişimleri ilgili bilişsel durumlarla ilişkilendirmek ise, devam eden bölümde tartışıldığı gibi, bilişsel değişimlerden kaynaklanan doğal postürel değişimleri kavramaya bağlıdır.

3.3 Bilişsel Olarak Manalı Postürel Değişimler

Mevcut araştırmalar bilişsel durumları yansıtan postür değişikliklerinin veya kullanıcıların bilişsel değişimlere olan postürel tepkilerinin daha çok kullanıcıların (i) postürel kontrolündeki bozulmalardan veya (ii) sözsüz iletişim ifadelerinden (ing. nonverbal communication expressions) ortaya çıktığını göstermektedir.

Postürel kontrol vücut pozisyonunun uzayda denge ve yönelme için kontrol edilmesidir [Woollacott and Shumway-Cook 2002]. İnsan vücudu iki ayaklı ve eklemli bir yapıda olduğundan, doğal olarak oynaktır ve özelikle düzgün bir dik postür için dengeli hale getirilmesi gerekmektedir [Peterka 2002]. Fakat bu doğal olarak oynak sistemi dengeli hale getirmek ve uzaydaki konumunu kontrol etmek (i) görsel, (ii) proprioseptif ve (iii) vestibüler sistem gibi değişik vücut alt sistemlerinden gelen çok kipli algılayıcı bilgisiyle gerçekleştirilen oldukça karmaşık işlerdir.

Bunun yanı sıra, son çalışmalar postür kontrolünün bilişsel mekanizmalardan bağımsız olmadığını göstermiştir. Her ne kadar postür kontrolü yakın geçmişe kadar tamamen otomatik ve refleks kontrollü bir görev olarak düşünülse de, çift-görev çalışmaları, kişinin yaşına, denge yeteneklerine ve postürel göreve bağlı olarak postür kontrolünün belirli bir miktar bilişsel kaynağa ihtiyaç duyduğunu işaret etmektedir [Woollacott and Shumway-Cook 2002].

Sonuç olarak, postür kontrolünün bilişsel veya algısal tarafındaki bozulmalar vücut dengesini bozarak dengesizliğe sebep olabildiği görülmüştür. Çift-görev durumlarından kaynaklanan bu dengesizlik eşlik eden performans düşüşüyle birlikte tespit edildiğinde, bu görevin zorluğu veya kullanıcının bilişsel durumu için bir önemli bir delil veya gösterge olarak değerlendirilebilir.

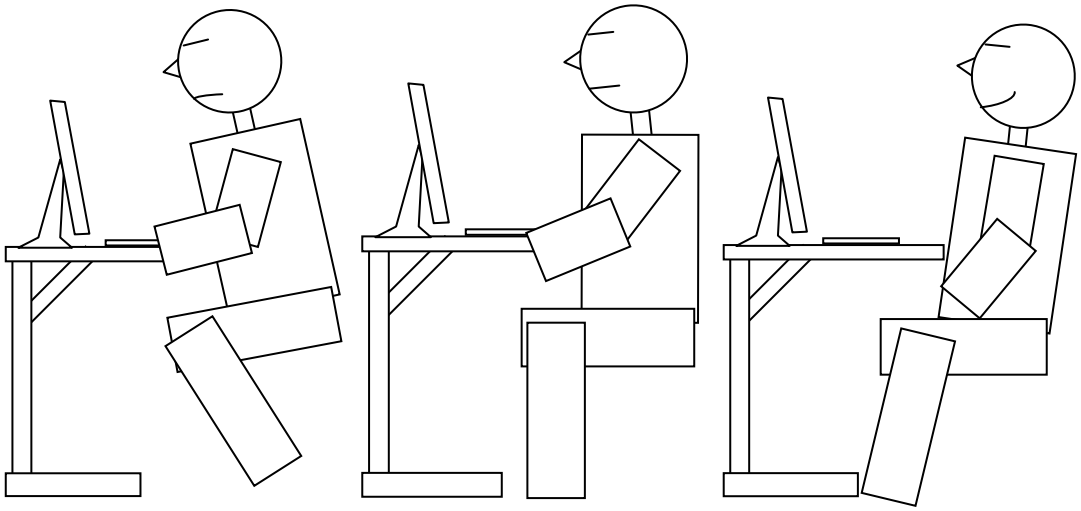
Bu önerme literatürde özellikle ayakta durma postürü için oldukça çalışılmış bir konudur. Pek çok çalışma çift-görev başarımları üzerinden eş zamanlı bilişsel ve motor görevlerin postürel dengeye olan etkisini araştırmıştır [Alghanim 2009; Frank 2006; Schmid et al. 2007; Woollacott and Shumway-Cook 2002]. Sonuçlar ayakta durma postür kontrolünün belirli bir miktar bilişsel kaynak gerektirdiğini ve artan bilişsel yükün (bilişsel bir görevin zorluğu) postür kontrolü ve kararlığında bozulmalara yol açtığı, dolayısıyla kullanıcıların daha çok salındıklarını göstermektedir.

Oturma postürü içinse durum farklıdır. Oturma postürünün ayakta durmaya göre avantajlarından dolayı (bkz. Bölüm 3.2) oturma postür kontrolüyle postür dengesi arasında benzer bir ilişkiyi savunmak kolay değildir. [Vette et al. 2010] ‘ın çalışması da bu fikri güçlendirmektedir. Buna göre, insanlar sakin oturma esnasında sakin ayakta durmaya göre daha sabittir. Sonuçlar oturma esnasında, deneğin vücut salınımının büyüklüğü ve hızının ayakta durmadan daha küçük olduğunu göstermiştir.

Buna karşın bazı araştırmalar (bkz. Bölüm 3.4) kullanıcıların otururken odaklanma, bağlanma ve dikkat etme gibi bilişsel değişimlerin sonucunda anlamlı postürel tepkiler sergilediklerini göstermektedir. Bu tepkilerin ve ilgili çalışmalarda raporlanan postürel değişimlerin daha çok kullanıcılar tarafından sergilenen sözsüz iletişim ifadelerinden kaynaklandığını düşünülmektedir. Dolayısıyla bu ifadeler bilişsel durum tespiti ve özellikle oturma postürü aracılığıyla bilişsel durum tespiti için ayrıcalıklı bir ilgiyi hak etmektedir.

Sözsüz iletişim ifadeleri veya basitçe “sözsüz iletişim” insan-insan etkileşimde çok önemlidir ve insanların verimli bir şekilde iletişim kurmalarını,

işbirliği yapmalarını ve uyum içinde aynı ortamı paylaşmalarını mümkün kılmaktadır [Akakın and Sankur 2011; Alghanim 2009; Morency et al. 2007]. İnsanlar birbirlerinin yüz ifadeleri, el ve kol işaretleri ve postürel değişimleri (duruşları) gibi sözsüz eylemlerini izleyerek, birbirlerinin zihinsel durumları ve hisleri hakkında karşıdakine herhangi bir sıkıntı vermeden doğru tahminler yürütür [Akakın and Sankur 2011; El Kaliouby and Robinson 2004; Lance and Marsella 2007; Vertegaal et al. 2006]. Bu eylemler, kişinin bağlanma derecesinin, konsantrasyonunun ve etkileşim veya yalnız kalma için isteğinin habercisi de olabilmektedir [Bahr et al. 2007].



Şekil 3.1. Değişik zihinsel (duygusal ve bilişsel) durumları yansıtan kullanıcı görünümleri.

Örneğin, hem gövdesi hem de başıyla monitöre doğru eğilmiş bir pozisyonda bilgisayarının önünde, nerdeyse hareketsiz bir biçimde ve ciddi bir yüz ifadesiyle oturan biri ele alınsın (bkz. Şekil 3.1'deki soldan ilk resim). Başka bir insan veya gözlemci bu durumu "doğal" olarak, söz konusu kişi muhtemelen önemli bir iş veya görev üzerine yüksek bir yoğunlaşmayla (konsantrasyonla) çalışıyor şeklinde yorumlayabilir. Diğer taraftan bir Dikkatli Bilişim Sistemi benzer bir değerlendirmeyi aşağıda verilen sözsüz iletişim prensipleri üzerinde yayabilir.

Monitöre doğru eğilme gibi yönelme hareketleri olay, insan ve nesnelere bilişsel kaynak tahsisinin derecesinin yanı sıra bilişsel bağlanmanın bir göstergesidir

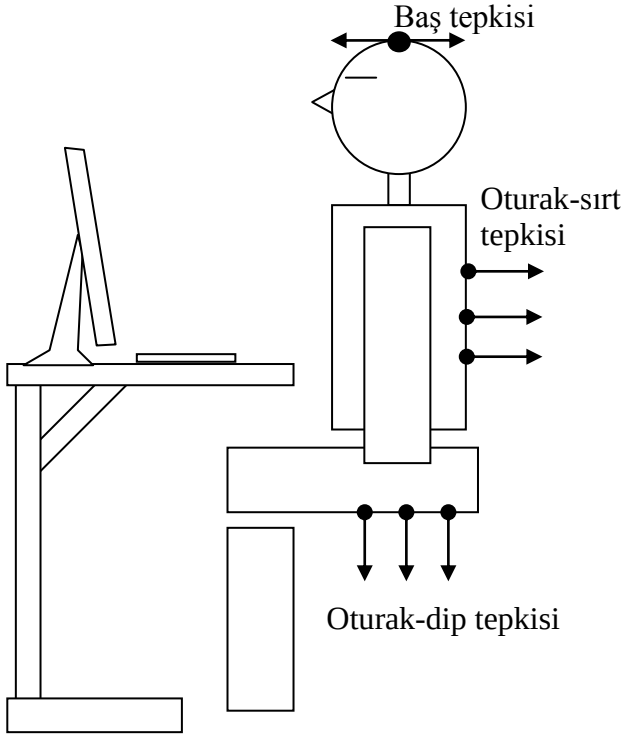
[Balaban et al. 2005]. Baş ve göz sabitlenmeleri insanlara ve diğer şeylere karşı gösterilen dikkatin iyi bir göstergesidir [Abe and Makikawa 2009; Lance and Marsella 2007; Vertegaal et al. 2006]. Yüz ifadeleri ise kullanıcıların duygusal (mutluluk, sinirlilik ve üzgünlük, vb.) veya bilişsel durumları (düşünme, karar verme, şaşırma) ile ilgi olarak çok miktarda bilgi taşıyabilmektedir [Bahr et al. 2007; El Kaliouby and Robinson 2004].

Bilişim sistemleri bu sözsüz iletişim prensiplerini yorumlayabilirse, bu sistemler de kullanıcılarının zihinsel ve duygusal durumu hakkında benzer bilgilere sahip olup buna göre hareket edebilir. Böylece, insan bilgisayar etkileşimi insan-insan etkileşimine benzer biçimde, sıkıntı vermeyen veya göze batmayan, yayılmacı olmayan (non-invasive) ve dikkatli bir biçimde yerine getirilebilir.

3.4 İlgili Çalışmalar

Literatürde oturan kullanıcıların istem dışı postürel tepkileriyle bilişsel durumları arasındaki ilişkileri inceleyen az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlar arasında, Amerika Birleşik Devletleri Gelişmiş Savunma Araştırmalar Ajansı (DARPA) Artırılmış Biliş (ing. Augmented Cognition) programı çerçevesinde yürütülmüş olan bir dizi çalışma bu tez ve gelecek çalışmalar için değerli sonuçlar sunmaktadır. Bu çalışmalar, ekran yönelimli askeri bir görev olan Savaş Gemisi Komutanı Görevi (SGKG) için dinamik oturma postürünün değişen görev şartları ve bilişsel durumlar altında anlamlı örüntüler sergilediğini göstermektedir [Balaban et al. 2004].

SGKG değişen zorluklara sahip simüle edilmiş bir hava sahası savunma görevidir. Amaç bir dizi 75 saniyelik denemede, savaş gemisinin savunma sahasına giren savaş uçağı dalgalarını gözlemlemek (dost, düşman, tanımlanamayan) ve gerekli eylemleri (bir şey-yapma, etkisizleştir, IFF veya uyar) yerine getirmektir. Görev zorluğu; 6, 12, 18 ve 24 şekliden değişen ekrandaki toplam uçak sayısıyla, herhangi bir zamandaki tanımlanamayan uçak sayısının toplam uçak sayısına oranı ve bir sesli/sözlü (ing. auditory/verbal) hatırlama göreviyle belirlenmektedir.



Şekil 3.2. Baş, oturak-sırt ve oturak-dip tepkileri.

Bu çalışmalarda oturma postürü üç bağımlı değişkenle modellenmektedir (bkz. Şekil 3.2): baş (monitör bağlanma baş tepkisi) tepkisi, oturak-arka veya arkaya yaslanma tepkisi ve oturak-dibi tepkisi. Baş tepkisi başın anterior/posterior eksende monitöre göre hareketi olarak tanımlanırken, başa ve oturağa (harekete referans olarak) takılan işaretleyiciler kullanılarak bir manyetik baş takip sistemiyle ölçülmektedir. Arkaya-yaslanma ve oturak-dip tepkileri ise oturak sırt ve dip döşemesine gömülmüş basınç algılayıcıları tarafından ölçülen basınç değişimleridir.

Bu çalışmaların sonuçları, önemli bir bilişsel bağlanma ölçütü olarak, deneklerin monitör ekranına doğru yönelme hareketleri şeklinde postürel değişimler sergilediklerini göstermektedir. Örneğin baş hareketi ekrandaki uçak sayısıyla ilişkilidir [Balaban et al. 2004]. Denekler bir saldırı dalgasının ilk yarısında ekrana küçük bir büyüklükte (1-10mm) yakınlaşmışlardır. Daha sonra dalganın sonuna kadar belirli bir platoda kalmışlardır. Buradan hareketle ekran bağlanma baş tepkisi bir tonik (global, belirli bir sürede gerçekleşen) bilişsel bağlanma ölçütü olarak rapor edilmektedir.

Baş tepkisine benzer bir biçimde, oturak-dip tepkisi de ekrandaki uçak sayısıyla ilişkili bulunmuş ve dalgaların başlangıçlarında ekrana göre postür kaymaları tespit edilmiştir [Balaban et al. 2005]. Sağ ve sol kaba etler için ayrı ayrı hesaplanmış basınç merkezi değişimlerine göre, oturak-dip tepkisi de bir global bilişsel durum ölçütü olarak önerilmektedir. Bu çalışmada benzer bulgular araç-içi gerçekleştirilen ikinci bir deney için de rapor edilmektedir [Balaban et al. 2005].

Arkaya yaslanma tepkisi ise, tıpkı insanların yoğun trafikte kendilerini oturağa ve direksiyona karşı yaslamaları gibi, görev zorluğu veya bilişsel yüklemenin fazik (anlık, ani) bir ölçütü olarak önerilmektedir [Balaban et al. 2004]. Buna göre, insanlar iş yüklerinde bir hafifleme görene kadar kendilerini oturağa yaslamaktadır.

[Frank 2006] tarafından yürütülen diğer bir çalışmanın sonuçlarına göreyse, oturak-dip tepkisi görev zorluğu veya bilişsel yüklemenin global bir ölçütü olarak sunulmaktadır. Sonuçlar artan görev zorluğuna paralel postürel değişimlerde düşüşler göstermektedir. Düşüşler oturma-dip tepkisinin değişik boyutlarında gözlenmiş ve hesaplanmıştır. Buna göre, görevin en zor seviyesinde (ekranda 24 uçak bulunurken) en kolay olana (ekranda 6 iz/uçak bulunurken) kıyasla, oturak basınç merkezi tarafından kat edilen mesafe %40.3 düşerken transversum düzlem oturak bükülmesi (ing. torsion) %32.2 düşmüştür.

Ayrı bir çalışmada [Mota and Pickard 2003], oturak-dip ve sırt tepkilerini duygusal durum tespiti veya değişik sınıflandırma teknikleri kullanarak video oyunu oynayan çocukların ilgi seviyelerini belirlemek için kullanmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak, öne eğilme, arkaya eğilme veya oturağın ucunda oturma gibi 9 farlı postür %82.3 başarıyla tanımlanmıştır. Daha sonra bu belirgin postürler kullanılarak, üç ilgi seviyesi üzerinden, çocukların ilgi seviyeleri %76.5 başarıyla tahmin edilmiştir.

[Metz and Krueger 2010] ise baş hareketlerini araba sürmede bir görsel dikkat dağınıklığı ölçütü olarak önermektedir. Göz hareketlerinin değişen ışık şartlarına karşı hassas olması sebebiyle (psikofiziksel ölçütlerin benzer zayıflıkları gibi) baş hareketleri bu çalışmada alternatif veya destekleyici bir görsel dikkat ölçütü olarak önerilmiştir.

[Schrammel et al. 2010] benzer bir yaklaşımı benimseyerek, baş ve vücut yönelimini yayaların görsel dikkatini ölçmek için kullanmaktadır. Çalışmaları bir alış veriş caddesinde hangi alan ve nesnelerin dikkat çektiğini ve kullanıcı hareketinin dikkatin yönü üzerine belirgin bir etkisinin olup olmadığını daha iyi anlamak amacıyla tasarlanmıştır. Bu çalışma bir kullanıcının daha hızlı hareket ettiğinde yanlara daha az baktığını göstermektedir.

4. GÖREV BAĞLANMASI VE DEĞİŞEN GÖREV ZORLUĞUNUN BAŞ HAREKETLERİ ÜZERİNE ETKİSİ

4.1 Dikkat ve Bilişsel Durum Ölçütü Olarak Baş Hareket ve İşaretleri

Baş; tüm algılayıcı organları ve yüzü üzerinde taşıyan ilgi çekici bir uzuv olarak İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) çalışmalarında daha fazla ilgiyi hak etmektedir. Öyle ki baş hareket ve işaretleri, Dikkatli Bilişim Sistemleri (DBS'ler) gibi modern İBE çalışmalarına girdi olabilecek, kullanıcıyla ilgili bol miktarda *açık* veya *kapalı* bilgi taşımaktadır. Bunlardan başlıcaları şunlardır.

İnsanlar gözlerine kıyasla başları üzerinde hassas işaret etme hareketleri yapmak için daha iyi bir motor kontrole sahiptir [Morencyet al. 2007]. Bu özellik; istemli baş hareket ve işaretleri vasıtasıyla, grafik arayüzlerle daha doğal etkileşim sitilleri [Morency et al. 2007] veya kullanıcı duyarlı tekerlekli sandalyeler [Lee et al. 2012] geliştirmek gibi ilgi çekici uygulamalara sebebiyet verebilmektedir.

Gözleri üzerinde barındırdığı için baş hareketleri ve görme arasında doğrudan bir ilgi bulunmaktadır. Göz hareketleri neuromekanik olarak kısıtlanmıştır [Freedman 2008]. En geniş hareket tipik olarak ±40 – 45'yi geçememektedir. İnsanlar bu kısıtları başlarını ve gözlerini eş zamanlı olarak hareket ettirerek, görüş çizgilerini yönlendirmek suretiyle aşmaktadır. Üstelik insanlar, dikkatlerini başka bir yere/şeye kaydırdıklarında, önce bakış yönlerini hareket ettirirler. Daha sonra yeni dikkat odaklarına karşı devam eden ilgilerinin bir sonucu olarak, başlarını ve vücutlarını çevirirler (yönlendirirler) [Abe and Makikawa 2009; Yamaoka et al. 2009]. Baş doğrultusu bundan dolayı, göz hareketlerine bir alternatif ve kullanıcının diğer nesne ve insanlara olan dikkatinin bir ölçütü olarak önerilmektedir [Vertegaal et al. 2006].

Bir DBS baş doğrultusunu kullanıcının dikkat odağını belirlemek için kullanabileceği gibi, baş doğrultusu aynı zamanda pek çok ilginç çalışmaya yol açmaktadır. Örneğin; sürücülerin dikkatinin ölçülmesi [Schrammel et al. 2010] veya yayaların bir alışveriş caddesindeki ilgilerinin belirlenmesi [Metz and Krueger 2010] gibi (bkz. Bölüm 3.4).

Diğer taraftan istemli veya istemsiz baş hareket ve işaretleri, insanlar arasındaki *sözsüz iletişimin* önemli bir parçasını teşkil etmektedir. İnsanlar bunları hem kendilerinin maksat ve zihinsel durumlarını sözsüz bir biçimde belirtmek hem de diğerlerinin maksat ve zihinsel durumlarını yine sözsüz bir biçimde tespit etmek için kullanabilmektedir.

Diğer bir deyişle, baş hareket ve işaretleri kullanıcıların duygusal [Lance and Marsella 2007; Paterson et al. 2001], bilişsel [Bahr et al. 2007] veya kabul etme, kabul etmeme, düşünme, ilgi duyma veya ilgi duymama gibi daha karmaşık zihinsel durumları [El Kaliouby and Robinson 2004; Morency et al. 2007] hakkında bilgi taşımaktadır. Dolayısıyla bu hareket ve işaretler, DBS'lerin tüm bu zihinsel durumlar hakkında karar verilmesini sağlayacak şekilde pek çok araç sunabilmektedir. Baş hareket ve işaretlerinin bu özelliği DBS'ler için oldukça önemlidir ve insanların aktiviteleri nasıl anladıklarıyla daha iyi açıklanabilir.

[Zacks et al. 2009] insanların gerçekleşen olayları algılarken, sürekli aktiviteyi kesikli olaylara böldüğünü ve hareket değişkenlerinin *olay algılama* (ing. event perception) denen bu süreç içerisinde önemli bir rol oynadığını bildirmektedir. Buna göre insanlar, devam eden bir aktiviteyi kısmen, vücut konfigürasyonu ve hareketlerindeki (doğrultu, hız, ivmelenme vb.) değişimleri kullanmak suretiyle anlamlı birimlere bölmekte ve bu şekilde algılamaktadır. Diğer bir deyişle bu görüşe göre, insanların hareketleri veya postüründeki (bir bütün olarak veya baş gibi paraları halinde) değişimler, aktiviteleri ve dolaylı olarak, maksatları ve zihinsel durumları hakkında bilgi taşımaktadır. Dolayısıyla, bu değişimler dikkatli bir şekilde takip edilip öğrenilirse, bilişim sistemleri de benzer şekilde kullanıcılarının aktiviteleri ve zihinsel durumları hakkında bilgi sahibi olabilir.

4.2 Deney Araştırma Soruları ve Beklentiler

Gerek Bölüm 3 gerekse Bölüm 4.1'de verilen bilgiler ışığında aşağıda verilen araştırma soruları formüle edilmiştir.

1. Bilişsel değişimler kullanıcıların istem dışı baş hareketlerini nasıl etkiler?
2. Bilişsel bağlanma kullanıcıların istem dışı baş hareketlerini nasıl etkiler?
3. Değişen bilişsel iş yükü kullanıcıların istem dışı baş hareketlerini nasıl etkiler?

Bu spesifik sorulara cevaplar aramak amacıyla, aşağıda verilen beklentilerle ve iki hareket değişkeni (baş tepkisi ve hızı) kullanılarak görev bağlanmasının ve değişen görev zorluğunun istem dışı baş hareketlerine olan etkisini incelemek için bir deney tasarlanmıştır. Bu deneyde kullanılan "Yöntem" devam eden bölümde tüm detaylarıyla anlatılmaktadır (bkz. Bölüm 4.3).

İnsanlar bilişsel bağlanmayı yönelme hareketleri şeklinde sergilediklerinden [Balaban et al. 2005] ve sezgisel olarak karmaşık/zor bir göreve daha iyi dikkat etmek (odaklanmak) için daha hareketsiz/durağan hale geleceklerinden, bu deneyde, görev bağlanması gerçekleştiğinde, kullanıcıların monitöre doğu yönelme hareketleri sergilemeleri ve daha durağan hale gelmeleri beklenmektedir.

Yönelme hareketleri aynı zamanda olaylara olan bilişsel kaynak tahsisinin bir göstergesi olarak ele alınmaktadır [Balaban et al. 2004]. Bundan dolayı değişen görev zorluğu veya bilişsel iş yükünün sonucu olarak monitöre doğru baş hareketlerinde değişimler beklenebilir. Bunun yanı sıra, Bölüm 2.4'te bahsedildiği gibi, artan görev zorluğunun bir sonucu olarak kullanıcıların, daha durağan hale geldikleri (artan postürel stabilite) veya daha az postürel değişim (gövde) sergiledikleri önerilmektedir [Frank 2006]. Benzer bir durumun görsel dikkatle ilişkili olan baş hareketlerinde de gözlenebileceği ve bunun kullanıcı bilişsel durum tespiti için ek bir ölçüt olarak kullanılabileceği varsayılmaktadır. Bundan dolayı, kullanıcıların görev zorluğu arttığında daha durağan, azaldığındaysa daha hareketli hale gelmeleri beklenmektedir.

4.3 Yöntem

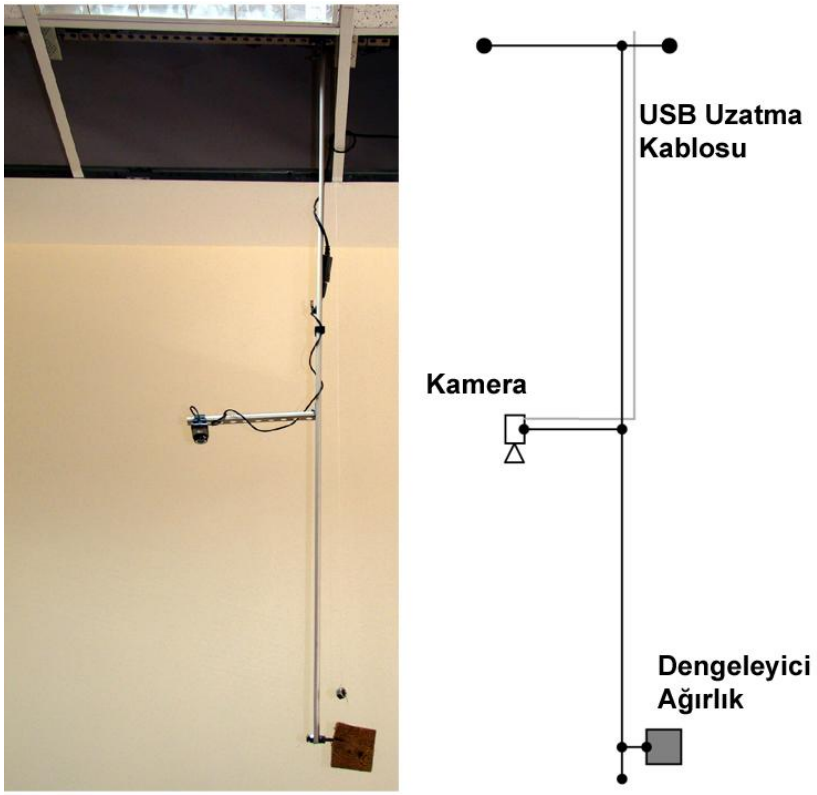
4.3.1 Örneklem

Bölüm çalışanları ve lisans öğrencilerinden, 20'si erkek 11'i bayan, yaşları 20 ile 32 arasında değişen (*M = 23.48, SD = 2.90*), bir deney grubu oluşturulmuştur. Herhangi bir denek fiziksel sağlık problemi veya iskelet kas sistemi problemi belirtmemiştir. Deneyler esnasında 8 denek gözlük veya lens kullanmıştır.

Yapılan deney sonu anketi sonucunda deneklerin bilgisayar kullanım ve oyun uzmanlık seviyeleri için şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- Ortalama 8 yıllık (*SD: 4.07*) bilgisayar kullanım tecrübesi
- Günde ortalama 7.32 saat (*SD: 3.74*) bilgisayar başında geçirilen zaman
- 0'dan (ilgisizden) 4'e (sık oynarım), bilgisayar oyunu oynama sıklıkları 2.03 (*SD:1,16*)
- 0'dan (ilgisizden) 4'e (uzman oyuncuya), oyun uzmanlıkları 2.03 (*SD:1,07*)
- Haftalık bilgisayar oyununa ayırdıkları zaman 3.85 saat (*SD: 5.14*)

Bu istatistikler deneye katılan deneklerin belirli bir bilgisayar kullanım ve oyun uzmanlık seviyesine sahip olan genç yetişkinler olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.1. Özel olarak tasarlanmış kamera düzeneği.

Şekil 4.2. Takip şapkası takan ve deney görevini test eden bir kullanıcının görüntüsü.

4.3.2 Ekipmanlar

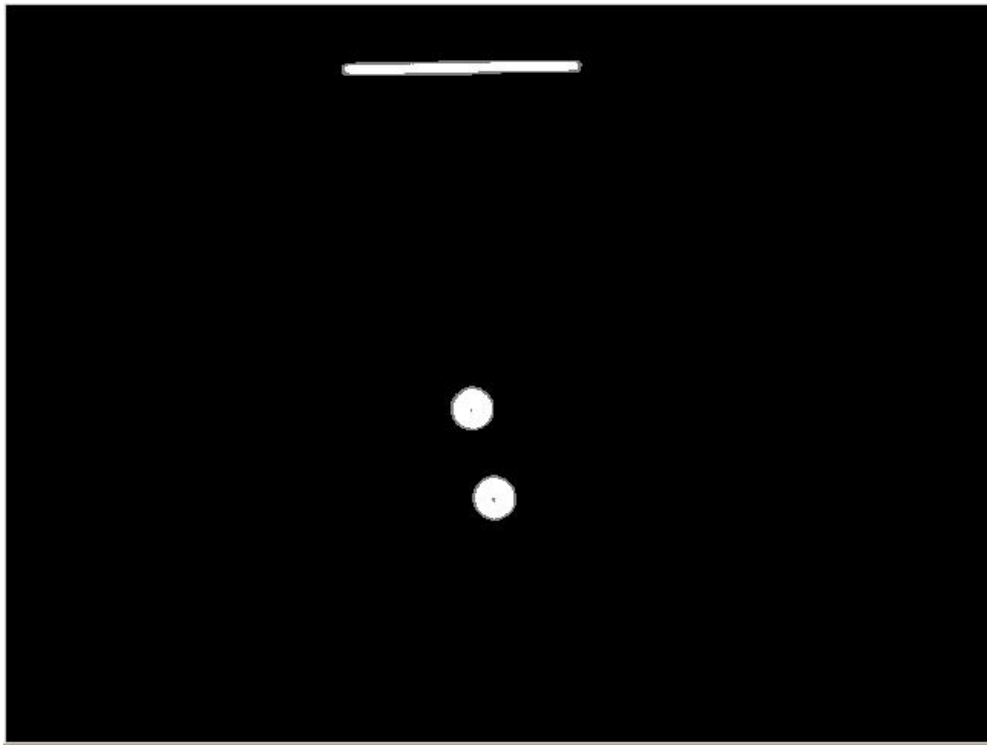
Deneyler; Intel Core 2 Quad 2.6 Ghz işlemci kullanan, 4GB belleğe sahip, 19" LCD monitör, standart klavye ve fareyle donatılmış bir kişisel bilgisayarla gerçekleştirilmiştir. Denekler standart bir çalışma masasının önünde ofis tipi bir koltukta oturmuşlar ve yukarıdan (tavandan) bir adet Logitech™ 905 HD kamera ile görüntülenmiştir. Kamera tavana özel olarak tasarlanmış ayarlanabilir bir düzenekle tutturulmuştur (bkz. Şekil 4.1). Kişisel bilgisayar ve kamera arasındaki bağlantı bir adet 5 metrelik Ditigus marka USB genişleme kablosuyla sağlanmıştır.

Aynı bilgisayar hem deneyler hem de veri toplanması için kullanılmıştır. Renkli, işaretleyici tabanlı bir takip uygulaması ve bir bilişsel görev OpenCV ve OpenGL kullanılarak geliştirilmiştir. Monitör lokasyonu ve baş hareketleri, monitöre iliştirilmiş kırmızı bir dikdörtgensel işaretleyici ve özel olarak tasarlanmış takip şapkası vasıtasıyla (bkz. Şekil 4.2 ve Şekil 4.4) takip edilmiştir.

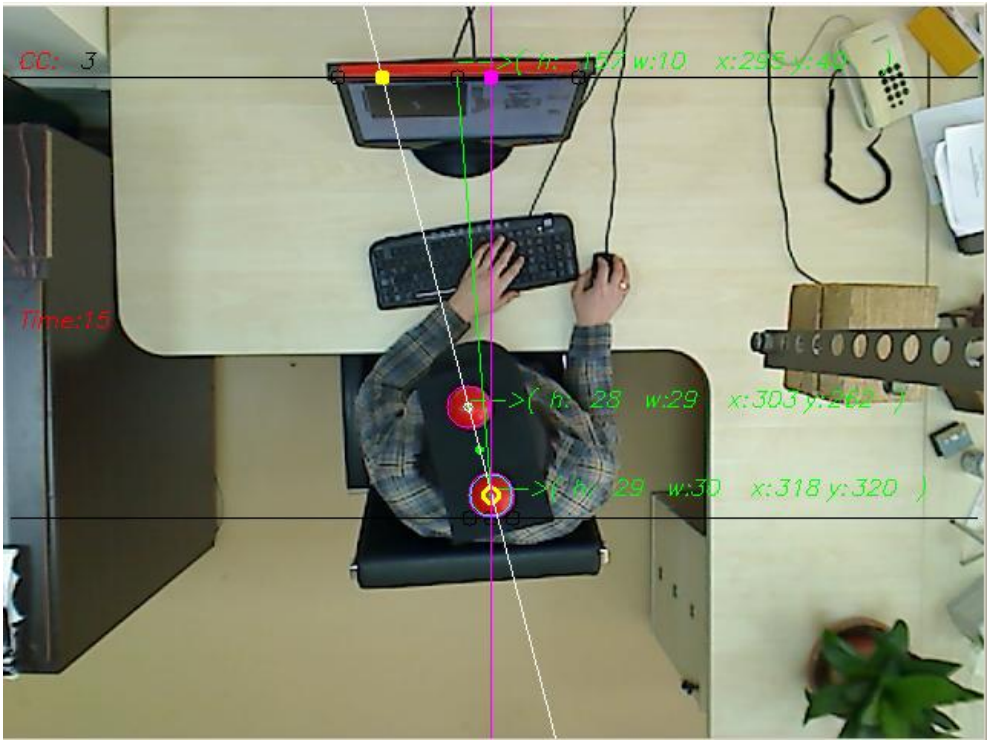
Takip uygulaması ve bilişsel görev'den elde edilen veriler arasındaki senkronizasyonu sağlamak amacıyla başka bir yazılım daha geliştirilmiştir. Tüm uygulamalar C++ kullanılarak Microsoft Visual Studio 2005 ortamında hayata geçirilmiştir. Deneylerden elde edilen veriler MATLAB yazılımı kullanılarak istatistiksel analize hazır hale getirilirken, SPSS ile analizler gerçekleştirilmiştir.

4.3.3 Baş Takip Sistemi

Bu çalışmada Bilgisayarla Görme tabanlı bir baş takip sistemi geliştirilmiş ve kullanılıştır. Sistem uzayda sürekli olarak baş hareketlerini takip edecek ve ilgili uzaysal ve zamansal bilgiyi kayıt edecek şekilde tasarlanmıştır. Geliştirilen sistemde transversum (bkz. Şekil 4.6) düzlemde baş hareket değişimleri ve baş doğrultusu, verilen bir video çözünürlüğüne bağlı olarak, belirli bir hız ve hassasiyette hesaplanmaktadır. Örneğin bu çalışmada, deneklerin baş hareketleri 1280x1024 çözünürlük için 4.97 Hz frekansta görüntülenmiştir. Böylesi yüksek bir çözünürlük, postür analizi uygulamalarında önemli olması sebebiyle, daha keskin/hassas takip sonuçları elde etmek için kullanılmıştır.



Şekil 4.3. Bölütleme algoritmasının çıktısı.

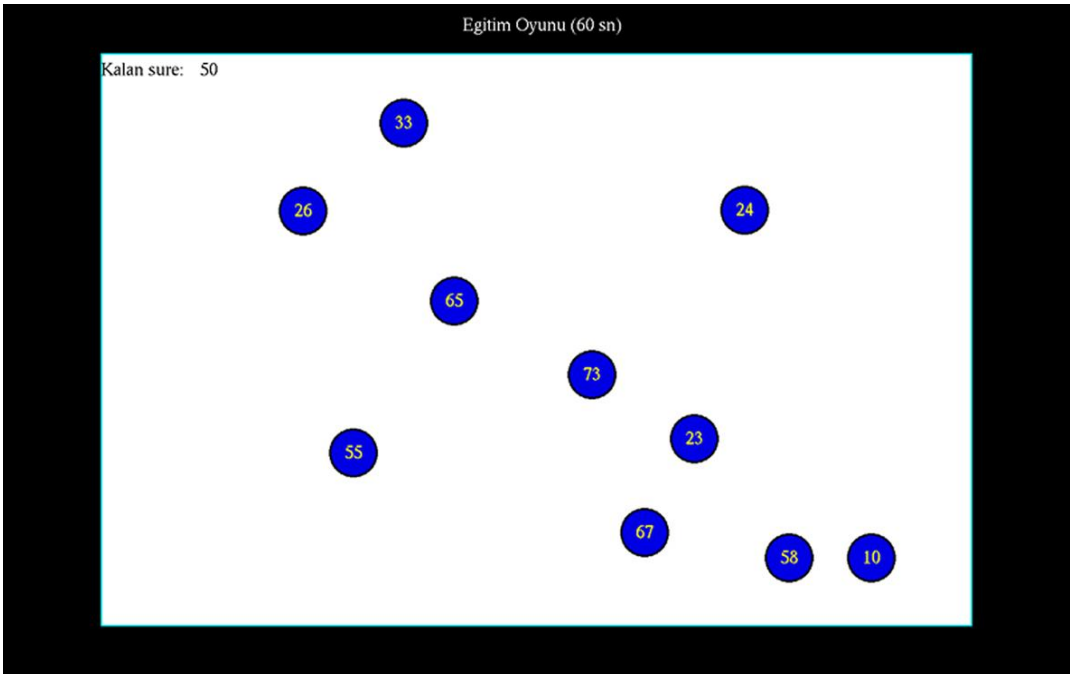


Şekil 4.4. Takip uygulamasının ekran çıktısı.

Sistem renkli, işaretleyici (ing. marker) temelli bir takip yöntemi kullanmaktadır ve baş hareketlerini deneklerin başına yerleştirilmiş kırmızı küresel işaretleyiciler (baş işaretleyicileri) vasıtasıyla takip etmektedir. Aynı zamanda, monitör konumu da üst ayrıtına yerleştirilmiş kırmızı dikdörtgensel bir işaretleyici ile takip edilmektedir. Baş işaretleyicileri, döndürüldüklerinde (ing. rotate) görüntüleri aynı kaldığı ve herhangi bir yönde hareket ettiklerinde merkezleri değişmediği için kasıtlı olarak homojen görünümlü (tek renkli) katı ve küresel objelerden seçilmiştir. Bir denek başını hareket ettirdiğinde, işaretleyici şekli sabit kalır ve yukarıdan çekilen kamera görüntüsünde tıpkı bir disk gibi görünür (bkz. Şekil 4.4). Böylece işaretleyici merkezi takip için güvenilir bir temel nokta sağlarken, işaretleyici görüntülerinin büyüklüğü de bir derinlik (kameradan uzaklık) tahmin imkânı sağlayabilir.

Gerçekte ilgilenilen ve hareketi takip edilmek istenen nesnelerin üzerine yerleştirilen işaretleyiciler, hareket esnasında oynamamaları için ilgili nesneye sıkı bir şekilde tutturulmalıdır. Bu çalışmada kullanılan sistemde baş işaretleyicileri, işaretleyici düzlemi denen ve deneyler esnasında denekler tarafından giyilen şapkanın (takip şapkası) üzerine sabitlenmiş siyah bir düzleme dikkatli bir şekilde iliştirilmiştir (bkz. Şekil 4.4). Ayrıca işaretleyici düzlemi, istenmeyen parlama etkilerini azaltmak ve işaretleyicileri sahnenin geri kalanından izole ederek daha iyi tespit ve takip sonuçları elde etmek için siyah bir kumaş ile kaplanmıştır.

İşaretleyiciler, bu tez çalışması için geliştirilen, histerezis eşikleme [Petrou and Bosdogianni 1999] ve RGB uzayındaki renk bilgisi temelli bir bölütleme algoritmasıyla tespit edilmektedir. Histerezis eşiklemenin (bkz. Şekil 4.3) sonucu daha sonra bağlı bileşenler analiziyle analiz edilir ve ayrık bölgeler farklı numaralarla etiketlendikten sonra tespit bitirilir ve tespit edilen bölgelerin genişlik, yükseklik ve merkez koordinatları gibi öznitelik tanımlayıcıları hesaplanır. Bu öznitelikler daha sonra takip için kullanılabilir. Bu çalışmada, tespit algoritması muhtemel işaretleyicilerin tanımlayıcılarını sağladığında, ekran işaretleyicisi (bir kere) ve sahnedeki küresel nesneler (sürekli olarak) göreceli geometrik konumları ve büyüklükleriyle tespit edilmiştir. Daha sonra, kameranın görüş alanına (ing. field of view) göre piksel cinsinden hesaplanan değerler santimetreye çevrilmiştir.



Şekil 4.5. Deneylerde kullanılan bilişsel görevin eğitim aşamasından bir ekran görüntüsü (4'ü hedef/düşman 6'sı dost toplam 10 nesne görülmektedir).

4.3.4 Bilişsel Görev

Denekler üzerinde farklı bilişsel yüklemeler oluşturmak için ekran yönelimli bir bilişsel görev tasarlanmış ve kullanılmıştır (bkz. Şekil 4.5). Bu görev fare ile oynanan ve değişik zorluklara sahip bir bilgisayar oyunudur. Ekran boyunca hareket eden dairesel nesneler bulunmaktadır. Bir nesne her defasında rastgele seçilecek şekilde ekrana sağ veya sol kenarından girer. Nesne daha sonra karşı kenara doğru sabit bir hız ve -15 ve +15 derece arasında değişen rastgele bir açıyla hareket eder.

Her nesne birer adet çift veya tek sayı taşımaktadır. Çift sayı taşıyan nesneler düşman veya hedef olarak muamele görürken tek sayı taşıyan nesneler dost olarak ele alınır. Oyunda nihai amaç ekran boyunca hareket eden tüm hedefleri üzerlerine tıklayarak (tek sol tıklama ile) yok etmektir (hedef-vurma). Şu eylemler ise yasaktır: (1) dost öldürmek (dost-vurma), (2) ekrana/boşluğa/yüzeye gereksiz tıklama yapmak, ıskalamak veya hedefleri çok defa tıklamak (yüzey-vurma) ve (3) ekrana giren hedefleri kaçırmak (hedef-kaçırma). Hedef-vurma pozitif puana sebep olurken, tüm yasaklanan eylemler negatif puanlara sebep olmaktadır.

Tablo 4.1. Görev aşamaları, hedef ve dost nesne sayıları ve zorluk seviyeleri.

	Hedef Nesne Sayısı	**Dost Nesne Sayısı**	**Toplam Nesne Sayısı**	**Oran** $\frac{\text{Hedef Nesne}}{\text{Dost Nesne}}$	**Zorluk Seviyesi**
1. Aşama	4	4	8	1	**1**
2. Aşama	12	4	16	3	**3**
3.Aşama	0	4	4	0	**0**
4. Aşama	16	4	20	4	**4**
5. Aşama	8	4	12	2	**2**

Görevin zorluğu ekran üzerindeki hedef-dost oranını veya nesnelerin hareket hızını değiştirerek ayarlanabilir. Bu çalışmada, manipüle edilen tek değişken hedef-dost oranı olmuştur. Ekrandaki dost nesne sayısı artırılarak veya azaltılarak, görev zorluğu belirlenmiştir. Buna göre, Tablo 4.1'de gösterildiği gibi, ekrandaki dost nesne sayısı 4 olarak (sabit) tutulurken hedef sayısı 4, 12, 0, 16 ve 8 sırasında belirlenmiştir. Sonuç olarak, 5 ardışık aşamada deneklere 5 farklı zorluk seviyesi; seviye 1, seviye 3, seviye 0, seviye 4 ve seviye 2 sırasıyla uygulanmıştır.

Bu görev; (i) sürekli olarak değişen bir yüzeye odaklanmayı, (ii) gözler ve baş ile arama yapmayı, (iii) çift ve tek sayıları ayırarak hedefleri takip etmeyi (bilişsel işleme) ve (i) seçilen nesneye hata yapmadan tıklamayı (el-göz koordinasyon problemi) gerektirmektedir. Sonuç olarak, ekrandaki dost nesnelerin sayısı artırılarak, deneklerin daha fazla arama yapması ve daha az hedef-vurma yaparken, dairesel nesneleri ayırt etmede sıkıntı yaşamaları (hedef-kaçırma ve dost-vurma) ve hata yapmaksızın tıklarken performans problemleriyle karşılaşmaları amaçlanmıştır.

4.3.5 Prosedür

Kontrollü deneyler Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü (GYTE) İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) laboratuarın da gerçekleştirilmiştir. Deneklerin her biri ayrı teste tabi tutulmuştur ve testin asıl amacı tüm prosedürler tamamlanana kadar söylenmemiştir. Her ne kadar deney için gönüllü olsalar da, deneklere laboratuvara buyur edildiklerinde çikolata ve şekerleme gibi küçük hediyeler sunulmuştur. Deneysel aşamadan önce her denek bir rıza formu (bkz. Ek 3) doldurmuştur.

Deneklere önce takip şapkası giydirilmiştir. Şapkanın deneğin başına doğru bir şekilde yerleştirildiğinden emin olununca, takip sistemi ve görev yazılımı çalıştırılmıştır. Denek hazır olduğunda, eğitim bölümü başlatılmıştır. Bu bölümde, ilk olarak görev deneğe detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Gerekli açıklamalar sağlandıktan sonra denekler, test bölümüne geçmeden, evvel 1 dakikalık bir eğitim görevini bitirmiştir.

Test bölümünden önce denekler düşman veya hedef nesnelerden olabildiği kadar çok vurmaları ve dost-vurma, yüzey vurma ve hedef-kaçırma hatalarından kaçınmaları konusunda teşvik edilmiştir. Ayrıca deneklerden sadece göreve odaklanmaları ve mümkün olduğu kadar doğal davranmaları istenmiştir.

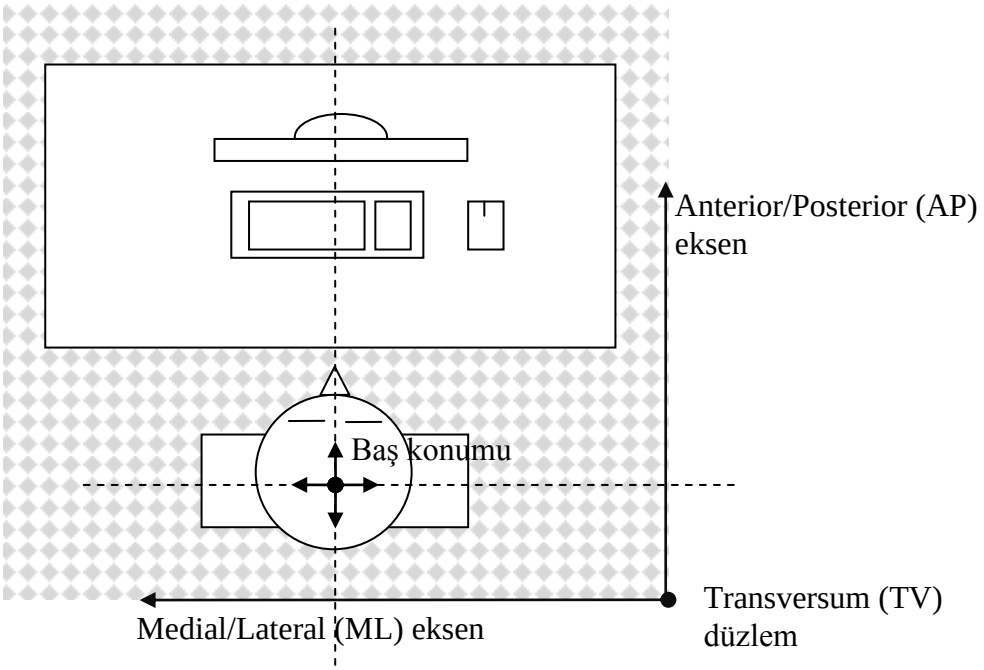
Test bölümünde, ilk görev aşamasına başlamadan önce, bir kontrol durumu oluşturmak amacıyla, 10 saniyelik bir geri sayım deneklere izletilmiştir ve deneklerden bu esnada sadece 10'dan sıfıra azalan sayıları izlemeleri istenmiştir. Daha sonra denekler, değişen zorluklarda, ardışık, 90s'lik 5 adet aşamayı tamamlamıştır (bkz. Tablo 4.1).

Deney sonunda deneklerden kendileri ve deney hakkında bilgilerin yanı sıra değişik masa başı bilgisayar aktiviteleri veya görevleri için uzaklık derecelendirmelerini isteyen bir anket doldurmaları istenmiştir.

4.3.6 Ölçütler

Deneyde bir bağımsız ve iki grup bağımlı değişken bulunmaktadır. Bağımsız değişken görev zorluğu seviyesi veya bir kolay-zor stratejisiyle [Rowe et al. 1998] değişen ekrandaki dost nesne sayısıdır. Bağımlı değişkenler ise performans ölçütleri ve postürel ölçütlerdir.

Performans ölçütleri bu görev için seçilen başarı (hedef-vurma) ve hata (hedef-kaçırma, dost-vurma, yüzey-vurma) ölçütleridir. Postürel ölçütler ise baş hareketlerinin farklı yönlerini tranversum (TV) düzlemde, anterior/posterior (AP) eksende ve medial/lateral (ML) eksende tanımlayan ölçütlerdir. Şekil 4.6'da hem bu düzlem ve eksenler hem de ölçüm şablonu görülmektedir.



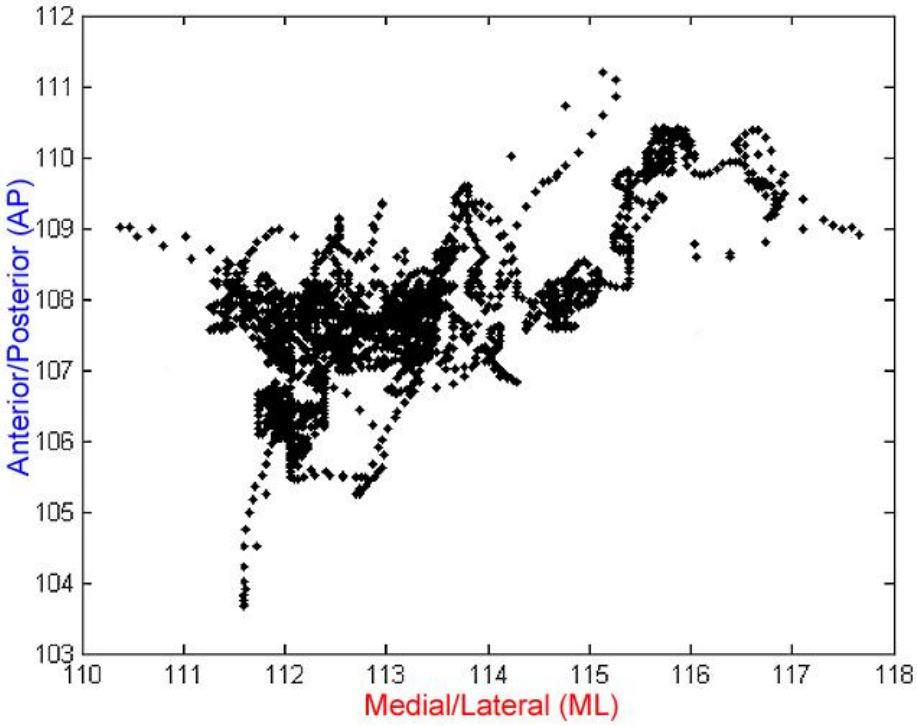
Şekil 4.6. Anatomik koordinat düzlemi ve oturan bir kullanıcı için baş ölçütlerinin hesaplanması.

Takip sistemi baş hareketlerini modelleyen temel olarak iki çift bağımlı değişken vermektedir. Bunlar küresel nesne veya işaretleyici merkezlerinin (baş işaretleyicilerinin) TV düzlemdeki koordinatları ve büyüklükleridir. Bu değişkenler doğrudan analiz için kullanılabileceği gibi hareketi özetleyen değişik ölçütlerde kullanılabilir [Schmid et al. 2007]. Bu çalışmada kullanılan tüm postürel ölçütler vücudun medial çizgisine yakın duran küresel işaretleyiciden alınan baş hareket verisi (bkz. Şekil 4.7 ve Şekil 4.8) kullanılarak hesaplanmıştır (bkz. Şekil 4.4). Bu ölçütler şunlardır.

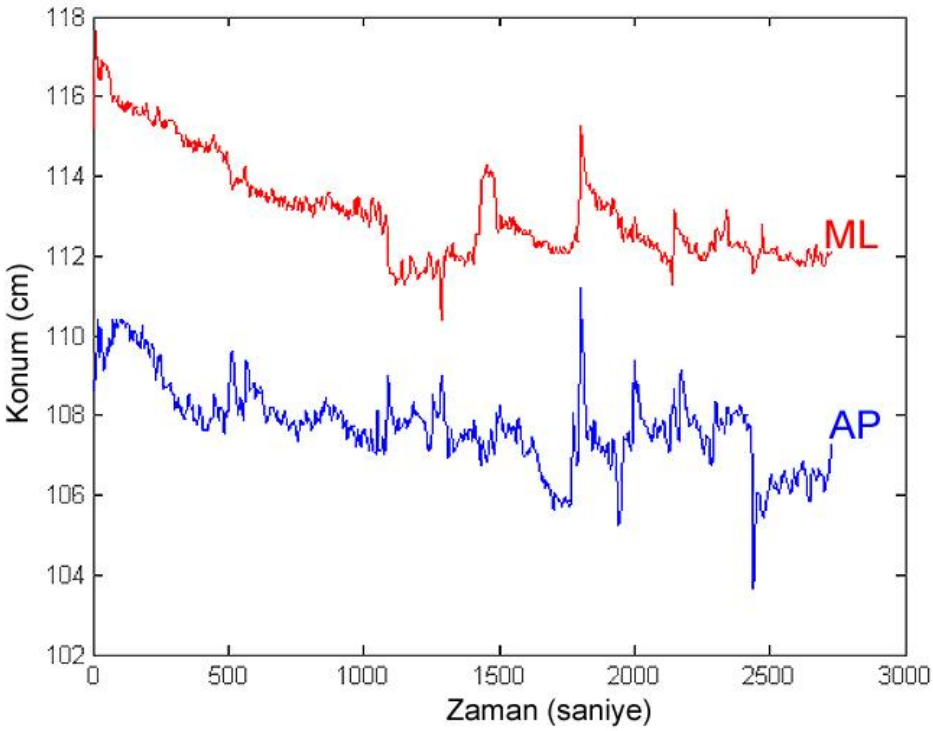
- **Baş tepkisi:** Bu çalışmada baş tepkisi ML veya AP eksenlerde seçilen bir temel veya başlangıç noktasına göre baş hareketlerindeki değişim olarak ve kavramsal anlamıyla, kullanıcı başının bir dış uyarana olan tepkisi olarak tanımlanmaktadır. Bundan dolayı, kullanıcıya dış uyaranın uygulandığı nokta temel nokta olarak seçilirse, baş tepkisi uyarana karşı verilen tepkinin bir göstergesi olarak ele alınabilir.

- **Baş hızı:** Kaba bir fizik perspektifinden bakıldığında, baş hareketleri bir yer değiştirme hareketidir ve hareketin değişik nitelikleriyle tanımlanabilir. Bunlar belirli bir zamanda kat edilen yolun uzunluğun yanı sıra hareketin hızı, velositesi veya ivmesi olabilir. Hareketin niteliklerinin ortalama büyüklükleri kullanılabileceği gibi aralık (ing. range) veya standart sapmaları da (değişkenliği) dikkate alınabilir. Bu çalışmada baş hızı araştırılmıştır.

Deneyde kullanılan diğer bir değişkende göreceli uzaklık derecelendirmesi değişkenidir. Anket aşamasında deneklerden oturur halde gerçekleştirilen değişik bilgisayar görevleri için bilgisayar monitörüne olan uzaklıklarını 0’dan (çok uzak) 10’a (çok yakın) derecelendirmeleri istenmiştir. Bu görevler; haber okuma, yazma, internet gezintisi, film izleme, oyun oynama ve ödev, rapor, makale vb. belge hazırlamadır.



Şekil 4.7. Bir deneğin hareketinin transversum düzlemdeki (2B) görüntüsü.



Şekil 4.8. Şekil 4.7'de verilen hareket verisinin medial/lateral (ML) ve anterior/posterior (AP) eksenlerdeki görüntüsü.

4.3.7 Tasarım ve Analiz

Deney bir *grup-içi* tasarım olarak tasarlanmış ve uygulanmıştır. Grup-içi tasarım bir deneyin tüm koşullarının aynı deneklere veya denek grubuna uygulandığı deneysel tasarım çeşididir ve *tekrarlı ölçümler* tasarım diye de tabir edilebilir [Field 2005]. Örneğin bu çalışmada, görev zorluğu analizi için, aynı deney grubuna tasarlanan bir görevin (bkz. Bölüm 4.3.4) 5 farklı zorluk seviyesindeki durumları (bkz. Tablo 4.1) uygulanmıştır. Değişen görev zorluğunun baş tepkisi ve hızı üzerine etkisinin analiz edilmek istendiği deneyde kullanılan deneysel tasarım gereği (1 Deneme x 5 Seviye) tekrarlı ölçümler varyans analizleri (ANOVA'lar) için kullanılmıştır.

Görev bağlanmasının baş tepkisi ve hızına etkisini ölçmek için ise, deneklerin ortalama baş tepkileri ve hızları, kontrol durumu (10s) ve görevin birinci aşaması (90s) esnasında (toplamda 100s için), 5s'lik periyotlara bölünerek analiz edilmiştir. Buna göre ilgili grafiklerde ilk iki periyot (1. ve 2. periyotlar) kontrol durumuna aitken diğerleri görevin birinci aşamasına aittir. Bu analizi gerçekleştirmek için, (1 Deneme x 20 Periyot) tekrarlı ölçümler varyans analizleri kullanılmıştır. Ayrıca anket sonucunda elde edilen, değişik bilgisayar görevleri için göreceli uzaklık derecelendirmelerinin analiz edilmesi için (1 Ölçüm x 6 Görev) tekrarlı ölçümler varyans analizleri kullanılmıştır.

Varyans analizi genel olarak, farklı grup veya deney koşullarından elde edilen, iki veya daha fazla ortalama arasında fark olup olamadığını belirlemek için kullanılan bir istatistiksel analiz yöntemidir [Albayrak ve ark. 2005; Field 2005]. Bu yöntemde bağımlı ve bağımsız iki tür değişkenden bahsedilir ve özetle, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkisi araştırılır [Albayrak ve ark. 2005]. Bağımlı ve bağımsız değişkenin durumuna göre de varyans analizinin türü değişmektedir. Örneğin bu çalışmada; bağımsız değişken olan görev zorluğunun baş tepkisi ve hızı bağımlı değişkenleri üzerine etkisi, 5 farklı seviyede ölçülmüştür ve bu ölçümlerden elde edilen ortalamalar varyans analizleri kullanılarak analiz edilmiştir (bkz. Bölüm 4.3.4).

Burada ortalamalar arasında ki olası anlamlı farkların Bağımlı İki Örnek t-Test'ler kullanılarak analiz edilebileceği düşünülebilir. Fakat t testi, ikiden fazla grup veya koşulun olduğu durumlarda önerilmemektedir [Albayrak ve ark. 2005; Field 2005]. Çünkü ikiden fazla ortalamanın olduğu durumlarda, tüm ortalamaların ikişer ikişer t-test'ler kullanılarak karşılaştırılması gerekir. Bu da 1.tip hata (popülasyonda olmayan bir etkinin var olduğu düşünülmesi veya doğru olan sıfır hipotezin reddedilmesi) oranın çok fazla artmasına sebep olabilmektedir.

Herhangi tür varyans analizinin doğru işleyebilmesi her gruptaki deneklerden veya deneyin tüm koşullarındaki ölçümlerden elde edilen verinin bazı varsayımları sağlaması gerekmektedir. Tamamen kırılmaz olmayan bu varsayımlardan [Filed 2005] birincisi verinin normal veya normale yakın dağılım göstermesi gerekliliğidir. Normallik varsayımı denen bu şart sağlanmıyorsa veriyi normalleştirecek dönüşümler uygulanması önerilmektedir [Albayrak ve ark. 2005]. Normalliğin sağlanıp sağlanmadığı ise çeşitli yollarla test edilebilmektedir. Bu çalışmada "Shapiro-Wilky" normallik testi kullanılmıştır ve eğer veri normalliği sağlamıyorsa, veriye doğal logaritma dönüşümleri uygulanmıştır. Diğer bir varsayımda varyansların eşitliği varsayımıdır ve bu Leneve testiyle kontrol edilmiştir.

Özel olarak tekrarlı ölçümlü varyans analizlerinin sağlaması gereken bir varsayım daha bulunmaktadır. Bu *küresellik* (ing. sphericity) varsayımıdır [Field 2005]. Eğer küresellik varsayımı sağlanmıyorsa bunu gidermek için çeşitli doğrulama yöntemleri kullanılabilmektedir [Field 2005]. Bu çalışmada "Mauchy" test vasıtasıyla küresellik varsayımı kontrol edilmiştir ve sağlanmadığı durumlarda "Greenhouse E-Geisser" doğrulaması kullanılmıştır.

Varyans analizi, eldeki ortalamalar arasında bir fark olup olmadığını söylerken, farkın bu ortalamaların hangileri arasında olduğunu söyleyememektedir. Farklılığın hangi grup veya durumlar arasında olduğunu öğrenmek için *pos hoc* testlerin kullanılması gerekmektedir. Bu testlerin; Games-Howell, Dunn, Tukey, Bonferroni gibi pek çok çeşidi bulunmaktadır [Field 2005]. Bu çalışmada tekrarlı ölçümlü ANOVA'lar tarafından sağlanan tüm anlamlı sonuçlar için Bonferroni doğrulaması kullanılmıştır.

Ayrıca tezde; gerek görev bağlanması gerekse görev zorluğu analizlerine katkıda bulunmak amacıyla, baş tepkisi ve hızı ölçütleri (değişkenleri) için, yukarıda verilen deneysel tasarım üzerinden, ampirik ve teorik Birikimli Dağılım Fonksiyonu (BDF) grafikleri çizdirilmiştir (bkz. Ek. 2). Buna göre, Görev bağlaması analizi için, yine 5 saniyelik periyotlar halinde, kontrol durumu ve deneyin 1. aşaması için BDF'ler hesaplanırken, görev zorluğu analizi için ise görevin uygulanan 5 farklı seviyesinde ölçülen baş tepkisi ve hızı değerleri kullanılarak BDF'ler çizdirilmiştir.

4.4 İstatistiksel Analiz Sonuçları

Bu bölümde deneyler sonucunda elde edilen veriler için gerçekleştirilen istatistiksel analizlerin sonuçları sunulmaktadır. Bölüm boyunca verilen grafiklerde ilgili değişkenin değişik deney koşulları için verilen ortalama değerleri üzerinde, hata çubukları ve post hoc test sonuçları verilmektedir. Eğer post hoc testi iki ortalama değer arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark tespit etmişse bu iki değer arasında çizilen bir çubuk ve üzerine koyulan yıldız sembolleriyle ifade edilmiştir. Bu amaçla kullanılan semboller ve anlamları Tablo 4.2'de verilmektedir.

Tablo 4.2. Analiz sonuç grafiklerinde kullanılan sembollerin anlamları.

Sembol	İsim	
*	Tek yıldız	***p<0.05***, istatistiksel anlamlılık seviyesi
**	Çift yıldız	***p<0.005***, istatistiksel anlamlılık seviyesi
***	Üç yıldız	***p<0.0005***, istatistiksel anlamlılık seviyesi
★	Büyük yıldız	Tüm değerler arasında ***p<0.0001*** seviyesinde anlamlı farklar bulunmaktadır.
I	Hata çubuğu	***%95*** güven aralığı
┌──┐	İki değer arası çizgi	Söz konusu iki değer arasında istatistiksel anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir.

4.4.1 Performans Ölçütleri: Bilişsel Görev

Pearson "product-moment" korelasyonlar, değişen görev zorluğunun ortalama kullanıcı performansına (tezde kullanılan başarı ve hata ölçütlerinin ortalama değerlerine) olan etkisini belirlemek için koşturulmuştur. Sonuç olarak Tablo 4.3 de verilen çoğunluğu güçlü ve anlamlı korelasyonlar elde edilmiştir.

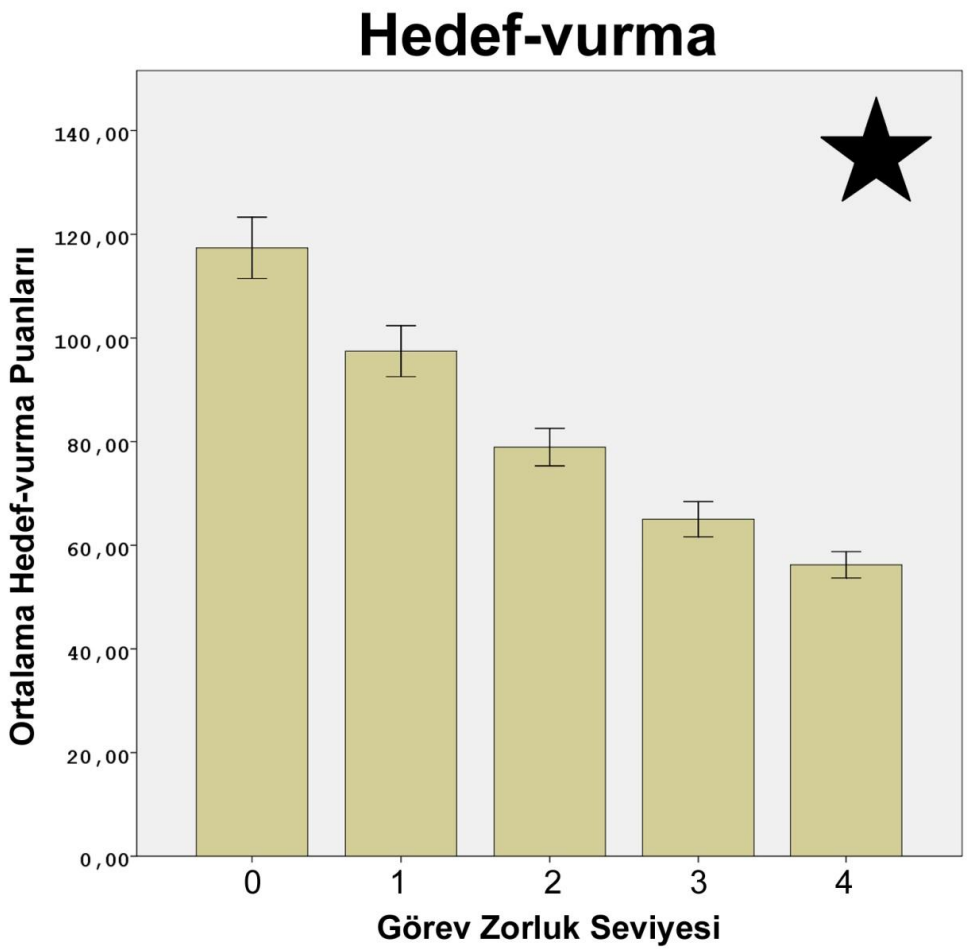
Tablo 4.3. Performans ölçütlerinin ortalama değerleri ve görev zorluk seviyeleri arasında gerçekleştirilen korelasyon analizi sonuçları.

	Zorluk	**Hedef-vurma**	**Dost-vurma**	**Yüzey-vurma**	**Hedef-kaçırma**
Zorluk	1	-,989(**)	,963(**)	-,641	,979(**)
Hedef-vurma	-,989(**)	1	-,965(**)	,701	-,950(*)
Dost-vurma	,963(**)	-,965(**)	1	-,750	,903(*)
Yüzey-vurma	-,641	,701	-,750	1	-,475
Hedef-kaçırma	,979(**)	-,950(*)	,903(*)	-,475	1

* ve ** korelasyonun sırasıyla 0.01 (çift kuyruklu) ve 0.05 çift kuyruklu) seviyelerinde anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Veri normallik şartını sağlamaktadır ("Shapiro-Wilky" normallik testiyle test edilmiştir.)

Buna göre; görev zorluğu ve başarı ölçütü hedef-vurma arasında anlamlı negatif bir korelasyon ($r = -0.989$, $p < 0.01$) tespit edilirken, görev zorluğu ve hata ölçütleri hedef-kaçırma ($r = 0.979$, $p < 0.01$) ve dost-vurma ($r = 0.963$, $p < 0.01$) arasında anlamlı pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Yüzey-vurma ölçütü ise görev zorluğu ile anlamlı bir korelasyon ($r = -0.61$, $p > 0.05$) sergilememiştir.

Korelasyon analizlerinden sonra, performans ölçütlerinin görev seviyeleri üzerindeki ayırt edici etkisini daha iyi görmek için (1 Ölçüt x 5 Seviye) Tekrarlı Ölçütlü Varyans Analizleri (ANOVA) ile Bonferroni post hoc testler uygulanmıştır. Bu analizlere göre elde edilen sonuçlar şöyle gerçekleşmiştir.



Şekil 4.9. Görev zorluk seviyeleri için ortalama hedef-vurma puanları.

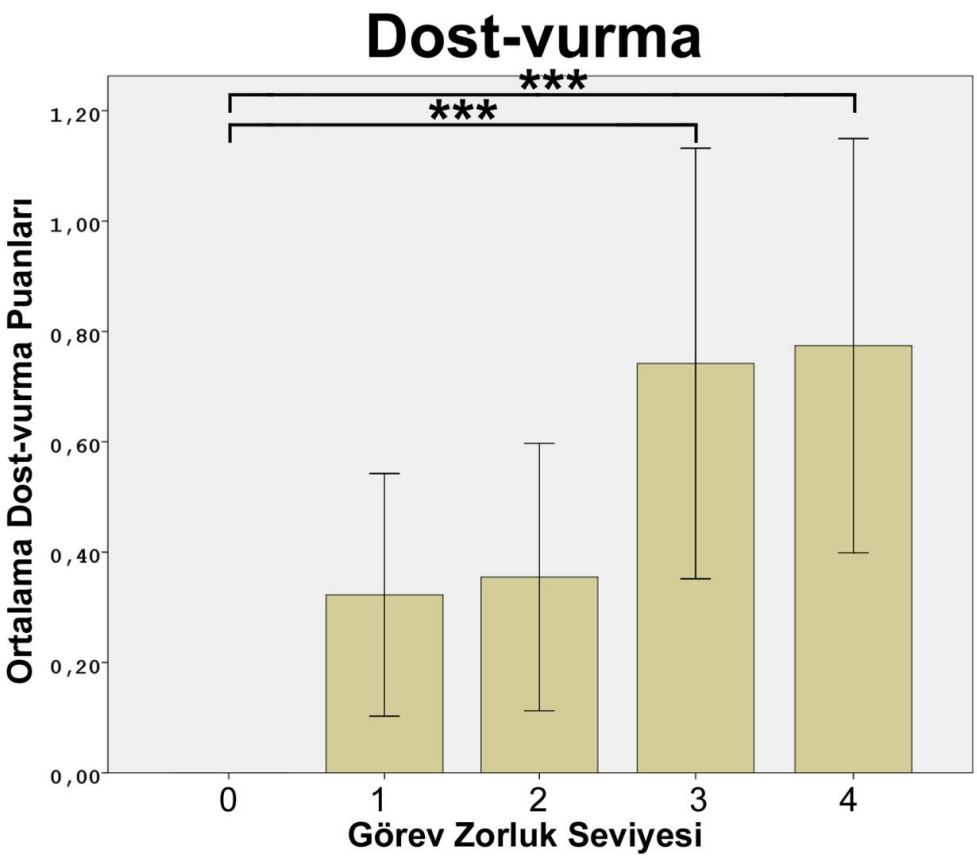
$$F(2.412, 725.35) = 291.991, p < 0.0005 \quad (4.1)$$

Hedef-vurma puanları görev zorluk seviyeleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ana etki sergilemiştir (bkz. Denklem 4.1). Bu sonuç değişik görev seviyeleri için ölçülen ortalama hedef-vurma puanları arasında anlamlı farklar olduğunu göstermiştir. Post hoc testler de tüm görev seviyesi çiftleri arasında anlamlı farklar olduğunu göstermiştir (bkz. Şekil 4.9). Bu sonuçlar görev zorluğu ile hedef-vurma arasında anlamlı ve ters orantılı bir ilişki bulunduğunu işaret etmektedir.

Şekil 4.10. Görev zorluk seviyeleri için ortalama hedef-kaçırma puanları.

$$F(3.043, 88.261) = 59.699, p < 0.0005 \quad (4.2)$$

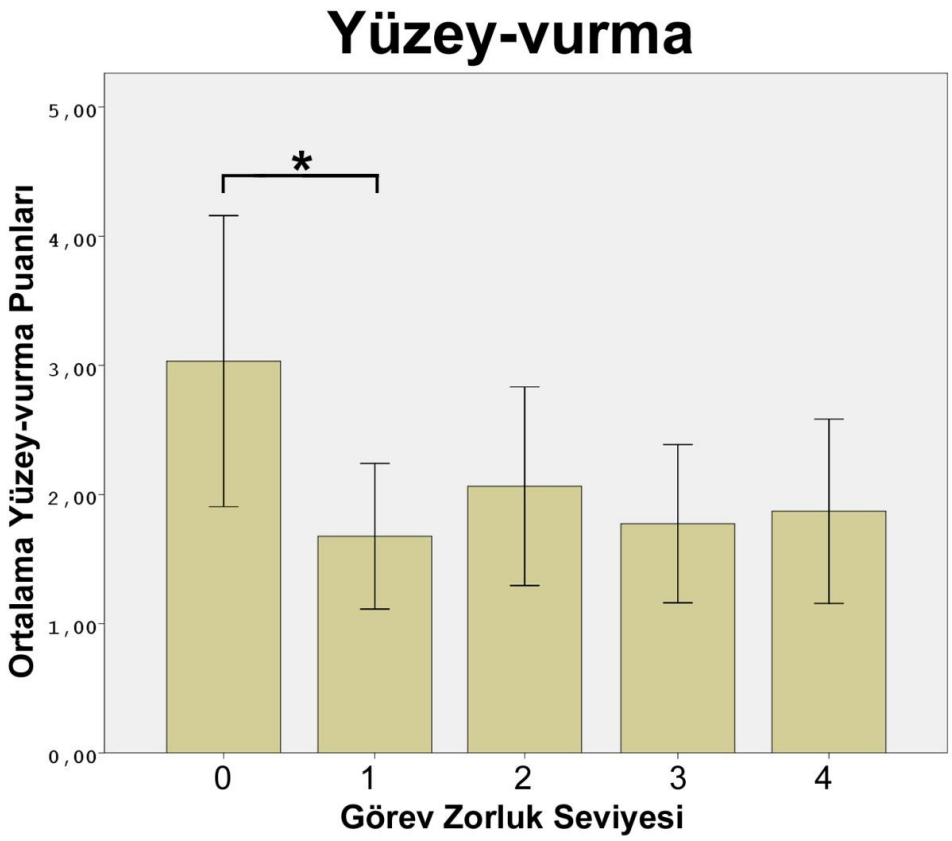
Hedef-kaçırma puanları görev zorluk seviyeleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ana etki sergilemiştir (bkz. Denklem 4.2). Bu sonuç değişik görev seviyeleri için ölçülen ortalama hedef-kaçırma puanları arasında anlamlı farklar olduğunu göstermiştir. Post hoc testler de görev seviye çiftleri 0-1 ve 2-3 dışında tüm görev seviyeleri arasında anlamlı farklar tespit etmiştir (bkz. Şekil 4.10). Bu sonuçlar görev zorluğu ve hedef-kaçırma arasında doğru orantılı bir ilişki olduğunu işaret etmektedir.



Şekil 4.11. Görev zorluk seviyeleri için ortalama dost-vurma puanları.

$$F(2.694, 80.815) = 5.495, p < 0.005 \quad (4.3)$$

Dost-vurma puanları görev zorluk seviyeleri üzerinde anlamlı bir ana etki sergilemiştir. (bkz. Denklem 4.3). Bu sonuç değişik görev seviyeleri için ölçülen ortalama dost-vurma puanları arasında anlamlı farklar olduğunu göstermiştir. Post hoc testler de seviye 3 ve 4’teki dost-vurma puanlarının seviye 0'dan anlamlı olarak büyük olduğunu ortaya çıkarmıştır (bkz. Şekil 4.11). Bu sonuçlar seviye 3 ve 4’te seviye 0’a göre deneklerin daha çok dost vurma hatası yaptıklarını işaret etmektedir.



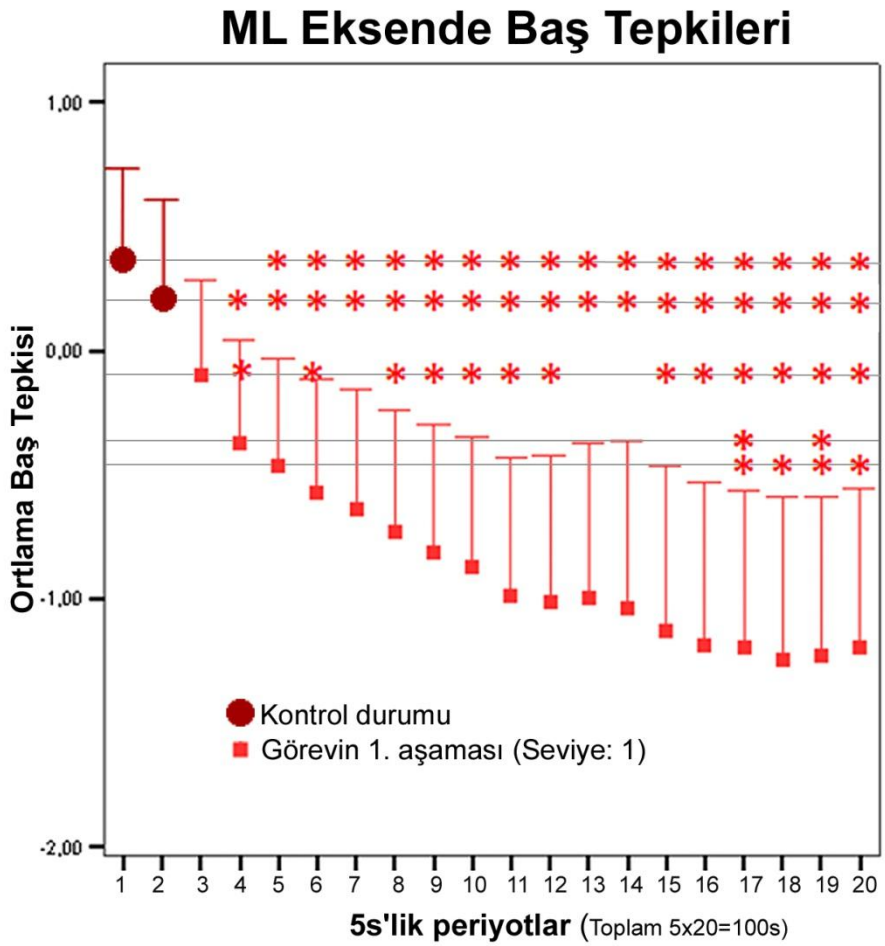
Şekil 4.12. Görev zorluk seviyeleri için ortalama yüzey-vurma puanları.

$$F(4,120) = 3.357,\ p < 0.05 \tag{4.4}$$

Yüzey-vurma skorları görev seviyeleri üzerinde anlamlı bir ana etkiye sahip olmuştur (bkz. Denklem 4.4). Bu sonuç değişik görev seviyeleri için ölçülen ortalama yüzey-vurma puanları arasında anlamlı farklar olduğunu göstermiştir. Post hoc testler de seviye 0’daki yüzey-vurma puanının seviye 1'dekinden daha büyük olduğunu göstermektedir (bkz. Şekil 4.12). Bu sonuç seviye 0 seviye 1’e göre deneklerin daha çok yüzey-vurma hatası yaptıklarını işaret etmiştir.

4.4.2 Postürel Ölçütler: Baş Tepkisi ve Hızı

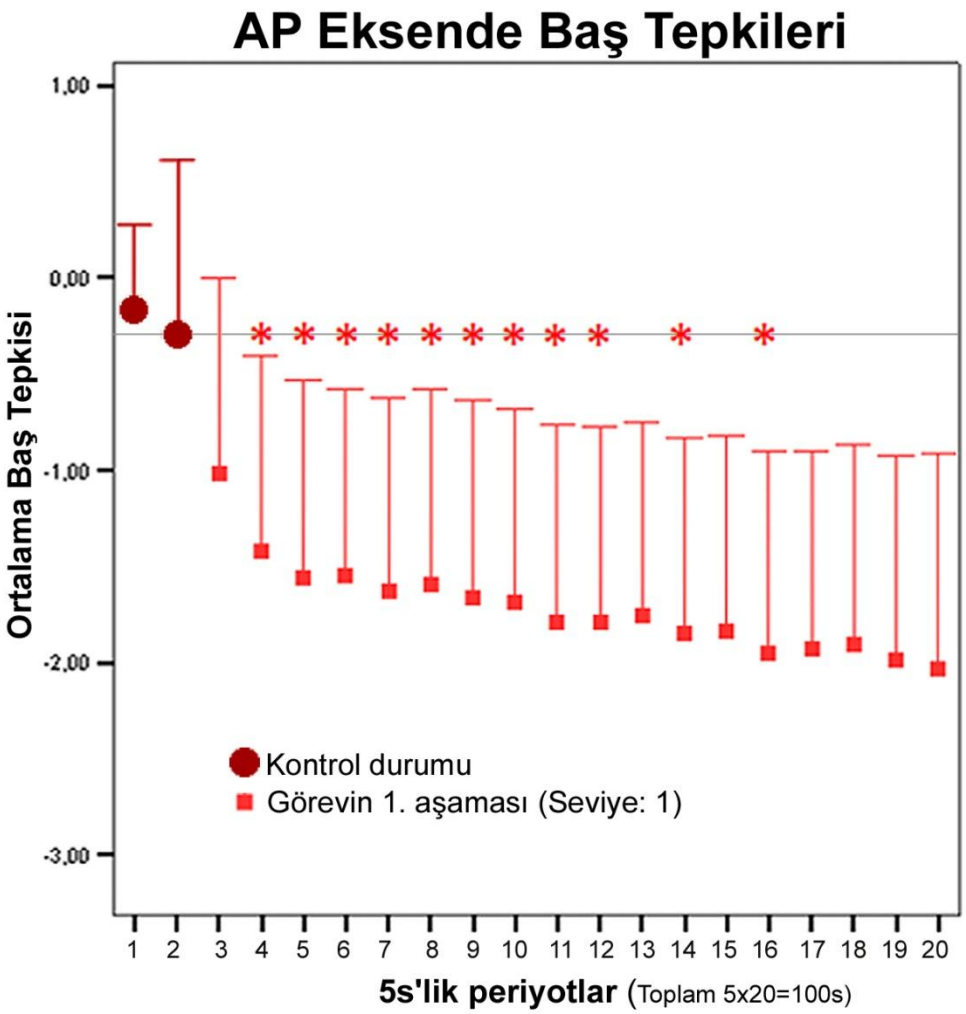
4.4.2.1 Görev Bağlanması Analizi



Şekil 4.13. ML eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş tepkisi değerleri.

$$F(2.41, 72.240) = 8.959, p < 0.0005 \quad (4.5)$$

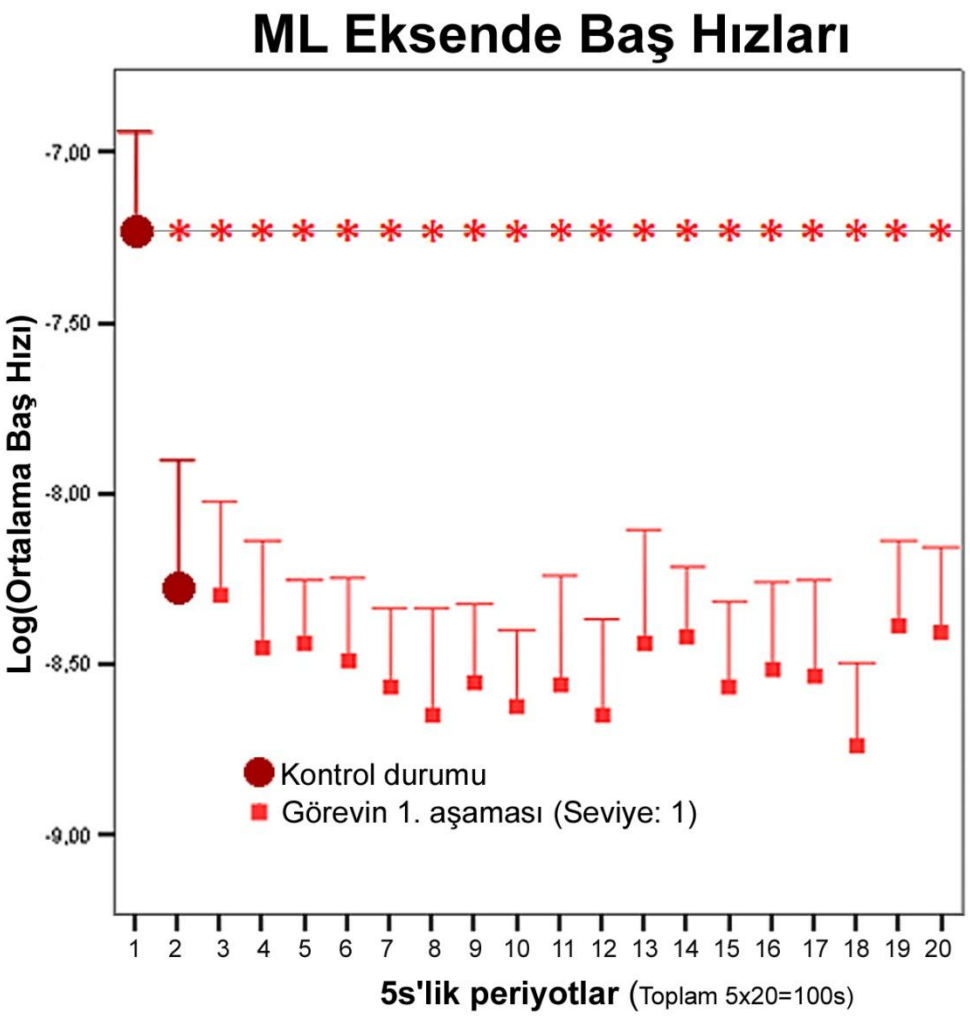
ML eksende baş tepkisi zaman periyotları üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir ana etki sergilemiştir (bkz. Denklem 4.5). Bu sonuç değişik zaman periyotları için ölçülen ortalama baş tepkileri arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de ML eksendeki baş tepkisinin kontrol durumunda görevin ilk aşamasına kıyasla anlamlı olarak daha büyük olduğunu göstermiştir (bkz. Şekil 4.13).



Şekil 4.14. AP eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş tepkisi değerleri.

$$F(1.684, 80.605) = 17.110, p < 0.0005 \quad (4.6)$$

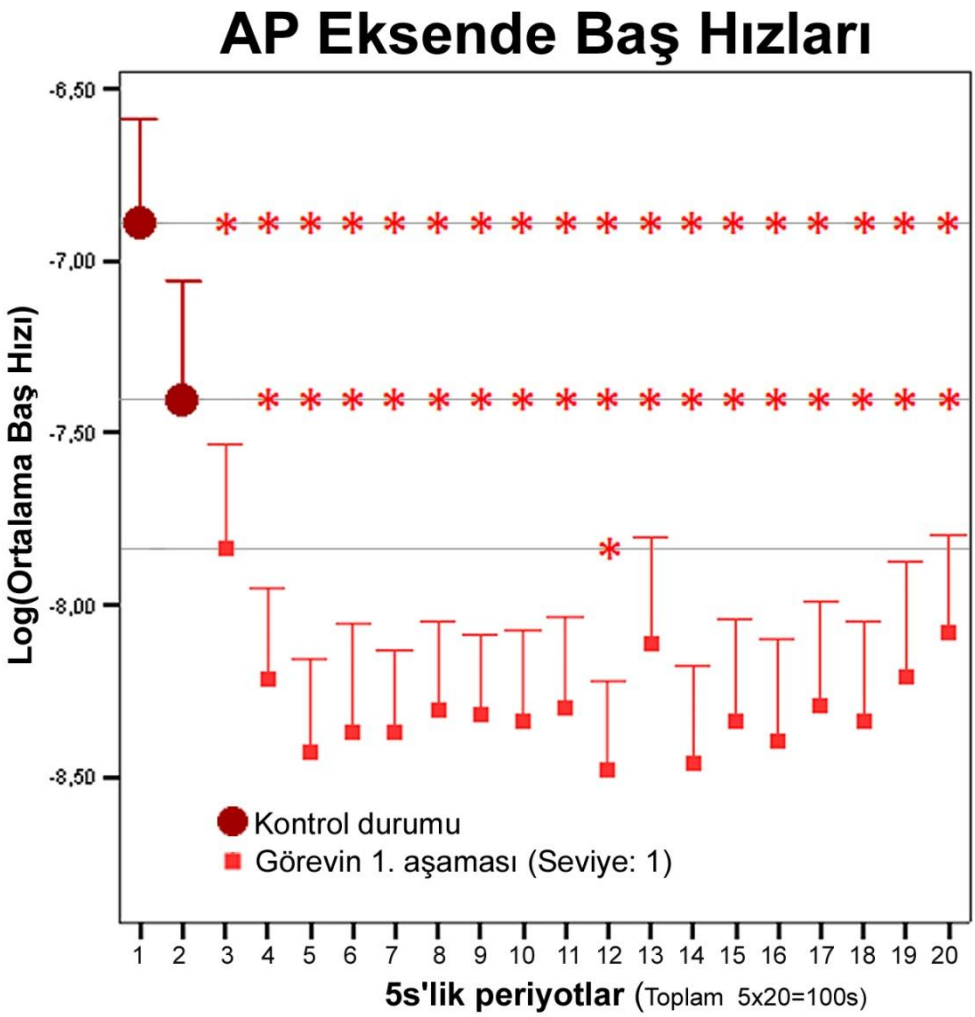
AP eksende baş tepkisi zaman periyotları üzerinde anlamlı bir ana etki sergilemiştir (bkz. Denklem 4.6). Bu sonuç değişik zaman periyotları için ölçülen ortalama baş tepkileri arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de AP eksendeki baş tepkisinin kontrol durumunda görevin ilk aşamasına kıyasla daha büyük olduğunu göstermiştir (bkz. Şekil 4.14).



Şekil 4.15. ML eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş hızı değerleri.

$$F(9.517, 247.453) = 9.016, p < 0.0005 \quad (4.7)$$

ML eksende baş hızı zaman periyotları üzerinde anlamlı bir ana etki sergilemiştir (bkz. Denklem 4.7). Bu sonuç değişik zaman periyotları için ölçülen ortalama baş hızları arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de ML eksendeki baş hızının kontrol durumunda görevin birinci aşamasına kıyasla daha büyük olduğunu göstermiştir (bkz. Şekil 4.15).

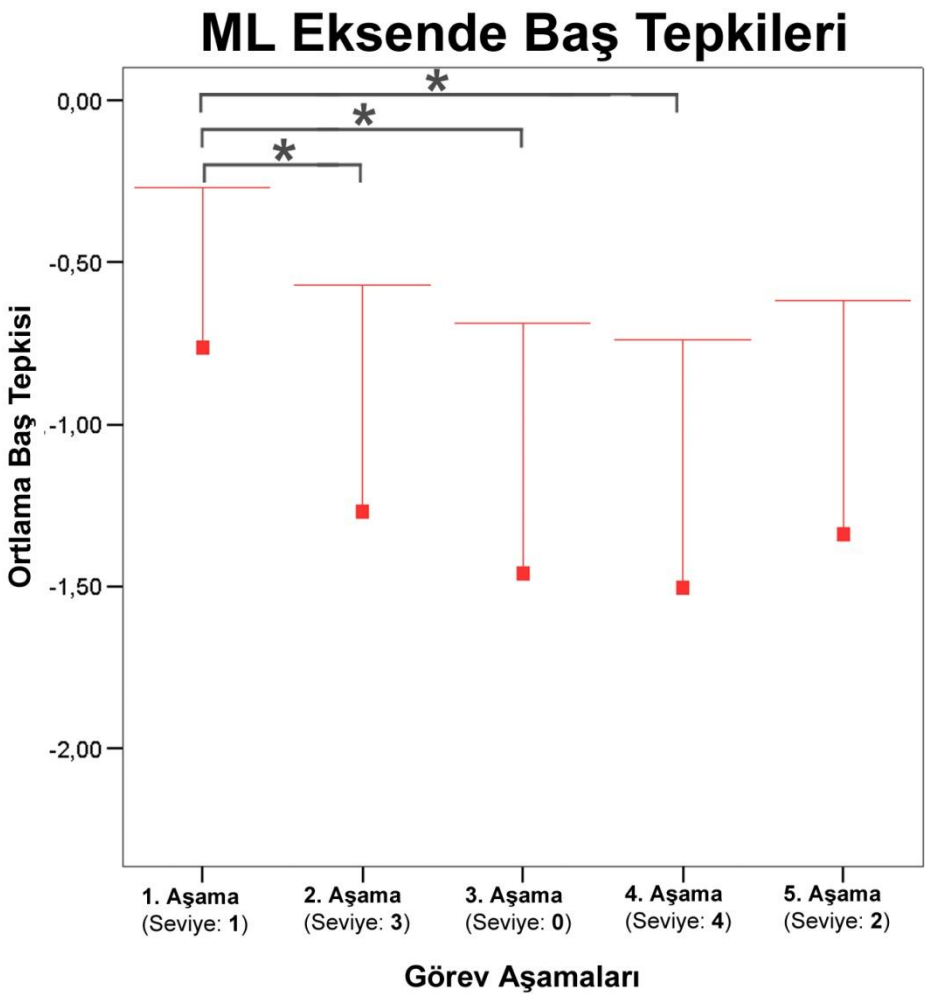


Şekil 4.16. AP eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında 5 saniyelik periyotlar için ortalama baş hızı değerleri.

$$F(9.517, 247.453) = 9.016, p < 0.0005 \quad (4.8)$$

AP eksende baş hızı zaman periyotları üzerinde anlamlı bir ana etki sergilemiştir (bkz. Denklem 4.8). Bu sonuç değişik zaman periyotları için ölçülen ortalama baş hızları arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de AP eksendeki baş hızının kontrol durumunda görevin birinci aşamasına kıyasla daha büyük olduğunu göstermiştir (bkz. Şekil 4.16).

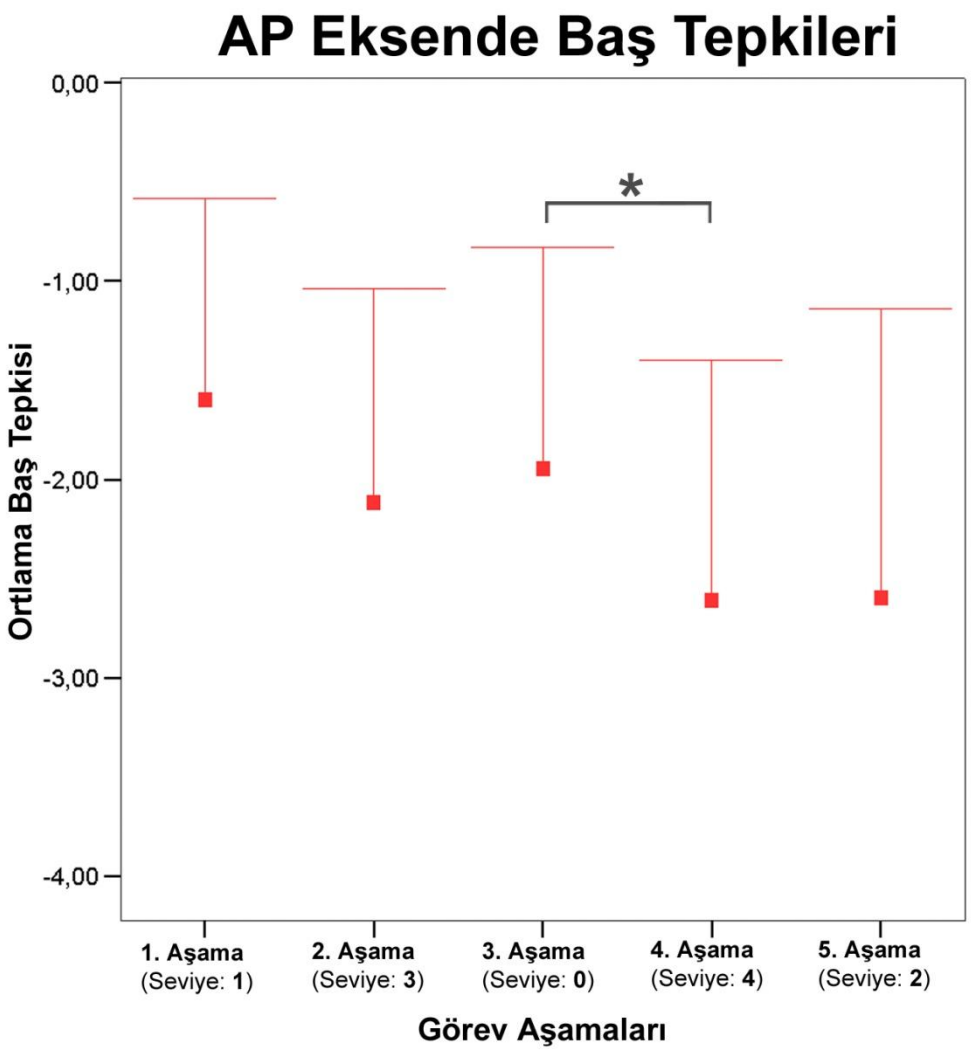
4.4.2.2 Görev Zorluğu Analizi



Şekil 4.17. ML eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş tepkisi değerleri.

$$F(2.694, 80.823) = 4.825, p < 0.05 \quad (4.9)$$

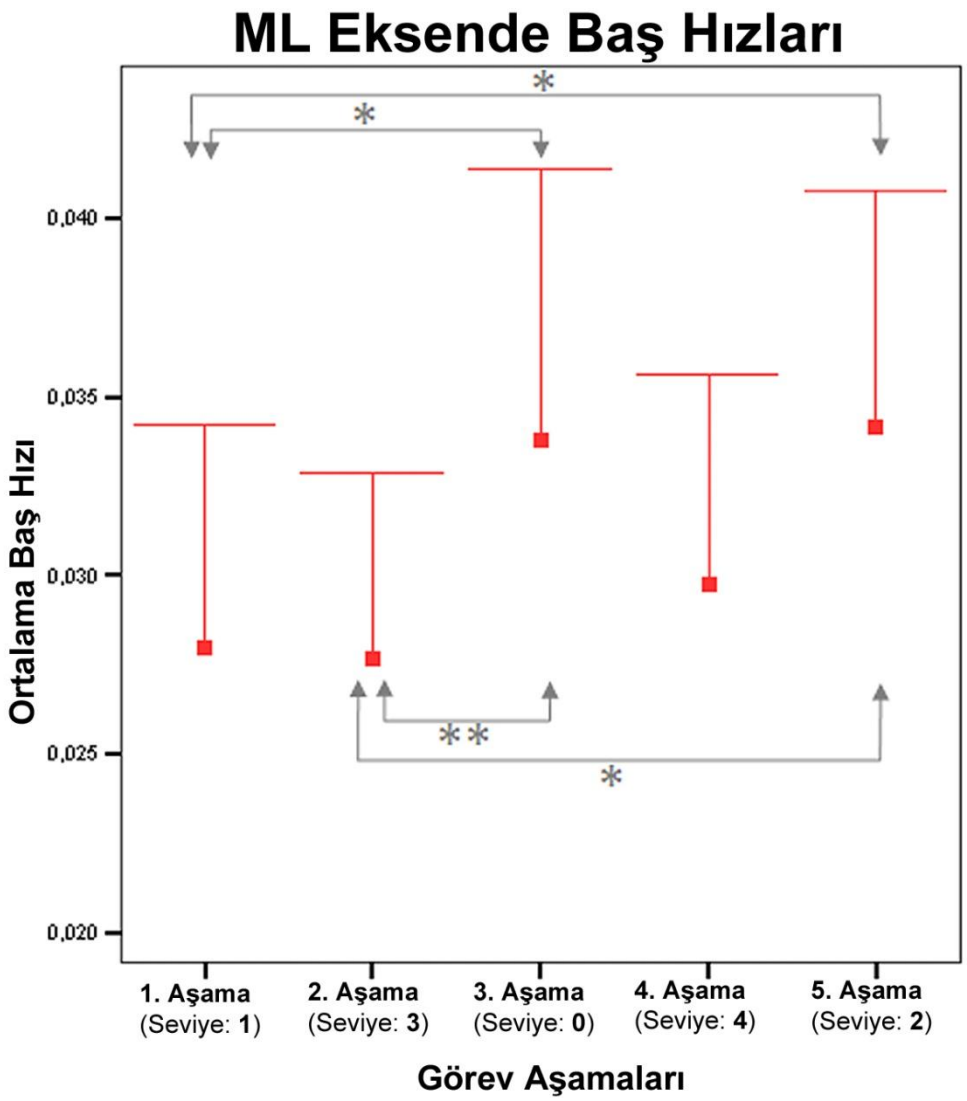
ML eksende baş tepkisi görev zorluk seviyeleri üzerinde anlamlı bir ana etkiye sahip olmuştur (bkz. Denklem 4.9). Bu sonuç, deneyin ardışık aşamalarında, değişen görev zorluk seviyeleri için ölçülen ortalama baş tepkileri arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de ML eksendeki baş tepkisinin seviye 1'de seviye 3, 0 ve 4'e göre daha büyük olduğunu göstermiştir (bkz. Şekil 4.17).



Şekil 4.18. AP eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş tepkisi değerleri.

$$F(1.677, 50.299) = 3.405, p < 0.05 \quad (4.10)$$

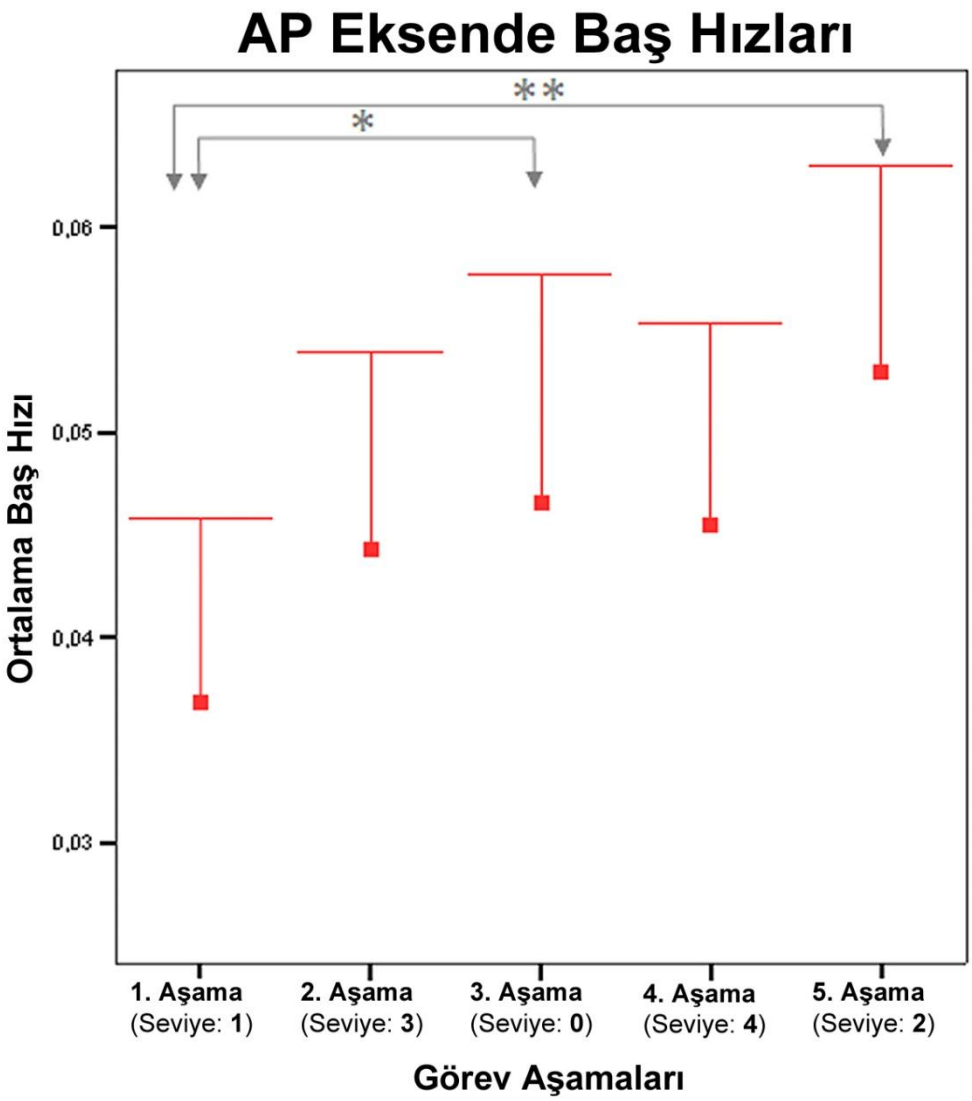
Baş tepkisi görev seviyeleri üzerinde AP eksende anlamlı bir ana etkiye sahip olmuştur (bkz. Denklem 4.10). Bu sonuç, deneyin ardışık aşamalarında, değişen görev zorluk seviyeleri için ölçülen ortalama baş tepkileri arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de AP eksendeki baş tepkisinin seviye 0'da seviye 4'e kıyasla daha büyük olduğunu göstermiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.19. ML eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş hızı değerleri.

$$F(4,120) = 6.742,\ p < 0.0005 \qquad (4.11)$$

ML eksende baş hızı görev zorluk seviyeleri üzerinde anlamlı bir ana etkiye sahip olmuştur (bkz. Denklem 4.11). Bu sonuç değişik görev zorluk seviyeleri için ölçülen ortalama baş hızları arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de ML eksendeki baş hızının seviye 0'da seviye 1 ve 3'e kıyasla, seviye 2'de seviye 1 ve 3'e kıyasla daha büyük olduğunu göstermiştir (bkz. Şekil 4.19).

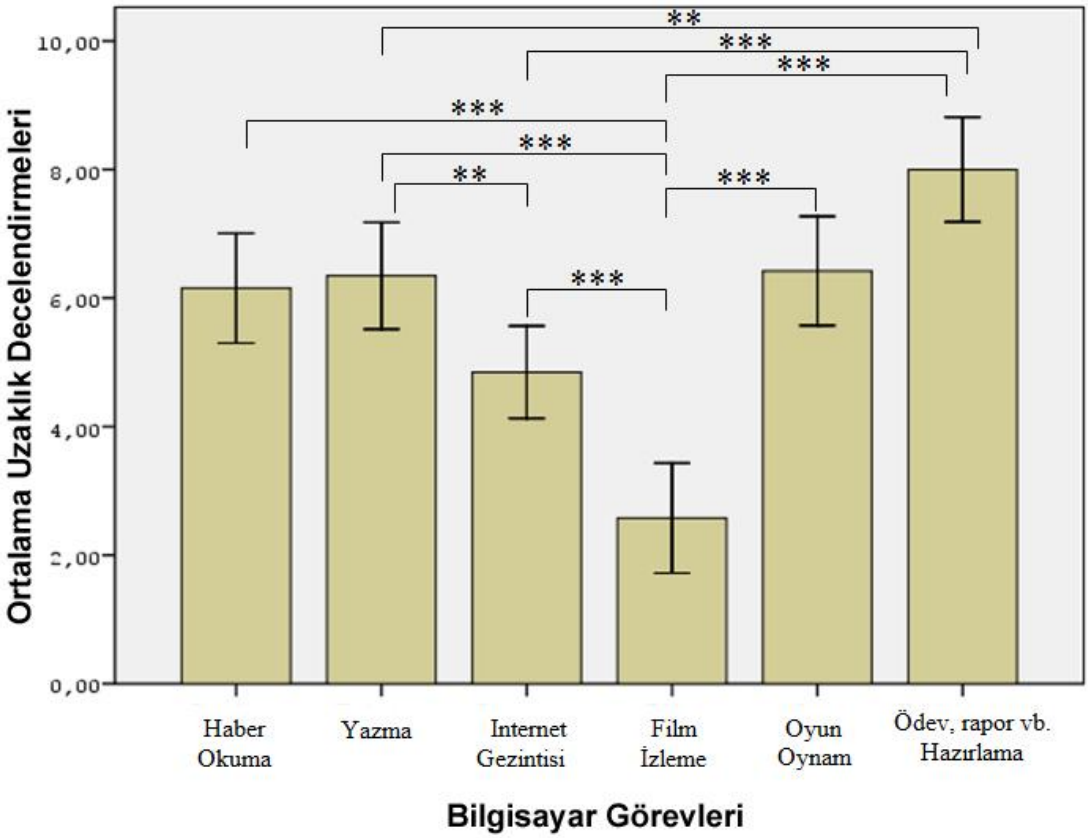


Şekil 4.20. AP eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için ortalama baş hızı değerleri.

$$F(4, 120) = 4.614, p < 0.005 \tag{4.12}$$

AP eksende baş hızı görev zorluk seviyeleri üzerinde anlamlı bir ana etkiye sahip olmuştur (bkz. Denklem 4.12). Bu sonuç, deneyin ardışık aşamalarında, değişen görev zorluk seviyeleri için ölçülen ortalama baş hızları arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler AP eksendeki baş hızının seviye 0 ve 2'de seviye 1'e kıyasla daha büyük olduğunu ortaya çıkartmıştır (bkz. Şekil 4.20).

4.4.3 Anket Ölçütleri: Göreceli uzaklık derecelendirmeleri



Şekil 4.21. Değişik bilgisayar görevleri için göreceli uzaklık derecelendirmeleri.

$$F(3.941, 125) = 21.032, P < 0.0001 \quad (4.13)$$

Oturur halde gerçekleştirilen değişik bilgisayar görevleri göreceli uzaklık derecelendirmeleri üzerinde anlamlı bir ana etkiye sahip olmuştur (bkz. Denklem 4.13). Bu sonuç 6 adet bilgisayar görevi için denekler tarafından verilen uzaklık derecelendirmelerinin ortalama değerleri arasında anlamlı farklar olduğunu işaret etmiştir. Post hoc testler de şu sonuçları ortaya çıkarmıştır (bkz. Şekil 4.21).

Belge hazırlama görevi; yazma, internet gezintisi ve film izleme görevlerinden anlamlı olarak daha yüksek derecelendirme puanına sahip olmuştur. Bu sonuç belge hazırlama görevinin bu görevlerden daha yakın gerçekleştirilen bir görev olduğunu

işaret etmiştir. Yazma görevi, internet gezintisi ve film izlemeden anlamlı olarak daha büyük derecelendirme almıştır. Bu sonuç yazma görevinin internet gezinti ve film izleme görevlerinden daha yakın bir görev olarak önermiştir. Haber okuma, oyun oynama ve internet gezintisi ise film izlemeden daha büyük puanlara sahip olmuştur. Dolayısıyla bu sonuçta, bu görevlerin film izlemeden daha yakın gerçekleştirilen görevler olduğunu göstermiştir.

4.5 Tartışma

4.5.1 Bilişsel Görev

Görev bağlanmasına ve değişen görev zorluğuna tepki olarak baş hareketlerini tartışmadan önce, deneyde kullanılan bilişsel görevin geçerliliğinin gösterilmesi gereklidir. Bu amaçla Bölüm 4.4.1 'de verilen analiz sonuçları bir *birincil-görev* zihinsel iş yükü ölçme perspektifinden değerlendirilmiş ve bilişsel manipülasyon için kullanılan görevin denekler üzerinde beklenen etkiyi veya amaçlanan iş yükünü büyük ölçüde oluşturduğu görülmüştür.

Birincil-görev zihinsel iş yükü ölçmenin altında yatan temel düşünce, daha yüksek iş yüküne sahip bir görevin daha zor ve dolayısıyla düşük iş yüküne sahip bir göreve kıyasla daha kötü bir başarıma sebep olacağıdır [Young and Stanton 2004]. Buna göre; bir görevin gereksinimleri veya zorluğu değiştiğinde; artan hata oranlarıyla birlikte düşen başarı zorlukta bir artışı gösterirken, azalan hata oranlarıyla birlikte artan başarı azalan görev zorluğunu işaret etmektedir. Öyleyse başarı ve görev zorluğu ters orantılıdır ve aralarında negatif korelasyon olması gerekirken, hata görev zorluğu ile doğru orantılıdır ve aralarında pozitif bir korelasyon olmalıdır.

Buna göre Tablo 4.3'de verilen korelasyon analizi sonuçları, yüzey-vurma dışında, ilk beklentilere uygun olarak ortaya çıkmıştır. Çalışmada ki tek başarı ölçütü olan hedef-vurma ve görev seviyeleri arasında güçlü *negatif* bir korelasyon gözlemlenmişken, ortalama hata ölçütleri, hedef-kaçırma, dost-vurma için, beklenildiği gibi güçlü *pozitif* korelasyonlar gözlemlenmiştir.

Yüzey-vurma ve görev seviyeleri arasındaki korelasyon istatistiksel olarak anlamlı çıkmamıştır. Diğer bir deyişle yüzey-vurma görev zorluğu ile anlamlı bir ilişki göstermemiştir. Buna karşın yüzey-vurma sonuçları, aşağıda ele alındığı şekliyle, denekler için düşük bir bilişsel yüklemeyi işaret etmiştir.

Tekrarlı ölçümler varyans analizi (ANOVA) sonuçlarına bakıldığında ise, değişen görev zorluğunun, çalışmanın birincil başarı ve hata ölçütleri olan hedef-vurma ve hedef-kaçırmaya neredeyse açık bir etkisi olduğunu göstermiştir. Hedef-vurma skorları görev zorluğuyla ters orantılı bir ilişki sergilemişken, hedef-kaçırma skorları doğru orantılı bir ilişki sergilemiştir. Sürpriz bir şekilde, görev zorluğu seviye çiftleri 2-3 ve 0-1 arasında anlamlı bir farklılığa rastlanmamıştır. Bu, 2-3 ve 0-1 seviyelerinin deneklerde benzer iş yükleri oluşturduğu şeklinde yorumlanabilir. 2-3 seviye çifti için bu yorum doğru olabilir fakat aşağıda verilen yüzey-vurma ANOVA sonuçları 0-1 çifti için bunun tersini işaret etmektedir.

Yüzey-vurma sonuçları, seviye 0 esnasında (en kolay seviye) deneklerin çok *dikkatsiz* bir davranış sergilediğini göstermiştir. Göreve başlamadan önce yüzey vurma hatası yapmamaları için teşvik edilmiş olmalarına rağmen, Şekil 4.12'de görüldüğü gibi, denekler seviye 0'da seviye 1'e kıyasla daha fazla yüzey-vurma yapmışlardır. Bu durum kullanılmayan bilişsel kapasitenin insanların dikkatinin dağılmasına ve performanslarının düşmesine sebep olacağı gerçeğinden kaynaklandığı düşünülmektedir [Roda and Thomas 2006]. Buna göre, bir görev kullanıcı için çok kolay olduğunda (seviye 0 da olduğu gibi) bu düşük bilişsel yüklemeye, düşük bilişsel bağlanmaya (ing. engagement) ve dolayısıyla düşen performansa yol açabilmektedir.

Dost-vurma sonuçlarıysa beklentileri kısmen karşılamıştır. Sadece seviye çiftleri 0-3 ve 0-4 arasında istatistiksel olarak anlamlı farklar tespit edilmiştir (bkz. Şekil 4.11). Bu sonuç kullanılan görevin zorlayıcı bir etkiye sahip olsa da tüm denekleri bilişsel olarak aşırı yükleyememiş olabileceğini işaret etmektedir.

4.5.2 Baş Hareketleri: Baş Tepkisi ve Hızı

Görev bağlanması bu çalışmanın anahtar bileşenlerinden biridir. Genel bir bakış açısıyla bağlanma, kişinin bir görev veya aktivitedeki aktif ilgisini yansıtan, "kişi ve aktivite arasındaki bağlantı" olarak tanımlanabilir [Appleton et al. 2006]. [Matthews et al. 2002] görev bağlanmasını "görev amaçlarına doğru yönlendirilmiş gayretli çaba" olarak tanımlamaktadır.

Görev bağlanması; biliş, motivasyon ve duygu gibi üç psikolojik boyutu barındıran çok boyutlu bir kavramdır [Fairclough et al. 2009]. Diğer bir deyişle, bir kullanıcı göreve bağlandığında, görevin başından sonuna, bağlanması öncelikle bilişsel, motivasyonel ve duygusal faktörler tarafından şekillendirilir. Görev bağlanması bundan dolayı, kullanıcının bilişsel aktivitesine (zihinsel çaba), motivasyonel oryantasyonuna (yaklaşım veya uzaklaşma/kaçınma) ve duygusal değişimlerine (pozitif veya negatif değerlik) göre ayrı ayrı ele alınabilir [Fairclough et al. 2009]. Bu, her birinin kullanıcının görev bağlanmasını kendi başına etkileyebileceği ve dolaylı olarak kullanıcının ilişkili davranışlarını şekillendirebileceği anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada, görev bağlanmasının bilişsel boyutuna veya bilişsel bağlanma ve onun kullanıcının istem dışı baş hareketlerine (baş tepkisi ve hızına) etkilerine odaklanılmıştır. Değişen zorluklarla bir bilişsel görev uygulanarak, görev bağlanmasının ve değişen görev zorluğunun deneklerin baş hareket davranışlarına olan etkisi gözlemlenmiştir. Buna göre, Bölüm 4.4.2.1'de verilen istatistiksel analiz sonuçlarının işaret ettiği gibi, baş tepkisi ve hızının görev bağlanması ve değişen görev zorluğundan kaynaklanan anlamlı örüntüler sergilediği görülmüştür.

Özellikle anterior/posterior (AP) eksende, görevin ilk aşaması başladığında, kontrol durumuna kıyasla (yaklaşık 16mm'lik bir büyüklükte) denekler öne eğilmiş veya bilgisayar monitörüne (dikkat odaklarını yönlendirdikleri yere) yaklaşmışlardır (bkz. Şekil 4.14). Bu önceki araştırmalarla uyumlu bir sonuçtur [Bahr et al. 2007; Balaban et al. 2004; Balaban et al. 2005; Frank 2006]. Bilişsel bağlanma öncelikli veya önemli nesne veya olaylara doğru yönelme ihtiyacı doğurmaktadır. Diğer bir

deyişle, insanlar bilişsel bağlanmalarını yönelme hareketleriyle sergilemektedir. İlgili çalışmalarda (bkz. Bölüm 3.4), yazarlar deneklerin bilgisayar monitörüne artan görev zorluğunun veya saldırı dalgasının ilk yarısındaki artan uçak sayısının bir sonucu olarak yaklaştıklarını rapor etmektedir. Bu çalışmada AP eksende elde edilen sonuçlar benzer bir etkiyi işaret etmekte ve AP eksendeki baş tepkisinin bir global (tonik) bilişsel yükleme ölçtü olabileceği hipotezini doğrulamaktadır.

[Abe and Makikawa 2009] tarafından belirtildiği gibi, insanlar göz ve baş hareketlerini görsel dikkat alanlarını verimli bir şekilde ayarlamak/oluşturmak için kullanır. Buradan hareketle alternatif olarak, bilgisayar monitörüne yaklaşma, görsel keskinliği artırma ve görsel açıklığı daraltmayla daha iyi performans elde etmek için daha iyi görme ihtiyacından kaynaklandığı öne sürülebilir.

Diğer taraftan medial/lateral (ML) eksende, baş tepkisi sonuçları deneklerin kontrol durumunda ve görevin ilk aşamasında (seviye 1'de 10mm gibi küçük bir büyüklükte) sola doğru eğildiklerini göstermektedir. Öyle ki, Şekil 4.17 görüldüğü gibi, görevin ilk aşamasından sonra denekler ML eksende bu büyüklükte bir yer değiştirme yapmamıştır. Birinci aşamadaki (seviye 1) ortalama baş tepkisi ve diğer tüm aşamalar (sırasıyla seviye 3, 0 ve 4'te) arasında, deneklerin ML eksende ilk aşamadan sonra ortalama pozisyonlarını koruduklarını gösteren, istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmaktadır.

Bu sonuçlar, böylesi monitör yönelimli bir görev için, ilginç ve destekleyici bir görev bağlanması delili olarak ele alınabilir. Görev faktörleri kişinin postürünü etkilemektedir (bkz. Bölüm 3.1). Deneyde kullanılan görev sürekli bir fare etkileşimi gerektirdiğinden, öyle görünüyor ki, katılımcıların göreve bağlandıklarında, sağ kolları sürekli olarak masa üzerine baskıda bulunmuş ve vücutları için bilekleri üzerinde durağan bir dayanak noktası sağlamıştır.

Diğer taraftan ML ve AP eksende elde edilen sonuçlar, görev bağlanması neticesinde, baş hızlarının her iki eksende düştüğünü göstermiştir. Bu sonuçlar, denekler göreve bağlandıklarında bilgisayar ekranına odaklanabilmek (dikkat edebilmek) için ihtiyaç duyulan stabiliteyi kazanmak için daha durağan hale

gelmişlerdir şeklinde yorumlanabilir. Bundan dolayı, baş hızı da yine bir global bilişsel bağlanma delili veya ölçütü olarak ele alınabilir.

Görev zorluğu açısından ise, sonuçlar baş tepkisi ve hızı için değişen görev zorluğuna limitli bir hassasiyet işaret etmiştir. ML eksende, denekler görevin ilk aşamasından sonra bir platoda kalmıştır. Göreve bağlandıktan sonra, devam eden ardışık aşamalarda zorlukta değişimler olmasına karşın pozisyonlarını korumuşlardır. Yukarıda tartışıldığı gibi, bu her ne kadar ek bir bilişsel bağlanma göstergesi olarak ele alınabilse de ML eksende baş tepkisi için değişen görev zorluğunun bir sonucu olarak anlamlı bir ekti işaret etmemektedir.

AP eksendeki baş tepkisi, değişen görev zorluğunun baş tepkisi üzerine etkisi limitli olduğunu göstermiştir. Anlamlı bir örüntü sadece AP eksende görev zorluğunda belirgin bir artış olduğunda gözlenmiştir (bkz. Şekil 4.18). Yönelme hareketleri olaylara bilişsel kaynak ayrılmasının bir göstergesi olarak bilinmektedir [Bahr et al. 2007]. Bundan dolayı deneklerin başlarının, değişen görev zorluğunun bir sonucu olarak, monitöre yaklaşmaları veya monitörden uzaklaşması beklenmiştir. Buna karşın anlamlı bir örüntü AP eksende ancak, görev zorluğunda belirgin bir artma olduğunda gözlenmiştir. Bu sonuç insanlar bir kere göreve bağlandıktan sonra çok belirgin zorluk değişimlerinde bir yönelme veya uzaklaşma hareketi içine girmektedirler diye yorumlanabilir.

AP eksendeki baş hızı sonuçları ise ve belirgin bir biçimde ML eksendeki sonuçlar, görev zorluğu ve baş hızı arasında ters orantılı bir ilişki işaret etmiştir. Görev zorluğu her düştüğünde, seviye 3'den sonra seviye 0 da ve seviye 4'ten sonra seviye 2'de baş hızında açık bir yükselme gözlenmiştir. Bu deneklerin görev zorluğunda bir azalma algıladıklarında daha az hareketli hale geldiklerini göstermiştir. Fakat bu etki, görev zorluğundaki küçük değişimlere karşı duyarlı değildir. Öyle ki seviye çiftleri 1-3, ve 4-2 arasında istatistiksel olarak manalı farklara rastlanmamıştır. Dahası sürpriz bir şekilde, seviye 0 ve 4 arasında da anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Değişen görev zorluğu için elde edilen genel ve spesifik olarak, seviye 0 ve seviye 4 arasındaki duyarsız davranış, deneklerin görevin üçüncü aşamasından (seviye 0'dan) sonra düşen bilişsel bağlanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Böyle bir davranışın muhtemel bir kaç sebebi vardır. Genel olarak, bir görev aşırı zor, uzun, monoton veya görsel olarak yorucuysa; tüm bunlar kullanıcıların göreve olan bağlanmalarını düşürmesine sebep olabilmektedir [Fairclough et al. 2009]. Buna göre; seviye 4 hepsi için değil fakat bazı denekler için çok zor olmuş olabilir. Görev süresi de gereğinden uzun tutulmuş olup; bazı katılımcıların sıkılmasına ve göz yorgunluğu yaşamalarına sebebiyet vermiş olması muhtemeldir. Gelecek çalışmalarda ve yeni deney tasarımlarda bu hususların hassasiyetle ele alınması gerekmektedir.

Tezin görev zorluğu analizi sonuçlarını karşılaştırmak için doğrudan bir çalışma bulunmamaktadır. Fakat gövde hareketleri için [Frank 2006] tarafından yapılan benzer bir çalışmada, artan görev zorluğunun bir sonucu olarak gövde hareketlerinde artan bir durağanlık rapor edilmektedir. Buna karşın, baş hareketleri insan görmesi ve görsel dikkatle ilgili olmakla birlikte, bu hareketler gövdenin hareketlerinden bağımsız olarak gerçekleşebilir. Dolayısıyla, insanlar başlarını başta görsel amaçlar olmak üzere çeşitli sebeplerden baş stabilitesini etkileyecek şekilde oynatabilir. Bu sebeple, tez kapsamında yapılan deneyde, gövde hareketlerinde sergilenen böylesi bir stabilite baş hareketlerinde gözlemlenmemiş olabilir.

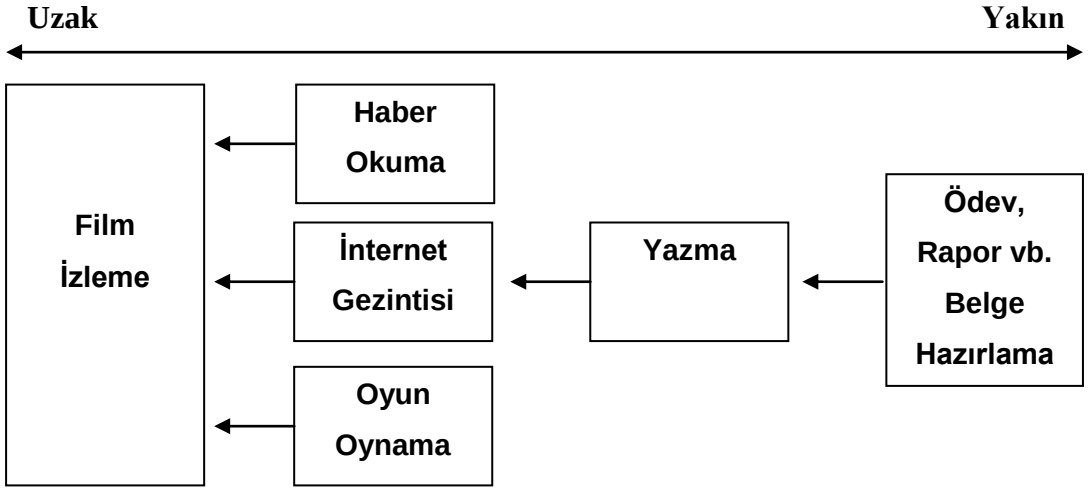
Sonuç olarak, görev zorluğu analizi sonuçları baş tepkisi ve hızını görev zorluğu veya bilişsel yüklemenin destekleyici veya ek (ing. supplementary) ölçütleri olarak önermiştir. Bu ölçütler, bilişsel yükleme değerlemesinde belirli bir hassasiyet gerektiren uygulamalar için doğrudan uygun olmayabilir. Her ne kadar sonuçlar limitli bir hassasiyet davranışı işaret etse de ve baş hareketlerini uzun-dönem (ing. long-term) veya global bilişsel yükleme ölçütleri olarak önerse de, bu ilişkiyi ve Dikkatli Bilişim Sistemlerinde kullanımını daha iyi anlamak için yeni araştırmalar gerekmektedir.

Karşılaştırmalı bir görev analizi, değişik görev tiplerine karşı genelleşmiş baş tepkilerini belirlemek amacıyla, muhtemel istatistiksel bir ölçeğin gelişimini mümkün kılacak şekilde, farklı pek çok görev kullanarak gerçekleştirilmelidir. Buna karşın, güçlü ölçüm hassasiyetinin aranmadığı alanlarda (akıllı TV setleri gibi) baş hareketleri kullanıcı bilişsel yüklemesinin gelişmiş donanımlar olmaksızın ölçülmesi için kullanılabilir.

Diğer taraftan Ek 2'de verilen Birikimli Dağılım Fonksiyonu (BDF) grafikleri de yukarıda önerilen sonuçları doğrular niteliktedir. Görev bağlanması analizinde, hem baş tepkisi hem de baş hızı için hesaplanan dağılım fonksiyonları kontrol durumu ve görevin birinci aşaması arasındaki farklılığı işaret eder niteliktedir. Görev zorluğu analizinde ise sonuçlar, yine varyans analizlerine dayanılarak yukarıda açıklanan limitli davranışı işaret etmektedir.

4.5.3 Göreceli Görev Uzaklık Derecelendirmeleri

Göreceli uzaklık derecelendirmeleriyle kullanıcının bilgisayara olan genel (belirli bir görevde ve sürede) uzaklığının görevden göreve değişip değişmediği veya bunun bir dikkat, bilişsel durum veya görev ölçütü olarak kullanıp kullanılamayacağının sorularına cevap aranmaktadır. Bu fikir tez kapsamında incelenen baş tepkisi ölçütünün AP eksende bir bakıma gerçek bir görev esnasında genel olarak nasıl davrandığı sorusundan doğmuştur ve tez kapsamında incelenen konularla yakından alakalıdır.



Şekil 4.22. Göreceli görev uzaklık derecelendirmesi sonuçları.

Şekil 4.22 Bölüm 4.4.3'te verilen analiz sonuçlarına göre çizilmiştir. Buna göre fiziksel ve bilişsel açıdan en zahmetsiz görev olarak nitelendirilebilecek olan film izleme en uzak görev olarak derecelendirilmiştir. Internet gezintisi hemen film izlemeden sonra bilgisayara daha yakın bir eylem olarak gelmektedir. Yazma, internet gezintisinden; genel olarak en zahmetli görev olan, ödev, rapor vb. belge hazırlama da yazmadan daha yakın bir görev olarak ortaya çıkmıştır.

Bu sonuçlar deneklerin uzaklıklarını görevin aratan fiziksel ve bilişsel gereksinimlerine göre derecelendirdikleri şeklinde yorumlanabilir. Diğer taraftan haber okuma ve oyun oynama, sadece film izlemeden daha yakın görevler olarak ortaya çıkmıştır. Haber okuma'da yine içinde okumak için monitöre yaklaşmayı ve odaklanmayı gerektiren bir görevdir. Fakat denekler arasındaki olası davranış farklılıklarından bu şekilde, sadece film izlemeden daha yakın bir görev olarak derecelendirilmiş olabilir.

Oyun oynama davranışları da oldukça çeşitlidir. Küçük "flash" oyunlardan karmaşık araba yarışları ve savaş oyunlarına oldukça fazla çeşit ve zorlukta oyun bulunmaktadır. Her biri doğal olarak kullanıcı üzerinde farklı fiziksel ve bilişsel gereksinimlere sahiptir. Bundan dolayı, oyun oynama kullanıcı derecelendirmeleri için geniş bir aralığa sahip olmuş olabilir. Bu sebeple de oyun oynama da sadece film izlemeden daha yakın bir görev olduğu söylenebilir.

5. SONUÇLAR

5.1 Katkılar

Bu tezde Dikkatli Bilişim Sistemleri (DBS'ler) için istem dışı postürel tepkilerle kullanıcı bilişsel durum değerlendirmesi konusu ele alınmıştır. Özel olarak istem dışı baş hareketleri üzerine odaklanılmış ve yapılan deneysel çalışmalarla konu araştırılmıştır. Buna göre tezin 4 temel bilimsel katkısı bulunmaktadır.

İlk olarak bu tezle birlikte literatürde daha önce yapılmış benzer çalışmaların ortak özellikleri bir araya getirilerek DBS kavramı ortaya atılmıştır. DBS'lere duyulan ihtiyaç tartışıldıktan sonra, DBS'ler tanımlanmış ve bu ve benzeri sistemler için AKE-B isminde bir çatı model önerilmiştir.

Tezin ikinci katkısı, oturan kullanıcıların istem dışı postürel tepkilerini bir bilişsel durum değerleme perspektifinden ele alan incelemedir. Bu incelemede değişik disiplinlerden ve İnsan Bilgisayar Etkileşiminin (İBE) değişik alanlarından; postür ve oturma postürü, oturma postürünün bilişsel durum değerlemesi için avantajları ve bilişsel durumla bağlantıları, bilişsel olarak anlamlı postürel değişimlerin orijinleri ve ilgili çalışmalar gibi pek çok ilişkili konu bir araya getirilmiş ve tartışılmıştır.

Buna göre postür kullanıcıların istemli ve istemsiz motivasyonları ve amaçlarını ifade edebilen çok boyutlu bir oluşumdur. Statik veya dinamik olarak, bütünü veya parçaları itibariyle postür, DBS'ler gibi modern İBE çalışmaları (kullanıcı duyarlı) için kayda değer pek çok araç sağlamaya adaydır. Özellikle kullanıcıların otomatik motor davranışları veya istem dışı postürel tepkileri, hem tek başlarına hem de yardımcı, gerçek ortamlarda kullanılmaya daha uygun, bilişsel durum ölçütleri olarak, DBS'lerin ihtiyaçlarını karşılamak için önemli potansiyellere sahip olduğu görülmüştür. İnsan postürel kontrol sistemi, sözsüz iletişim prensipleri, olay algılama, dikkatsel mekanizmaları ve bilişsel kaynakları üzerinde şekillenen bu

potansiyelin daha iyi anlaşılması ve pratiğe dökülmesi için yeni araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu potansiyeli değerlendirmek amacıyla, tezde oturan kullanıcıların, DBS'lere girdi olarak bilişsel değişimleriyle ilişkili istem dışı postürel tepkileri ve özel olarak baş hareketleri araştırılmıştır. Bu araştırma tezin üçüncü temel katkısını oluşturmaktadır.

Baş tepkisi ve hızı özet ölçütlerini kullanarak oturan kullanıcıların bilişsel değişimleriyle ilişkili olan istem dışı baş hareketleri deneysel olarak incelenmiştir. Sonuçlar baş tepkisi ve hızının görev bağlanmasından kaynaklanan anlamlı örüntüler sergilediğini göstermiştir. Bu sonuçlar baş tepkisini görev veya bilişsel bağlanmanın global (uzun vadeli, tonik) bir ölçütü olarak hizmet edebilir önermesini güçlendirirken, aynı zamanda baş hızını yeni ve global bir bilişsel bağlanma ölçütü olarak önermiştir.

Diğer taraftan değişen görev zorluğunun baş hareketlerine olan etkisi başlangıç beklentilerini kısmen karşılamıştır. Her ne kadar değişen görev zorluğuna belirli bir dereceye kadar tepki verseler de baş hızı ve daha belirgin bir şekilde baş tepkisi görev zorluğundaki küçük değişimlere karşı hassasiyet gösterememiştir.

Baş hareketlerinin bu şekilde görev zorluğuna veya bilişsel yüklemeye olan limitli hassasiyeti kullanılan görevden veya görev faktörlerinden kaynaklanıyor olabilir. Ergonomi çalışmaları görev faktörleri, özellikle de bir görevin görsel zorluğunun oturma postürünü etkilediğini göstermektedir (bkz. Bölüm 3.1). Bundan dolayı, baş hareketleri ve bilişsel yükleme arasındaki ilişkiyi daha iyi anlamak için farklı görevler ve deneysel prosedürlerle yeni araştırmalar gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Tezin son çıktısı olarak, deneklerle yapılan anket çalışması neticesinde, oturur halde gereçleştirilen değişik bilgisayar görevleri için alınan uzaklık derecelendirmelerinin analiz sonuçlarıdır. Bu sonuçlar bir görevin fiziksel ve bilişsel gereksinimleriyle bilgisayara uzaklık arasında doğru orantılı bir ilişkiyi işaret

etmiştir. Görev zorlaştıkça bilgisayara daha yakın durma eğilimi artmaktadır. İlginç bir gelecek çalışma olarak, bu sonuçların yapılacak bir deneyle araştırılması gerekmektedir.

5.2 Çıkarımlar ve İleri Çalışmalar

Kullanıcı dikkat ölçütleri DBS'ler için çok büyük öneme sahiptir ve ilgili literatür, insanların çoğu durumda odaklandıkları şeylere baktıklarından baş doğrultusu ve bakış yönünü kullanıcıların nesne ve insanlara dikkatinin iyi birer ölçütü olarak önermektedir [Vertegaal et al. 2006; Zhai 2003]. Buna karşın, insanların bir nesne veya kişiye bakması iyi görsel ilgi örnekleri teşkil etse de, bu bilişsel ilgi anlamına gelmemektedir [Vertegaal 2002]. Bilginin zihinsel olarak işlenip işlenmediğini anlamak için fazladan bilgi gerekmektedir. Baş veya gövde tarafından sergilenecek yönelme hareketleri (yaklaşma) ve artan durağanlığın bu bilgiyi sağlayabileceği ve bilişsel ilginin göstergeleri olarak hizmet edebileceği düşünülmektedir.

DBS'ler kullanıcılarla doğal ve sıkıntı verici olmayan bir iletişim amaçladığında, bu sistemler için kullanıcıların kesilebilirliğini veya iletişime açıklığını belirleme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır (bkz. Bölüm 2.3.3.1). Kesilebilirliğin; kullanıcıların zihinsel durumlarının diğer boyutlarının yanı sıra, bağlanması (in. engagement) ve iş yüküyle yakından alakalı bir kavram olduğu söylenebilir. Bundan dolayı, bir DBS kullanıcıların kesilebilirlik seviyelerini tespit etmek için de istem dışı postürel tepkiler kullanabilir. Örneğin, yüksek bağlanma ve iş yükü durumu kullanıcıyla iletişime geçmek için talihsiz bir zamanken, düşük bağlanma ve iş yükü anları kullanıcıyla iletişime geçmek için fırsat anları olarak değerlendirilebilir.

Bu çalışmadaki bilişsel bağlanma ve iş yükünü yansıtan baş hareket davranışları *dikkatli* ve daha doğal somutlaşmış veya sanal etmenler (ing. agents) ve robotlar tasarlamak için kullanılabilir. Etmenler ve robotlar da, müzelerden laboratuvarlara çeşitli alanlarda, kullanıcılarla rahatsızlık vermeden iletişim kurmaya ihtiyaç duymaktadır. Öyle ki, insanlarla bir makineden daha çok bir insan gibi iletişim kurmaları gerektiğinden, bir etmen veya robotun, kullanıcı tarafından bir iş

arkadaşı veya yardımcı (asistan) olarak kabullenilmesi verimli iletişim veya etkileşim için oldukça önemlidir [Morency et al. 2007; Yamaoka et al. 2009]. Dolayısıyla bu sistemler, kullanıcıyla iletişimlerini dikkatli bir şekilde düzenlemenin yanı sıra, iletişimlerinde (konuşmalarında) insanlar gibi davranmaya ihtiyaç duymaktadır. Bu tezin ve benzeri diğer çalışmaların sonuçları, sunulan açık insan davranışlarını taklit ederek kullanıcılarla insan benzeri (daha doğal) bir etkileşim gerçekleştirmeleri için bu sistemlere gerekli bilgiyi sağlayabilme potansiyeline sahiptir.

Kullanıcıların bilişsel bağlanması veya iş yükünün seviyesi İBE ile ilgi pek çok araştırma ve uygulama alanına değişik yollar sağlamaktadır. Bunlar, oyun araştırmaları, eğitim ve hayati sistemler gibi, değişik amaçlarla kullanıcı performansını eniyilemeye çalışan alanlar olarak tanımlanabilir.

Özellikle kullanıcıların bilişsel bağlanması performansı doğrudan etkilemektedir ve aynı zamanda zihinsel iş yükünün, sıkılmanın ve yorgunluğun bir göstergesidir. Bu durum insanların aşırı görev zorluğu, görevin monoton olması ve görsel yorgunluktan dolayı bağlanmalarını düşürme eğiliminde olmaları gerçeğinden ileri gelmektedir [Fairclough et al. 2009; Matthews et al. 2002]. Her durumda, düşük bir bağlanma hem kullanıcının hem de sistemin performansını kötü etkileyecek ve giderek sistemden hem kullanıcı hem de satıcı için amaçlanan faydanın elde edilmesini engelleyecektir.

Örneğin oyun araştırmalarında kullanıcıların bilişsel bağlanmasının belirlenmesi, belirgin bir şekilde oyun ve eğlence tecrübesini artırabilmektedir [Dirican and Göktürk 2011]. Oyun zorluğunun kullanıcının ölçülen bağlanması ve iş yüküne göre ayarlanarak oyunlar, kullanıcının oyunla olan bağlanmasını yüksek tutacak ve böylece oyundan daha çok zevk alınmasını sağlayacak biçimde tasarlanabilir.

Öğrenci bağlanmasıysa, öğrenci başarısını büyük ölçüde etkilemesi ve eğitmenlere veya eğitmen sistemlere gerekli yönlendirmelerin yerini ve zamanını belirlemek için fırsatlar sunması sebebiyle, eğitimde yüksek bir öneme sahiptir [Appleton et al. 2006]. Örneğin, bir öğretici eğitim sistemi öğrenci bağlanmasını

aktif olarak izleyebilirse, bu bilgi öğrencinin derse olan bağlanmasının düştüğü anları tespit etmek için kullanılabilir. Böylece öğrencinin dikkatini derse yönlendirecek ve öğrenciyi tekrar derse bağlayacak önlemler alınabilir.

Hava trafiği gözlemleme, taşıt kullanma, askeri sistem kontrolü, vb. hayati sistemlerinde çalışan operatörlerin bağlanması ise öne çıkan diğer bir çalışma alanıdır. Bunun sebebi bu sistemlerde operatör performansının belirli bir seviyenin üzerinde tutulmasının son derece önemli olmasından kaynaklanmaktadır. Çünkü bozulmuş bir performans büyük mali ve hayati kayıplara sebep olabilir [Balaban et al. 2004]. Bilişsel bağlanmayı izleyerek ve gerekli müdahalelerde bulunmak suretiyle bağlanmayı uygun bir seviyenin üstünde tutarak, hem operatörün hem de sistemin performansı asıl bozulmalar başlamadan önce kurtarılabilir. Örneğin operatör bağlanma seviyesinde bir risk tespit edildiğinde, operatör uyarılabilir veya artan riske göre görevden tamamen el çektirilmesi için operasyon yöneticileri haberdar edilebilir.

Kullanıcı dikkati ve bilişsel durumunu çok değerli bir bilgidir ve dolayısıyla bu tezin sonuçları İBE kapsamında daha pek çok alana veya probleme uygulanabilir. Az çalışılmış bir konu olarak ortaya koyulan postürel tepkiler tek başlarına kullanılabileceği gibi bu ölçütler; bakış yönü takibi ve psikofiziksel ölçütler gibi, diğer dikkat ve bilişsel durum tespit yöntemleriyle bir arada kullanılmaya da uygundur.

Diğer taraftan postürel tepkilerin bazı sorunlu yanları da muhtemeldir. Özellikle titreşimli ve hareketli ortamlarda veya kullanıcının çok yoğun fiziksel aktivite içinde olduğu durumlarda postürün takibi zorlaşabilir veya postürün ve dolayısıyla yapılacak çıkarımların bundan nasıl etkileneceğinin hesaba katılması gerekmektedir. Kullanıcı yine rahatlamak için veya olası sağlık problemlerinden dolayı postürel farklılıklar gösterebilir. Bu durumların olası kötü etkilerinin (belki olası avantajlarının) belirlenmesi ve bunlara karşın gerek algoritmik gereksek teknik önlemlerin geliştirilmesi araştırılması gereken diğer bir konudur.

Tezde verilen bilgiler ışığında postür, çok boyutlu doğası ve bu güne kadar ulaşılan sonuçlarla umut verici bir dikkat ve bilişsel durum tespit ölçütü olarak ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, yukarıda verilen dezavantajlar hesaba katılarak konunun genişletilmesine ve üzerinde yeni araştırmalar yapılmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Örneğin üst ekstremitelerin, yani omuz, kollar ve ellerin, konum ve hareketleriyle ilgili çalışmalara ihtiyaç vardır. Özellikle insanların el konumları, yaptıkları işin ve dikkatlerinin önemli bir göstergesi olarak kullanılabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra yine omuzların hareketlerindeki değişimlerin kullanıcı değerlendirmeye katkısının ne olabileceğinin araştırılması gerekmektedir. Öyle ki oturak-dip tepkisi gövdeye alttan (kaba-etlerden) bakarken, oturak-sırt tepkisi de sırttan referans almaktadır (bkz. Şekil 3.2). İlginç bir şekilde omuzlar gövde üstten bir bakış sunmaktadır ve hem dip hem de sırt tepkisiyle bir kısım anlamlı ilişkiler gösterebilir. Dolayısıyla omuz hareketlerindeki değişimler bir bilişsel durum ölçütü olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

1. Abe, K. and Makikawa, M. (2009) Spatial setting of visual attention and its appearance in head-movement, In World congress on medical physics and biomedical engineering, September 7–12, Munich, Germany.

2. Akakın, H. C. and Sankur, B. (2011). Robust classification of face and head gestures in video, Image and Vision Computing, 7(29), 470–483.

3. Albayrak, A.S. (2005), SPSS Uygulamalı Çok Değişkenli İstatistik Teknikleri, Editör: Şeref Kalaycı, Asil Yayın Dağıtım, Ankara

4. Alghanim, M. (2009) The influence of concurrent cognitive and motor tasks on postural sway in adults. Phd thesis, Seton Hall University, USA, 2009.

5. Appleton, J. J., Christenson, S. L., Kim, D. and Reschly, A. L. (2006). Measuring cognitive and psychological engagement: Validation of the Student Engagement Instrument. Journal of School Psychology, 5(44), 427–445.

6. Bahr, G. S., Balaban, C. D., Milanova, M. and Choe, H. (2007). Nonverbally smart user interfaces: postural and facial expression data in human computer interaction, Proceedings of the 4th international conference on universal access in human-computer interaction: ambient interaction (UAHCI'07) , pp. 40–749, Heidelberg: Springer-Verlag, Berlin.

7. Bailey, B. P. and Konstan, J. A. (2006). On the need for attention-aware systems: Measuring effects of interruption on task performanc error rate and affective state, Computers in Human Behavior, 22(4), 685–708.

8. Balaban, C. D., Cohn, J. V., Redfern, M. S., Prinkey, J., Stripling, R. and Hoffer, M. (2004). Postural control as a probe for cognitive state: Exploiting human information processing to enhance performance, International Journal of Human-Computer Interaction, 17, 275–286.

9. Balaban, C. D., Prinkey, J., Frank, G. and Redfern, M. (2005). Postural measurements seated subjects as gauges of cognitive engagement, In D. Schmorrow (Ed.), Foundations of Augmented Cognition Mahwah (pp. 321–328). NJ: Laurence Erlbaum Associates Publishers.

10. Bolt, R. A. (1981). Gaze-Orchestrated Dynamic Windows, Computer Graphics, Vol. 15, No. 3, pp. 109-119

11. Baudish, P., DeCarlo, D., Duchowski, A, T. and Geiser, W., S. (2003). Focusing on the Essential: Considering Attention in Display Design, Communications of ACM, Vol. 46, No. 3, pp. 60-66, 2003

12. Boulay, B. (2007). Human posture recognition for behavior understanding. PHD thesis, Unversity of Denice-Shaphia Antipolis, January.

13. Chen, D. and Vertegaal R. (2004). Using Mental Load for Managing Interruptions in Physiologically Attentive User Interfaces, Proceedings of the ACM CHI'04, pp. 1513-1516, 2004

14. Cucchiara, R., Grana, C., Prati, A. and Vezzani, R. (2005). Probabilistic posture classification for human-behavior analysis. IEEE Transactions on Man and Cybernetics, Part A: Systems and Humans, 1(35), 42–54.

15. Dantzich, M., Robbins, D., Horvitz, E. and Czerwinski, M. (2002). Scope: Providing awareness of multiple notifications at a glance, In Proceedings of Advanced Visual Interfaces, 2002

16. Deutch, F. (1947). Analysis of postural behavior, Psychoanalytic Quarterly, 16, 195–213.

17. Dirican, A. C., and Göktürk, M. (2009). Attentive computing, In Human Computer Interaction (1st ed.). Tech Education and Publishing (ISBN: 978-953-7619-16-8, 2009).

18. Dirican, A. C. and Göktürk, M. (2011). Psychophysiological measures of human cognitive states applied in human computer interaction, Procedia Computer Science, 3, 1361–1367.

19. El Kaliouby, R. and Robinson, P. (2004). Mind reading machines: Automated inference of cognitive mental states from video, systems, man and cybernetics. IEEE International Conference, 1(2004), 682–688.

20. Fairclough, S. H., Ewing, K. C. and Roberts, J. (2009). Measuring task engagement as an input to physiological computing, In Affective Brain-Computer Interfaces (aBCI) workshop as part of international conference on affective computing & intelligent interaction. Amsterdam.

21. Field, A. (2005). Discovering Statistics Using SPSS, Second Edition, SAGE Publication, London

22. Fogarty, J., Hudson, S., Atkeson, C., Avrahami, D., Forlizzi, J., Kiesler, S., Lee, J., and Yang, J. (2005). Predicting Human Interruptibility with Sensors", ACM Transactions on Computer Human Interaction, March 2005

23. Fono D., and Vertegaal R. (2005). EyeWindows: Evaluation of eye-controlled zooming windows for focus selection, In Proceedings of CHI 2005, 2005

24. Frank, R.G. (2006). Monitoring seated postural response to asses cognitive state. Master thesis, University of Pittsburgh, USA.

25. Freedman, E. G. (2008). Coordination of the eyes and head during visual orienting, Experimental Brain Research, 190, 369–387.

26. Gibbs, W. (2005). Considerate computing, Scientific American, January 2005, pp. 54-61

27. Haritaoglu, I; Cozzi, A., Koons, D., Flickner, M., Zotkin, D., Duraiswami, R. and Yacoob, Y.(2001), Attentive Toys, IEEE International Conference on Multimedia and Expo, pp. 917-920, August 2001

28. Horvitz, E., Jacobs, A. and Hovel, D. (1999), Attention-sensitive alerting, In Proceedings of UAI'99, pp. 305–13, 1999, Stockholm

29. Horvitz, E., Kadie, C,, Paek, T. and Hovel, D. (2003). Models of attention in computing and communication: from principles to applications, Communications of ACM, Vol. 46, No. 3, pp. 52-59, 2003

30. Hsiao, H. and Keyserling, M. (1991). Evaluating postural behavior during seated tasks. International Journal of Industrial Ergonomics, 8, 313–334.

31. Kalyuga, S. (2009). Human Cognitive Processes, Book Chapter, Managing Cognitive Load in Adaptive Multimedia Learning, IGI Global

32. Kumar, M.; Paepcke, A. and Winogard, T. (2007). eyePoint: Practical Pointing and Selection Using Gaze and Keyboard, In Proceedings of CHI 2007, San Jose, April 2007, California

33. Lance, B. and Marsella, S. C. (2007). Emotionally expressive head and body movement during gaze shifts, In Proceedings of the 7th international conference on intelligent virtual agents (IVA '07) (pp. 72–85). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

34. Lee, G. C., Loo, C. K. and Chockalingam, L. (2012). An integrated approach for head gesture based interface, Applied Soft Computing, 3(12), 1101–1114.

35. Li, G. and Haslegrave, C. M. (1999). Seated work postures for manual and combined visual tasks, Ergonomics, 8(42), 1060–1086.

36. Loke, L., Larssen, A. T., Robertson, T. and Edwards, J. (2007). Understanding movement for interaction design: Frameworks and approaches, Personal and Ubiquitous Computing, 8(11), 691–701.

37. Maglio, P.; Matlock, T., Campell, C. S., Zai S. and Smith, B. (2000). Gaze and Speech in Attentive User Interfaces, Lecture Notes in Computer Science, 2000, Vol. 1948, pp. 1–7

38. Maglio, P. P., Campbell, C. S., Barrett, R. and Selker, T. (2001), An architecture for developing attentive information systems, Knowledge-Based Systems, Vol. 14, 2001, pp. 103-110

39. Maglio, P.P. and Campell, C. S. (2003). Attentive Agents, Communications of ACM, 2003, Vol. 46, No. 3, pp. 47–51

40. Magnusson, M. L., and Pope, M. H. (1998). A review of the biomechanics and epidemiology of working postures (It isn't always vibration which is to blame!), Journal of Sound and Vibration, 4(215), 965–976.

41. Matthews, G., Campbell, S. E., Falconer, S., Joyner, L., Lucy, A., Huggins, J., et al. (2002). Fundamental dimensions of subjective state in performance settings: Task engagement, distress, and worry. Emotion, 2(4), 315–340.

42. McCrickard, D. S. and Chewar, C. M. (2003). Attuning notification design to user goals and attention cost, Special Issue on Attentive User Interfaces, Communications of ACM, 3(46), 67–72.

43. McFarlane, D., C. (1999). Coordinating the Interruption of People in Human-Computer Interaction, INTERACT'99, 1999, pp. 295-303

44. Metz, B., and Krueger, H. P. (2010). Measuring visual distraction in driving: The potential of head movement analysis, IET Intelligent Transport Systems, 4(4), 289–297.

45. Morency, L. P., Sidner, C., Lee, C., and Darrell, T. (2007). Head gestures for perceptual interfaces: The role of context in improving recognition, Artificial Intelligence, 171, 568–585.

46. Mota, S. and Picard, R. (2003). Automated posture analysis for detecting learner's interest level, Workshop on computer vision and pattern recognition for human-computer interaction. CVPR HCI.

47. Mutlu, B., Krause, A., Forlizzi, J., Guestrin, C. and Hodgins, J. (2007) Robust, low-cost, non-intrusive sensing and recognition of seated postures, In Proceedings of the 20th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST '07) (pp. 149–158). New York, NY, USA.

48. Nielsen, J. (1993). Non-command User Interfaces, Communications of the ACM, 1993, Vol. 36, No. 4, pp. 82–99

49. Paterson, H. M., Pollick, F. E. and Sanford, A. J. (2001). The role of velocity in affect discrimination. In Proceedings of the twenty-third annual conference of the cognitive science society (pp. 756–761).

50. Pickard, R. W. (1998). Affective Computing, MIT Press, ISBN-10: 0262661152

51. Peterka, R. J. (2002). Sensorimotor integration in human postural control, Journal of Neurophysiology, 3(88), 1097–1118.

52. Petrou, M. and Bosdogianni, P. (1999). Image processing: the fundamentals. John Wiley and Sons Ltd..

53. Roda, C. and Thomas, J. (2006). Attention aware systems: Theories, applications, and research agenda. Computers in Human Behavior, 4(22), 557–587.

54. Rowe, D. W., Sibert, J. and Irwin, D. (1998) Heart rate variability: Indicator of user state as an aid to human-computer interaction, In Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems (pp. 480-487). April 18-23, Los Angeles, California, United States.

55. Schmid, M., Conforto, S., Lopez, L. and D'Alessio, T. (2007). Cognitive load affects postural control in children, Experimental Brain Research, 179(3), 375–385.

56. Schrammel, J., Paletta, L. and Tscheligi, M. (2010). Exploring the possibilities of body motion data for human computer interaction research, In Proceedings of the 6th international conference on HCI in work and learning, life and leisure: workgroup human-computer interaction and usability engineering (USAB'10) (pp. 305–317). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.

57. Selker, T. and Burlesson, W. (2000). Context-aware design and interaction in computer Systems, IBM Systems journal, Vol. 39 , Issue 3-4 pp. 880 - 891, July, 2000,

58. Selker, T. (2004). Visual Attentive Interfaces, BT Technology journal, Vol. 22, No. 4, 2004

59. Shell, J. S. (2002). Taking Control of the Panopticon: Privacy Considerations in the Design of Attentive User Interfaces, CSCW 2002 Conference on Computer Supported Collaborative Work, 2002, New Orleans

60. Shell, J. S., Vertegaal R. and Skaburskis, A. (2003a). EyePliances: Attention-Seeking Devices that Respond to Visual Attention, In Extended Abstracts of ACM CHI 2003 Conference on Human Factors in Computing Systems, 2003

61. Shell, J. S., Selker, T. and Vertegaal R. (2003b). Interacting with Group of Computers, Communications of ACM, Vol. 46, No. 3, pp. 40-46 , 2003

62. Shneiderman, B. (1993). Designing the Interface, 3rd Edition, Addisson Wesley, 1993

63. Vertegaal, R. (1999). The GAZE groupware system: Mediating joint attention in multiparty communication and collaboration, In Proceedings of CHI'99, 1999, Pittsburg

64. Vertegaal R.; Dickie, C., Sohn, C. and Flickner, M. (2002). Designing attentive cell phone using wearable eyecontact sensors, In Extended Abstracts of CHI'02, 2002, pp. 646-647

65. Vertegaal, R. (2002). Designing attentive interfaces, In Proceedings of ACM ETRA symposium on eye tracking research and applications. New Orleans: ACM Press.

66. Vertegaal, R. (2003). Introduction, Special Issue on Attentive User Interfaces, Communications of ACM., 3(46), 67–72.

67. Vertegaal R., Shell, J. S., Chen, D. and Mamuji, A. (2006). Designing for augmented attention: Towards a framework for attentive user interfaces. Computers in Human Behavior, 4(22), 771–789.

68. Vette, A. H., Masani, K., Sin, V. and Popovic, M. R. (2010). Posturographic measures in healthy young adults during quiet sitting in comparison with quiet standing. Medical Engineering & Physics, 32, 32–38.

69. Vieira, E. R. and Kumar, S. (2004). Working postures: A literature review. Journal of Occupational Rehabilitation, 2(14).

70. Wood, S., Cox, R. and Cheng, P. (2006). Attention design: Eight issues to consider, Computers in Human Behavior, 4(22), 588–602.

71. Woollacott, M. and Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait: A review of an emerging area of research. Gait and Posture, 12, 1–14.

72. Yamaoka, F, Kanda, T, Ishiguro, H. and Hagita, N. (2009) Developing a model of robot behavior to identify and appropriately respond to implicit attention-shifting. In Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction.

73. Young, M. S., and Stanton, N. A. (2004). Mental workload, handbook of human factors and ergonomics methods. CRC Press.

74. Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. Scientific American, pp. 94-100, 1991, September

75. Zacks, J. M., Kumar, S., Abrams, R. A. and Mehta, R. (2009). Using movement and intentions to understand human activity. Cognition, 2(112), 201–216.

76. Zhai, S. (2003). What's in the eyes for attentive input. Special Issue on Attentive User Interfaces, Communications of ACM, 3(46), 34–39.

77. Zhai , S., Morimoto, C. and Ihde, S. (1999). Manual and gaze input cascaded (MAGIC) pointing, In Proceedings of CHI'99, pp. 246-253, 1999

EKLER

EK 1: İnsan ve Dikkat

[Shneiderman 1998]'a göre bilgisayarın gerçek gücünü ortaya çıkartmak, teknolojiyi anlamakla birlikte insan yetenek ve ihtiyaçlarına karşı hassas olmaktan geçmektedir. Bundan dolayı, kullanılabilir bilgisayarlar veya bilişim sistemleri tasarlamak için; insan yeteneklerinin (limitleri ve kapasitelerinin), bunların altlarında yatan mekanizmaların, kötüye kullanılmalarının getireceği maliyetlerle ve desteklenmelerinin sağlayacağı kazanımların iyice anlaşılmasının hayati öneme sahip olduğu söylenebilir.

İnsanlar makine değildir. Yorulurlar ve kolayca unuturlar. Genel olarak bilişim sistemlerine kıyasla çok yavaştırlar. Matematiksel hesaplama ve sıralama gibi tekrarlı işlerde, özellikle görevler çok fazla ve ardışık olduğunda, iyi değildirler. Buna karşın bilgisayarlardan ve hatta diğer canlılardan zekâları ve düşünme, öğrenme, problem çözme, karar verme ve hatırlama gibi bilişsel veya zihinsel yetenekleriyle ayrılırlar.

Bu hayati yetenekler insanların bilgiyi almalarını, depolamalarını ve işlemelerini sağlayan bilişsel mekanizmalarına dayanmaktadır. Algılayıcı organlar vasıtasıyla dış dünyadan gelen bilginin miktarı çoğu zaman insanların işleyebileceklerinden fazladır. Neyse ki insanlar, dikkatsel mekanizmalar denen, gelen algılayıcı bilgisini filtre etmelerini ve seçmelerini mümkün kılan bilişsel mekanizmalar sahiptir. Bu mekanizmalar veya insan dikkati, gelen bilgi içerisinden ilgi duyulanı seçmeyi, ilgi duyulmayanı ise dışarıda bırakmayı sağlamaktadır [Roda and Thomas 2006]. Daha sonra, seçilen bilgi insanın çalışan hafızasına taşınır ve gelişmiş bilişsel veya zihinsel yetenekleri gerçekleştirmek için kullanılabilir hale gelir [Kalyuga 2009]. Diğer bir deyişle, bu yeteneklerin insan dikkatsel mekanizmalarının sağlığına bağlı olduğu söylenebilir.

İnsan dikkatinin altında yatan mekanizmaların yapısı ve işleyişi tartışmalı bir konudur. Bilimsel olarak cevaplanması gereken pek çok soru bulunmaktadır. Bunlardan bazıları şunlardır:

- Filtreleme ve seçme biliş odaklımı (ing. cognition-driven) yoksa girdi odaklımıdır (ing. input diriven) ?
- Bunlar algılama esnasında mı yoksa biliş esnasında mı gerçekleşir?
- Dikkat dağıtıcılar (ing. distractors) dikkati nasıl etkiler?
- İnsanlar aynı anda pek çok şeye dikkat edebilirler mi?

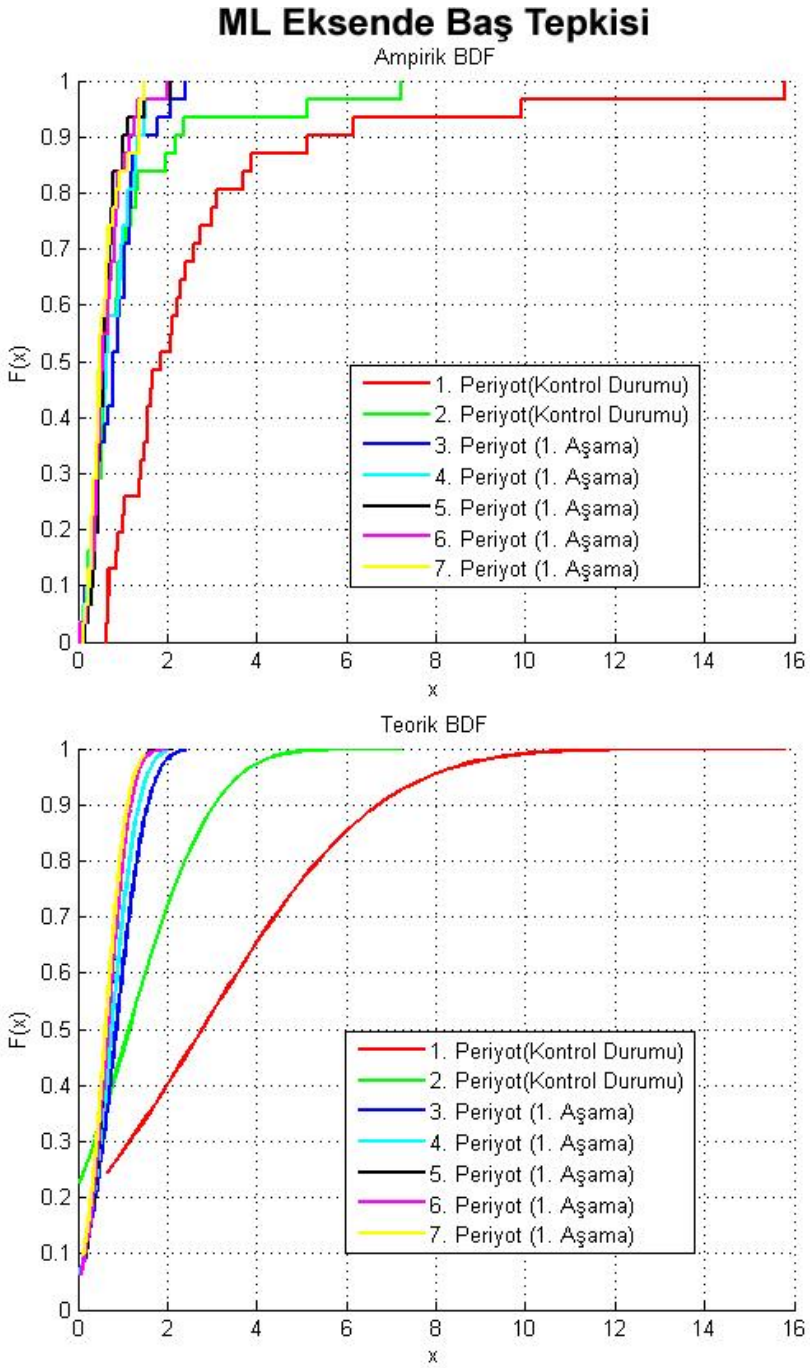
Bunlar ve benzeri soruları cevaplamak için literatürde önerilmiş pek çok model ve teori bulunmaktadır. Tüm bu teori ve modellerin tartışılması bu çalışmanın ötesinde bir konudur. İlgli okuyucu bu model ve teoriler hakkında kapsamlı bir incelemeyi [Roda and Thomas 2006]'da bulabilir. Bu bölümde okuyucuya bu teori ve modeller hakkında giriş seviyesinde bilgi sunulması amaçlanmaktadır.

Treisman'nın Özellik Bütünleştirme Teorisi'ne (ing. Feature Integration Theory) göre filtreleme ve seçme hem girdi hem de biliş güdümlü olarak gerçekleşmektedir [Roda and Thomas 2006]. Bu bilginin beyne girmeden önce bir *ön dikkat* aşamasında algılama esnasında ve daha sonra beyne girdikten sonra bir *dikkatli aşamada* biliş esnasında filtrelendiği anlamına gelmektedir. Bu sebepledir ki göz takibi tek başına bilişsel ilginin ölçülmesi için yetersiz kalmaktadır. İnsanlar bir şeye baktıklarında, bu fiziksel gözlemlemenin iyi bir göstergesidir fakat bilginin zihinsel olarak işlenip işlenmediği açık değildir [Vertegaal 2002].

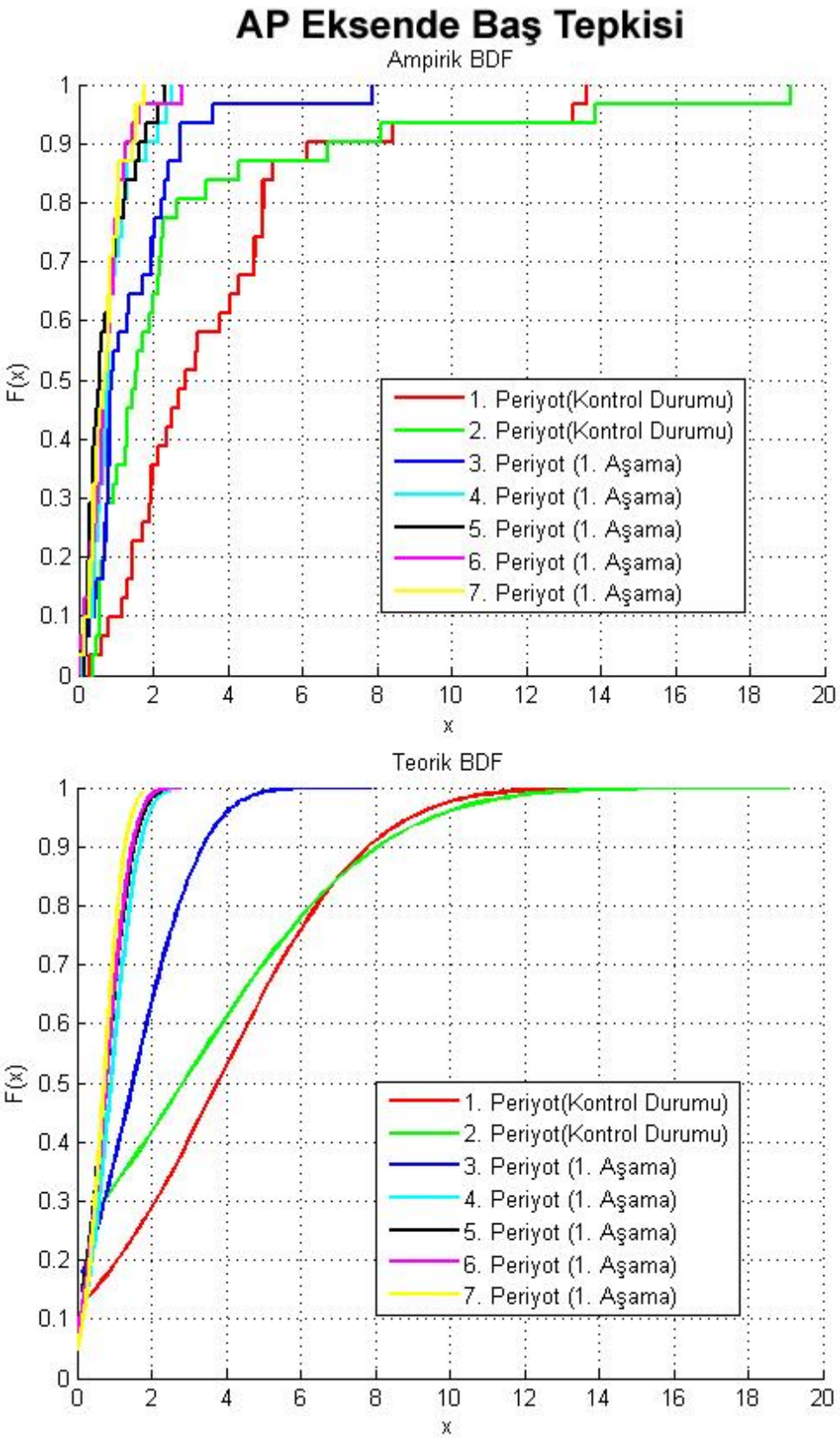
İnsanlar aynı anda sadece bir şeye dikkat edip odaklanabilmektedir. Kullanıcı bir şeye dikkatini yoğunlaştırdığında, tek dikkatsel kanalı kullanmaya çalışan diğer bir uyaran kullanıcının dikkatinin dağılmasına yol açabilmektedir. Modern dikkat teorisine göre, ilgi duyulmayan bilgi, ancak öncelikli ilgi duyulan bilgi ulaşılabilir tüm kapasiteyi tüketirse işlemeden ayrık tutulacaktır [Roda and Thomas 2006]. Aksi halde, dikkat dağıtıcı bilgiler de işlenecektir. Buna göre seçmenin konumu gelen uyaranın yüklemesine veya hacmine bağlıdır.

EK 2: Baş Tepkisi ve Hızı Birikimli Dağılım Fonksiyonu Grafikleri

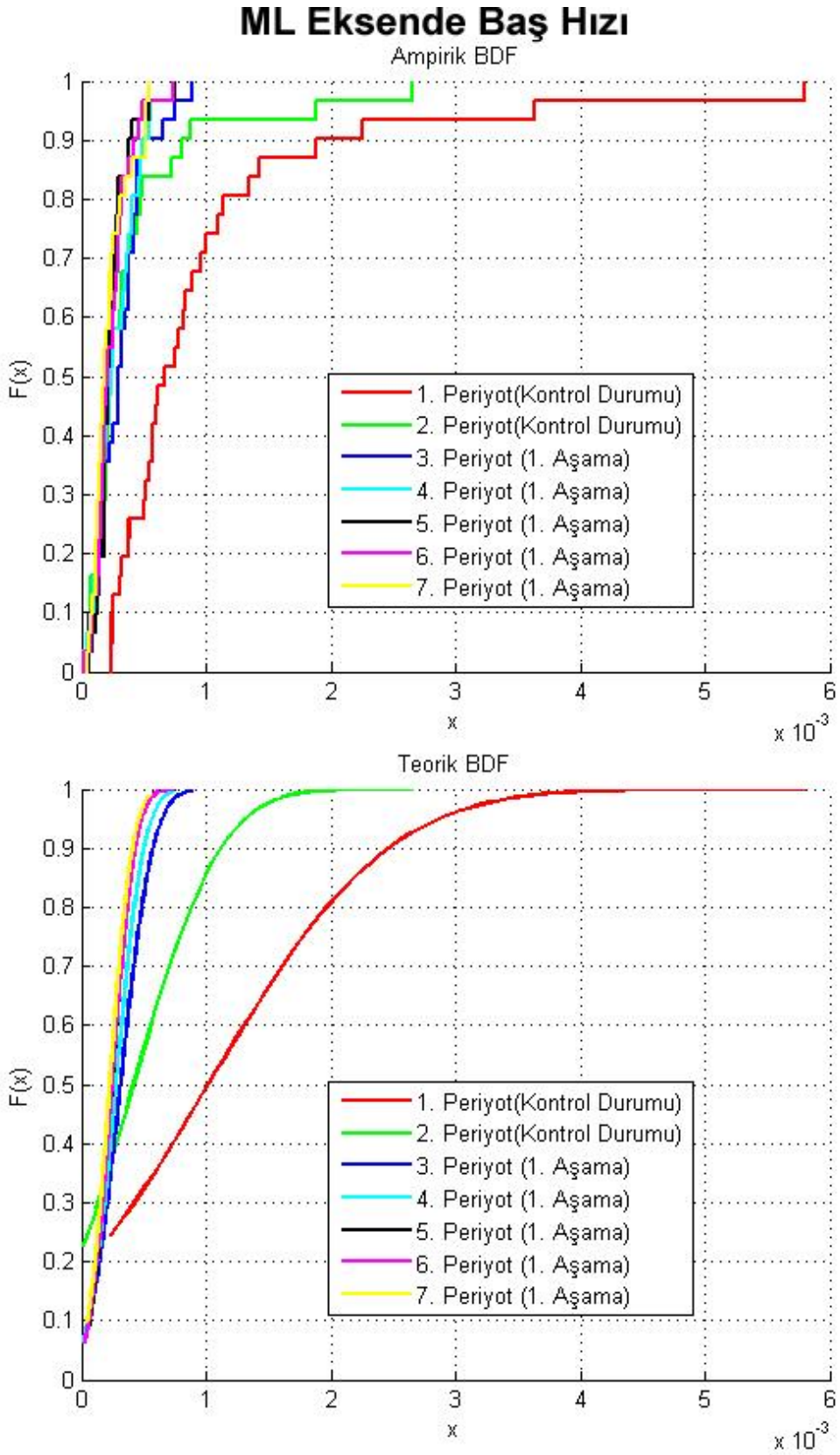
1 Görev Bağlanması Analizi



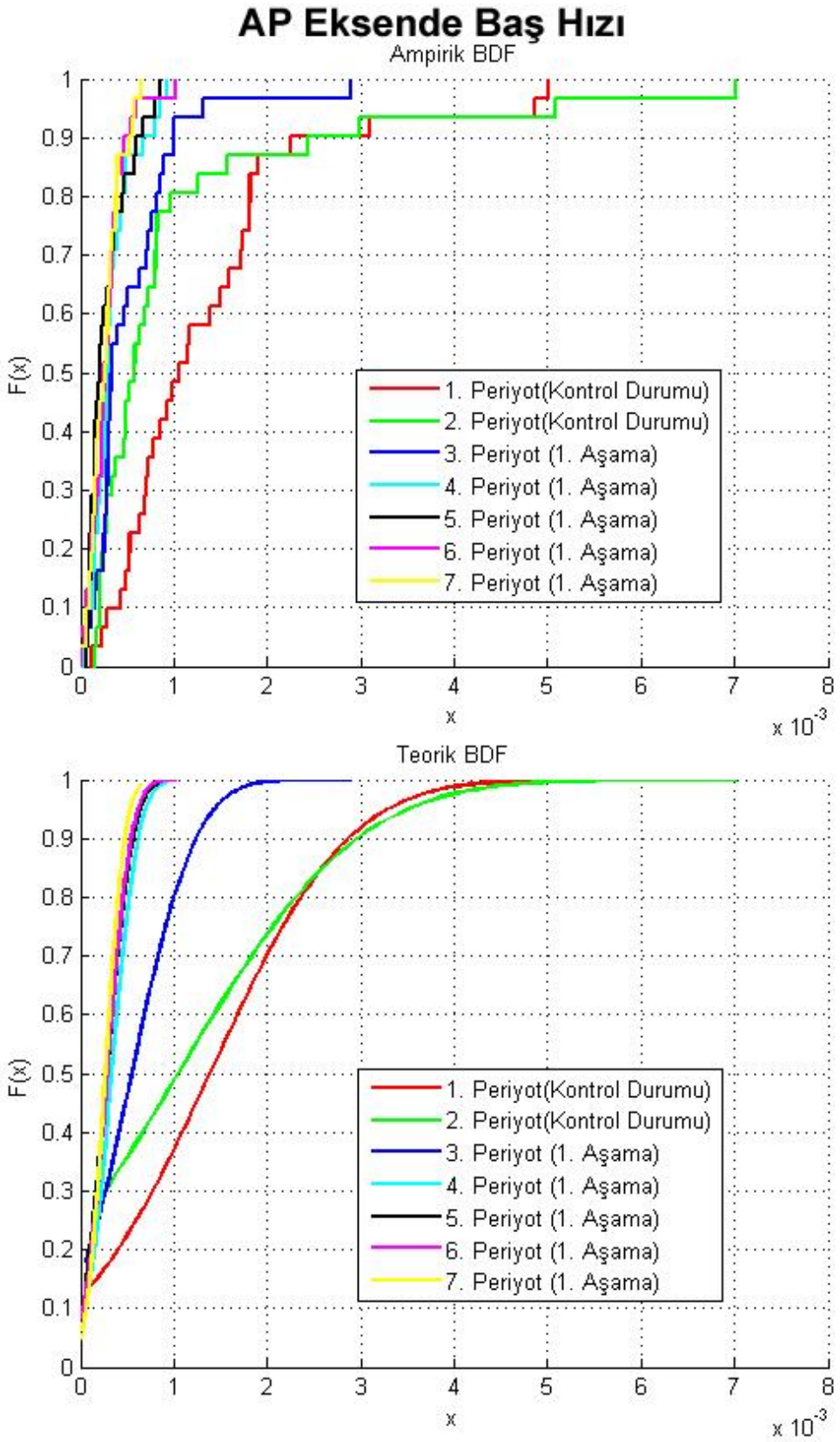
Şekil 1. ML eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında (ilk 25 saniyesi) 5 saniyelik periyotlar için baş tepkisi BDF grafikleri.



Şekil 2. AP eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında (ilk 25 saniyesi) 5 saniyelik periyotlar için baş tepkisi BDF grafikleri.

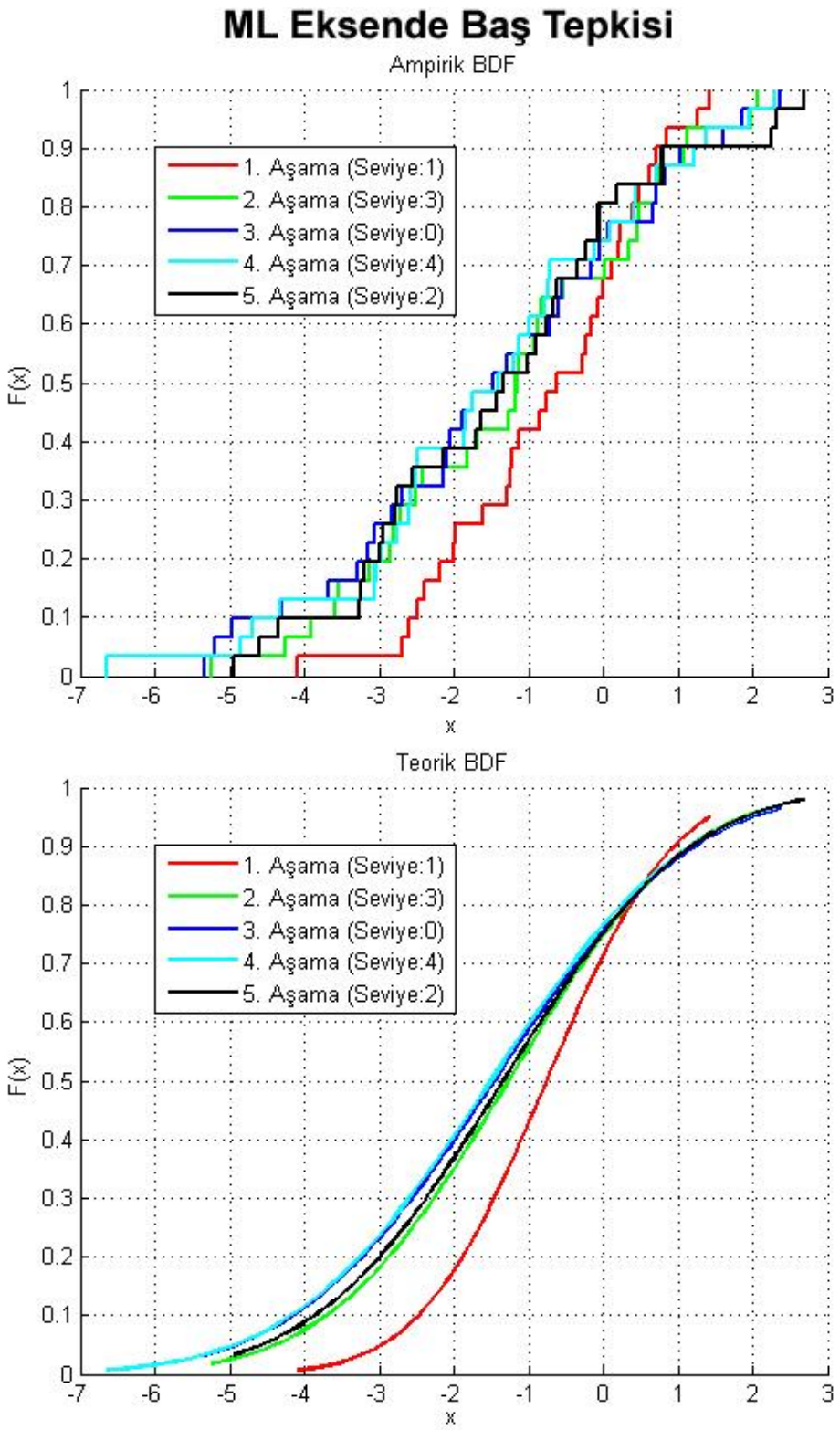


Şekil 3. ML eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında (ilk 25 saniyesi) 5 saniyelik periyotlar için baş hızı BDF grafikleri.

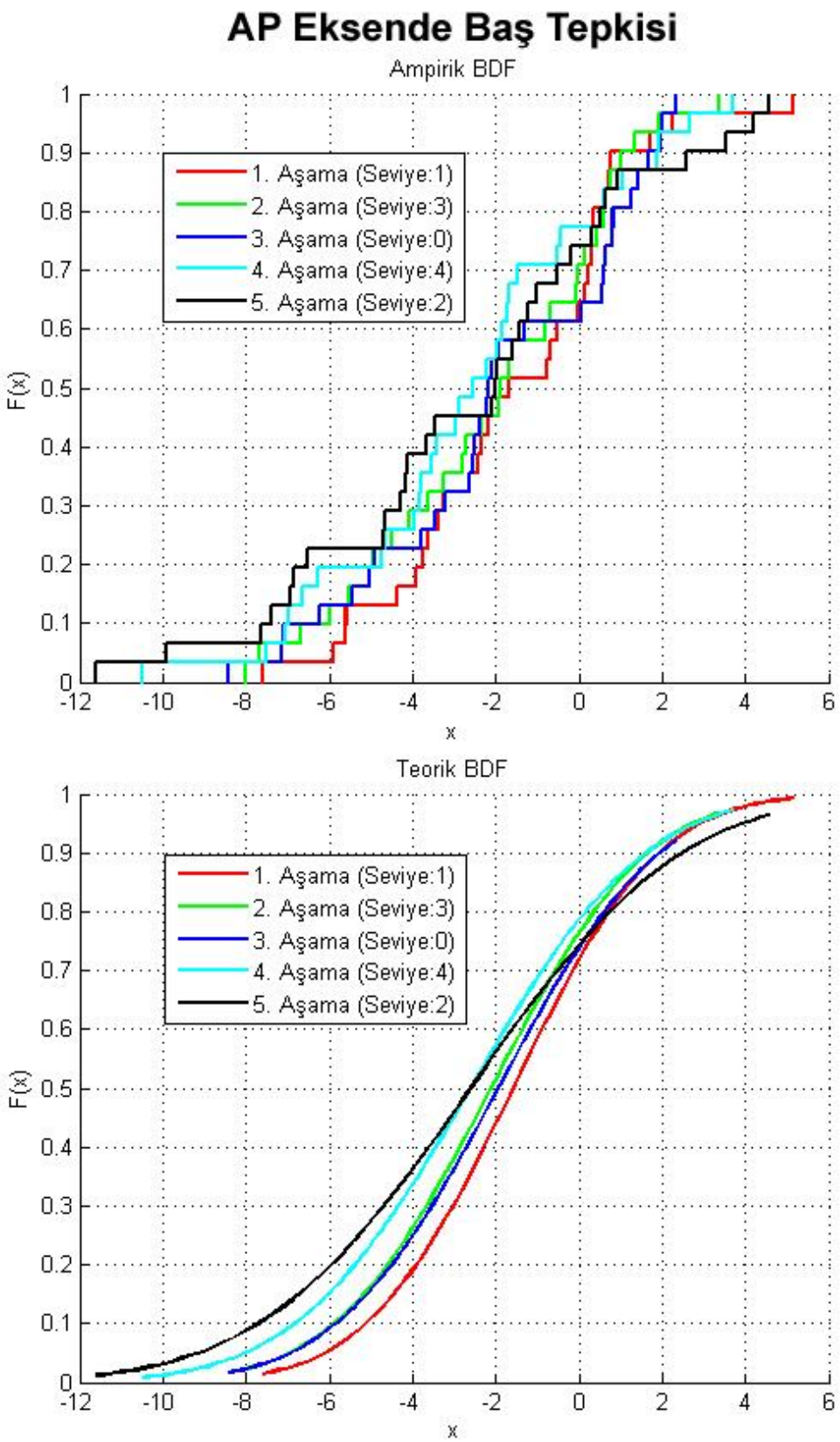


Şekil 4. AP eksende kontrol durumu ve görevin 1. aşamasında (ilk 25 saniyesi) 5 saniyelik periyotlar için baş hızı BDF grafikleri.

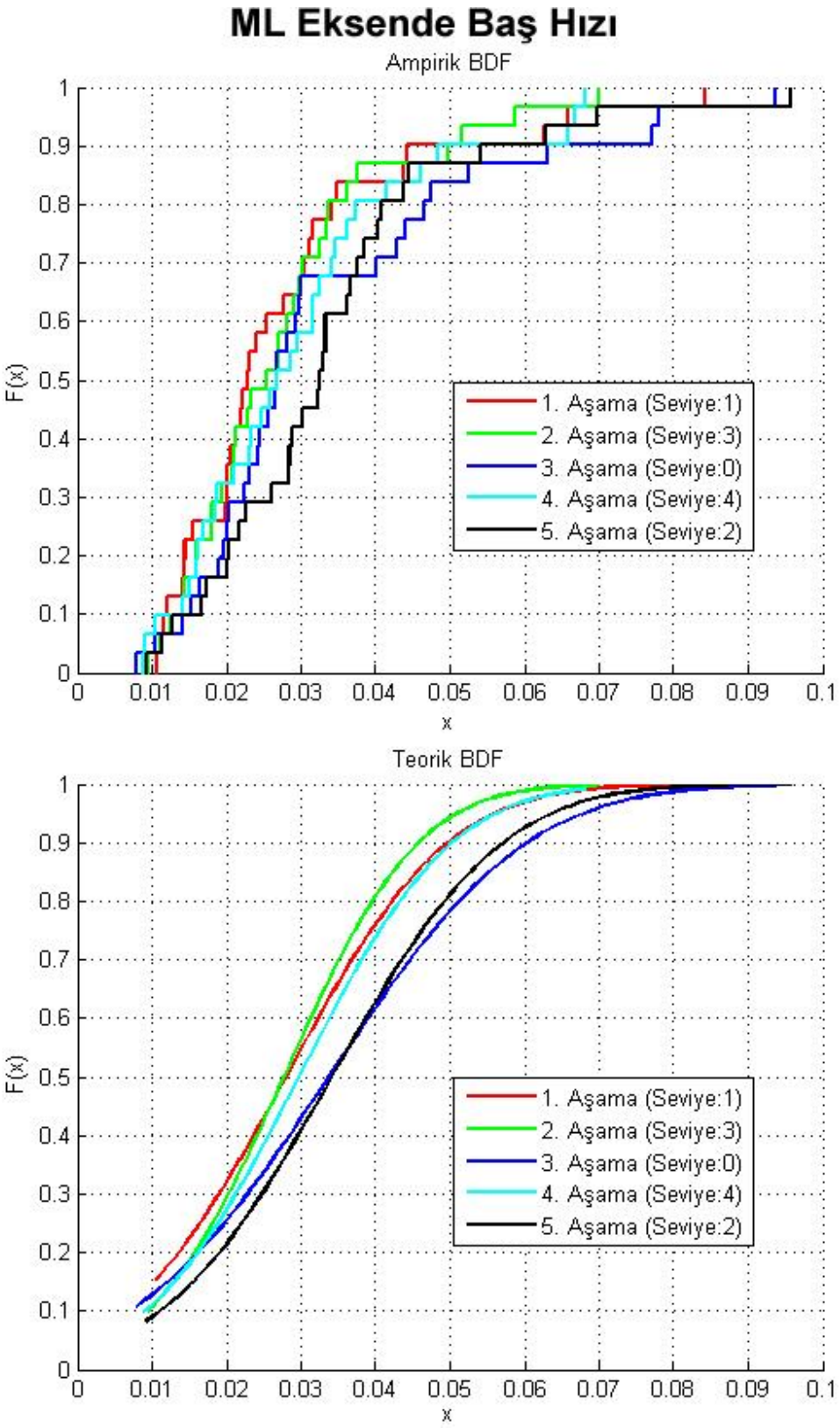
2 Görev Zorluğu Analizi



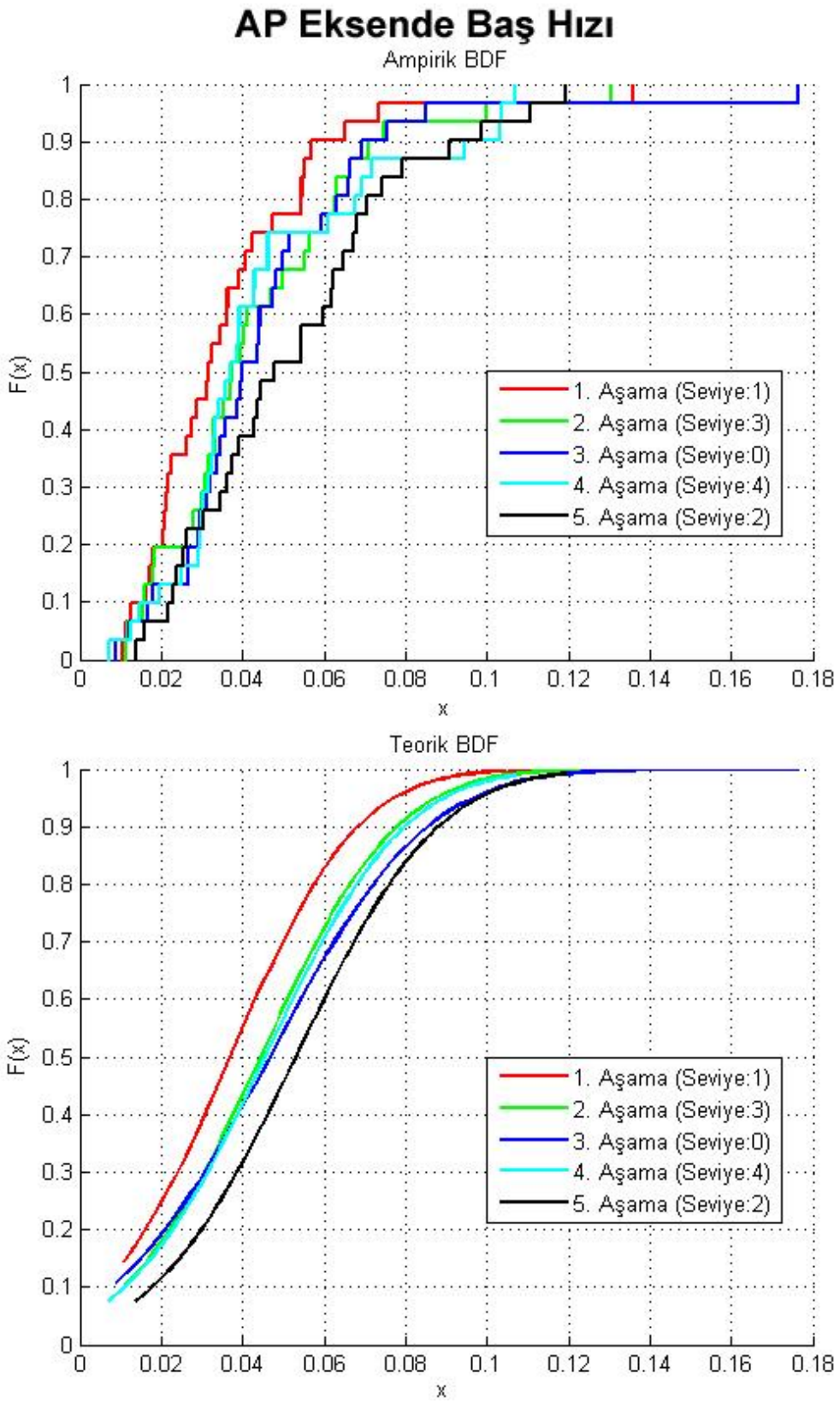
Şekil 5. ML eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için baş tepkisi BDF grafikleri.



Şekil 6. AP eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için baş tepkisi BDF grafikleri.



Şekil 7. ML eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için baş hızı BDF grafikleri.



Şekil 8. AP eksende ardışık görev aşamaları ve değişen görev zorluk seviyeleri için baş hızı BDF grafikleri.

EK 3: Rıza Formu

Deney Kişisel Bilgi ve Rıza Formu

Kişisel Bilgiler

Tarih/Gün/Saat:	...../...../2011 / ..... /.....:.....
İsim:	
Yaş/Cinsiyet:	..... / .....
Meslek:	
İş Yeri/Okul:	
Telefon:	(.....) .... - .....
Eposta:	
Sağlık Durumu:	(Belirgin fiziksel veya algısal sağlık probleminiz var mı?)

Rıza Bildirimi

Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği İnsan Bilgisayar Etkileşimi Laboratuarına, eğitim, öğretim, bilimsel araştırma ve geliştirme maksatlarıyla kullanılmak üzere, yapılacak deney esnasında, fotoğraf çekilmesi, görsel (video) veya sesli ölçüm ve kayıt alınması için izin veriyorum. Ayrıca deney sonucunda ortaya çıkacak sözlü, yazılı ve görsel materyalin yukarıda belirtilen amaçlar çerçevesinde kullanılmasının yanı sıra bilimsel dergi, konferans, kongre, çalıştay ve benzeri diğer bilimsel faaliyetlerde gösterilmesine, resmedilmesine ve yayımlanmasına izin veriyorum.

Deney hakkında "Deneyle İlgili Açıklamalar Formunda" verilen bilgileri okuduğumu, istenen kişisel bilgileri elle doldurduğumu ve bu deneye katılmayı kendi rızam ile kabul ettiğimi beyan ederim.

Tarih: ...../..../2011

İsim:

İmza

EK 4: Terimler Sözlüğü

A

Açık	:	Explicit
Algılama	:	Perception
Algısal	:	Sensory
Anabilgisayar	:	Mainframe
Anında mesajlaşma		Instant Messaging
Anlamlı	:	Significant
Anlamsal	:	Semantic

B

Bağlam	:	Context
Bağlanma	:	Engagement
Bağlı bileşenler		Connected component
Bakış yönü	:	Gaze
Basmakalıp	:	Conventional
Baş yönelimi		Head orientation
Biçimsel	:	Formal
Bilgi bombardımanı	:	Information overload
Biliş	:	cognition
Bilişsel	:	Cognitive
Bilişsel işleme		Cognitive Processing

Ç

Çatı		Framework
Çift-görev	:	Dual-task
Çok kipli	:	Multimodal

D

Değerleme	:	Assessment
Delil	:	Cue
Destekleyici teknolojiler	:	Assistive Technologies
Dış uyaran	:	External stimuli
Dikkat kayması	:	Attention shift

Doğrudan kontrol	:	Direct manipulation
Durağan	:	Stationary
Duygu	:	Affect

E

EL-kol hareketleri	:	Gesture
Etmen	:	Agent

F

Fazik	:	Phasic, instantaneous

G

Geçerlilik	:	Validity
Girdi	:	Input
Görsel dikkat	:	Visual Attention
Görev	:	Task
Görev zorluğu	:	Task demand
Görsel açıklık	:	Visual span
Görsel dikkat alanlarını	:	visual attention area
Görsel ilgi	:	Visual Interest
Görsel keskinlik	:	Visual acuity
Görsel yorgunluk	:	Visual fatigue
Görüş çizgisi	:	Line of sight
Gövde	:	Torso
Göz bebeği genleşmesi	:	Pupil Dilation
Grup içi	:	Within-subject

H

Hayati	:	Life critical
Her-yerde	:	ubiquitous
Her-yerde olma	:	ubiquity
Histerezis		Hysteresis

İ

İş yükü	:	Workload
İşaretleyici	:	Marker

K

Kapalı	:	Implicit
Kesilme	:	Interruption
Kesilmeye uğratmak	:	Interrupt

M

Mahremiyet	:	Privacy
Motivasyon	:	motivation

O

Olay algılama	:	Event perception

Ö

Öğretici eğitim sistemi	:	Instructional computing system
Ölçme	:	Measurement
Ölçüt	:	Measure

S

Serbestlik derecesi	:	Degrees of freedom
Sıkıntı veren	:	Obtrusive
Sıkıntı vermeyen	:	Unobtrusive
Sosyal açıdan yetersiz	:	Socially inadequate
Sözsüz İletişim	:	Nonverbal Communication

T

Tekrarlı Ölçümler	:	Repeated Measures
Tonik	:	Tonic

Y

Yönelme hareketler	:	Orienting movements

Z

Zihinsel	:	Mental

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Cengizhan Dirican 03.07.1980 tarihinde Kütahya'da dünyaya geldi. İlköğretimi Şişli Süleyman Çelebi İlköğretim Okulu'nda okuduktan sonra ortaokulu Şişli Talatpaşa İlköğretim Okulunda bitirdi. 1994-1998 yılları arasında Profilo Anadolu Teknik Lisesi Bilgisayar Bölümünde okudu. 1998 yılında İstanbul Kültür Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Matematik ve Bilgisayar Bilimleri Bölümüne kaydoldu. Mezun olduktan sonra 2003–2004 eğitim yılında İstanbul Kültür Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başlayıp 2005 yılında mezun oldu. Aynı yıl Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Bölümünde doktora programına kayıt oldu. Aralık 2005'de bu kurumda araştırma görevlisi olarak çalışmaya başladı. 2012'den beri aynı kurumda öğretim görevlisi olarak çalışmakta olan Dirican, İngilizce ve Fransızca bilmektedir.