KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEYİN BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ ETKİLEŞİMİNDE MOBİL OYUN KULLANICI DENEYİMİ DEĞERLENDİRMESİ

MERVENUR UZUN

KOCAELİ 2020

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİLGİSAYAR MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BEYİN BİLGİSAYAR ARAYÜZÜ ETKİLEŞİMİNDE MOBİL OYUN KULLANICI DENEYİMİ DEĞERLENDİRMESİ

MERVENUR UZUN

Dr. Öğr. Üyesi Pınar ONAY DURDU Danışman, Kocaeli Üniversitesi	.....
Dr. Öğr. Üyesi Orhan AKBULUT Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi	.....
Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK Jüri Üyesi, Gebze Teknik Üniversitesi	.....

Tezin Savunulduğu Tarih: 03.01.2020

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

İçinde bulunduğumuz teknoloji çağında İnsan Bilgisayar Etkileşimi(İBE) önemli bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. İnsan-Bilgisayar Etkileşimi, bilgisayar teknolojisinin tasarımına ve özellikle de insanlar (kullanıcılar) ve bilgisayarlar arasındaki etkileşime odaklanan çok disiplinli bir çalışma alanıdır. Beyin Bilgisayar Arayüzleri(BBA) de günümüzde düşük maliyetli EEG cihazlarının erişilebilir olması ile bilgisayarlar ile etkileşim sağlamada kullanılmaya başlanmıştır. Öncelikle motor bir takım engelleri bulunan kullanıcılar için bir alternatif olabildiği gibi bilgisayar oyunları için de yeni bir etkileşim türü olarak karşımıza çıkmaktadır. İBE alanının ana araştırma konuları olan kullanılabilirlik ve kullanıcı deneyiminin bu yeni etkileşim türlerinde de değerlendirilmesi önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada bir BBA cihazının kullanıcı deneyiminin mobil bir hafıza/dikkat oyunun oynanması sırasında değerlendirilmesi için bir kullanıcı çalışması gerçekleştirilmektedir.

Çalışmam boyunca benden yardımını esirgemeyen ve sabırla bana destek olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Pınar ONAY DURDU'ya ve tez savunmamda yer alan jüri üyeleri Dr. Öğr. Üyesi Orhan AKBULUT'a ve Doç. Dr. Mehmet GÖKTÜRK'e teşekkür ederim.

Çalışmam boyunca maddi manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan öncelikle babam Mehmet ERGÜL'e, eşim Ümit UZUN'a ve bütün aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ocak – 2020 Mervenur UZUN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR i
İÇİNDEKİLER ii
ŞEKİLLER DİZİNİ iv
TABLOLAR DİZİNİ v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ vi
ÖZET vii
ABSTRACT viii
GİRİŞ 1
1.GENEL BİLGİLER 5
1.1.Tez Çalışmasının Amacı 5
1.2.Tez Çalışmasının Katkıları 6
1.3.Tezin Yapısı 6
2.ALAN YAZIN ARAŞTIRMASI 8
2.1.İnsan Bilgisayar Etkileşimi 8
2.2.Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) 10
2.2.1. EEG (Elektroensafalografi) 11
2.3.Kullanılabilirlik ve Değerlendirme Yöntemleri 12
2.4.Kullanıcı Deneyimi ve Değerlendirme Yöntemleri 12
2.5.Kullanılabilirlik, Kullanıcı Deneyimi ve Oyunlar 14
2.6.İlgili Çalışmalar 15
3.YÖNTEM 18
3.1.Katılımcılar 19
3.2.Kullanılabilirlik Testi Prosedürü 20
3.3.Kullanılan Veri Toplama Araçları 24
3.3.1.Anketler 24
3.3.2.BBA etkileşimi donanımı (Emotiv Epoc+ EEG Başlık) 27
3.3.3.Mobil oyun donanımı 31
3.3.4.Mobil oyun yazılımı 31
4.BULGULAR 34
4.1.Verimlilik 34
4.1.1.Toplam test süresi ile ilgili bulgular 34
4.1.2.Cihaz kalibrasyon süresi ile ilgili bulgular 38
4.1.3.Cihaz toplam eğitim süresi ile ilgili bulgular 40
4.1.4.Oyun eğitim süresi ile ilgili bulgular 42
4.1.5.Cihaz ile oyunu oynama süresi ile ilgili bulgular 43
4.2.Etkililik 46
4.3.Kullanıcı Deneyimi 47
4.3.1.AttrakDiff anketi ile ilgili bulgular 47
4.3.2.Affect Grid anketi ile ilgili bulgular 54
4.3.3.Memnuniyet 58
4.3.4.Açık uçlu değerlendirme soruları 59
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER 62
5.1.Çalışmanın Özeti 62

5.2.Kısıtlar ve Gelecek Çalışma Önerileri 65
KAYNAKLAR 67
EKLER 73
KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER 85
ÖZGEÇMİŞ 86

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Test akışı 23
Şekil 3.2. Affect Grid 25
Şekil 3.3. Affect Grid doldurulması 25
Şekil 3.4. Emotiv Epoc cihazı 28
Şekil 3.5. 10-20 sistemine göre elektrodların dizilişi 29
Şekil 3.6. EmoEngine durum paneli 29
Şekil 3.7. (a) İfade birimi(Expressive Suite) paneli 30
Şekil 3.7. (b) Duygusal birim(Affective Suite) paneli 30
Şekil 3.7. (a) Bilişsel birim(Cognitive Suite) paneli 30
Şekil 3.8. Ana menü ekranı 31
Şekil 3.9. Oyun başlangıç ekranı 32
Şekil 3.10. Bulunacak küplerin görülmesi 32
Şekil 3.11. Küplerin rengini kaybetmesi 33
Şekil 3.12. Küplerin rastgele dağılması 33
Şekil 3.13. Oyun bitiş ekranı 33
Şekil 4.1. Katılımcıların toplam test süresinin ortalaması 35
Şekil 4.2. Katılımcıların bireysel olarak toplam test süreleri 36
Şekil 4.3. Katılımcıların kalibrasyon süresi hariç toplam test süreleri 37
Şekil 4.4. Katılımcıların ortalama kalibrasyon aşaması süreleri 38
Şekil 4.5. Katılımcıların bireysel kalibrasyon aşaması süreleri 39
Şekil 4.6. Ortalama eğitim süresi 40
Şekil 4.7. Katılımcıların toplam eğitim süresi 41
Şekil 4.8. Ortalama oyun eğitim süresi 42
Şekil 4.9. Katılımcıların oyun eğitim süresi 43
Şekil 4.10. Ortalama oyun oynama süreleri 44
Şekil 4.11. Katılımcıların mobil oyun oynama süreleri 45
Şekil 4.12. AttrakDiff anketi ortalama skorlar 48
Şekil 4.13. AttrakDiff skoru 49
Şekil 4.14. Uzman-deneyimsiz AttrakDiff farkı (test öncesi) 50
Şekil 4.15. Uzman-deneyimsiz AttrakDiff farkı (test sonrası) 52
Şekil 4.16. Affect Grid ortalama skoru (cihazı ilk kullanım öncesi-kullanım sırası-oyun öncesi-oyun sonrası) 55
Şekil 4.17. Uzman-Deneyimsiz kullanım önsesi-sırası Affect Grid farkları 55
Şekil 4.18. Uzman-Deneyimsiz oyun öncesi-sonrası Affect Grid farkları 57

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo 3.1. Demografik bilgiler 20
Tablo 3.2. Sauro-Lewis eğri sınıflandırma ölçeği 26
Tablo 3.3. Örnek eşleştirme bilgisi 30
Tablo 4.1. Toplam test süreleri için(kalibrasyon süresi dahil) Mann-Whitney test sonucu 37
Tablo 4.2. Toplam test süreleri için(kalibrasyon süresi dahil değil) Mann-Whitney test sonucu 38
Tablo 4.3. Kalibrasyon süresi için Mann-Whitney test sonucu 39
Tablo 4.4. Cihaz eğitim süresi için Mann-Whitney test sonucu 41
Tablo 4.5. Oyun eğitim süresi için Mann-Whitney test sonucu 43
Tablo 4.6. Birinci oyun oynama süreleri için Mann-Whitney test sonucu 45
Tablo 4.7. İkinci oyun oynama süreleri için Mann-Whitney test sonucu 45
Tablo 4.8. Kullanıcıların başarı oranları 47
Tablo 4.9. Test öncesi AttrakDiff için Mann-Whitney test sonucu 51
Tablo 4.10. Test sonrası AttrakDiff için Mann-Whitney test sonucu 53
Tablo 4.11. Kullanım öncesi ve sırası Affect Grid için Mann-Whitney test sonucu 56
Tablo 4.12. Oyun öncesi-sonrası Affect Grid için Mann-Whitney test sonucu 57
Tablo 4.13. SKÖ memnuniyet anketi bulguları 59
Tablo 4.14. Katılımcıların yorumları 61

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

dk : dakika
hz : hertz
sn : saniye
SS : standart sapma
$\bar{x}$: ortalama

Kısaltmalar

A : Arousal (Enerjik olma)
BBA : Beyin Bilgisayar Arayüzü
BCI : Brain Computer Interface (Beyin Bilgisayar Arayüzü)
D : Deneyimsiz katılımcı
ECoG : Elektrokortikogram
EEG : Elektroensafalografi
EMG : Elektromiyografi
FMRI : Fonksiyonel Manyetik Rezonans Görüntüleme
GUI : Graphical User Interface (Grafiksel Kullanıcı Arayüzü)
HCI : Human Computer Interaction (İnsan Bilgisayar Etkileşimi)
HQ : Hedonik Quality (Hedonik Kalite)
ISO : International Standard Organization (Uluslararası Standart Organizasyonu)
İBE : İnsan Bilgisayar Etkileşimi
MEG : Manyetoensafalografi
NIRS : Near İnfra Red Spektroskopisi (Kızılötesispektroskopi)
P : Pleasure (Hoş duygulara sahip olma)
PQ : Pragmatik Quality (Pragmatik Kalite)
SKÖ : Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği
SL-CGS : Sauro-Lewis Curved Grading (Sauro-Lewis Eğri Ölçeği)
SUS : System Usability Quality (Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği)
U : Uzman katılımcı
UX : User Experience (Kullanıcı Deneyimi)

BEYİN BİLGİSAYAR ARA YÜZÜ ETKİLEŞİMİNDE MOBİL OYUN KULLANICI DENEYİMİ DEĞERLENDİRMESİ

ÖZET

Beyin Bilgisayar Arayüzleri (BBA) günümüzde düşük maliyetli EEG cihazlarının erişilebilir olması ile bilgisayarlar ile etkileşim sağlamada yalnızca motor becerileri kısıtlı olanlar için değil oyun oynama gibi çeşitli alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu yeni etkileşim türünün de kullanılabilirlik ve kullanıcı deneyiminin değerlendirilmesi önemlidir.

Çalışma kapsamında Emotiv Epoc+ marka bir BBA cihazının kullanıcı deneyiminin mobil bir hafıza/dikkat oyunun oynanması sırasında değerlendirilmesi için bir kullanıcı çalışması gerçekleştirilmektedir. Katılımcıların etkileşim öncesi, sırası ve sonrasındaki kullanıcı deneyimi Affect Grid ve AttrakDiff anketleriyle ve etkileşimin kullanılabilirliği gözlem ve Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği (SKÖ) ile değerlendirilmiştir. Kullanıcı çalışması 12 katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı deneyimi için uygulanan Affect Grid anketi sonuçlarına göre, katılımcıların enerjik olma seviyelerinin kullanım sırasında kullanım öncesi seviyelere göre daha yüksek olduğu, ancak oyun oynarken daha düşük ve oyundan sonra en düşük seviyeye ulaştığı görülmüştür. Benzer şekilde hoş duygulara sahip olma seviyelerinin de kullanım sonrasında kullanım öncesine göre düşük oyun sonrasında oyun öncesine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. AttrakDiff kullanıcı deneyimi anketi sonuçları incelendiğinde, kullanıcı çalışmasından sonra fonksiyonellik ve memnuniyetle ilgili özellik puanlarının azaldığı tespit edilmiştir. Test sonucunda SKÖ skoru 55,23 olarak belirlenmiş ve kullanılabilirlik açısından katılımcılar tarafından yetersiz olarak değerlendirilmiştir. Bu bulgulara rağmen katılımcıların genel olarak EEG başlık ile oyun oynama sırasında keyif aldıkları ve eğlendikleri gözlenmiştir. Kullanılabilirlik problemleri olarak, cihazı kafaya sabitlemenin zor olması, saç yoğunluğuna göre sinyal almada zorluk çekilmesi ve hareketleri hassas şekilde tespit edememesi belirlendi. Bu problemlerin giderilerek kullanılabilirliğin geliştirilmesi ile oyun etkileşimlerinde kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesi de sağlanabilecek böylece motor engelli bireyler için de uygun bir alternatif olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Beyin Bilgisayar Arayüzü, EEG, İnsan Bilgisayar Etkileşimi, Kullanıcı Deneyimi, Kullanılabilirlik.

EVALUATION OF MOBILE GAMING USER EXPERIENCE IN BRAIN COMPUTER INTERFACE INTERACTION

ABSTRACT

Brain Computer Interfaces (BCI) are now being used not only by disabled people but also for other interactions such as playing games with the availability of low-cost EEG devices. Usability and user experience evaluation of BCIs are important.

In this thesis work, a user study was performed to evaluate the user experience and usability of an Emotiv Epoc + based BCI while playing a mobile memory / attention game. User study was conducted with 12 participants. The participants' user experience before, during and after the interaction was evaluated with Affect Grid and AttrakDiff questionnaires, and usability of the interaction was evaluated by observation and System Usability Scale (SUS). According to the results of the Affect Grid questionnaire, it was observed that the level of arousal of the participants was higher during use than before use but it got lower before playing the game and got lowest after the game. The level of pleasure was found to be lower after use than before use and after the game compared to before playing the game. When the results of the AttrakDiff user experience questionnaire were examined, it was found that the scores of pragmatic features and hedonic features scores decreased. The SUS score was determined as 55.23, and the usability was evaluated as insufficient by the participants. Despite these findings, it was observed that participants enjoyed playing the game with this EEG device. Usability problems were determined as being difficult to fix the device to the head, having difficulty in receiving signals according to the hair density and not being able to detect the gestures accurately. By eliminating these problems and improving the usability of the device, the user experience in game interactions can be improved and thus it will be a suitable alternative for motor disabled individuals.

Keywords: Brain Computer Interface, EEG, Human Computer Interaction, User Experience, Usability.

GİRİŞ

İnsanlar birbirleriyle iletişim kurmak için konuşma, işaret kullanma, yazma ya da resim yapma gibi çeşitli doğal insan-insan etkileşim mekanizmaları kullanabilirken, günümüzde hem birbirleri ile iletişim kurmada hem de günlük yaşamdaki pek çok amaçlarını yerine getirmede bilgisayarlar aracılığıyla ya da bilgisayarlar ile etkileşim kurma ihtiyaçları ortaya çıkmıştır (Çağıltay, 2016). İnsan ve bilgisayarlar arasındaki bu etkileşimin aynı insan-insan etkileşimindeki gibi doğal olmasını sağlamaya yönelik olarak da İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) (HCI - Human Computer Interaction) araştırma alanı gelişmiştir. İBE, etkileşimli teknolojinin tasarımı, değerlendirilmesi ve uygulanmasıyla ilgilenen, disiplinler arası bir çalışma alanıdır (Çağıltay, 2005).

İBE kullanıcı, görev, araçlar / ara yüz, bağlam şeklinde tanımlanan dört ana bileşene sahiptir (Acartürk ve Çağıltay, 2019). Bilgisayar ile etkileşim sağlamak için kullanılan her tür yöntem İBE'nin araştırma alanına girmektedir. Son yıllarda özellikle motor engelleri nedeniyle klavye ya da fare kullanamayan kullanıcıların bilgisayarlar ile etkileşimleri için bir alternatif olarak değerlendirilen Beyin Bilgisayar Ara yüzleri (BBA) (BCI – Brain Computer Interface) de bu yöntemler arasında yer almaktadır. BBA, insanların bilgisayarları kontrol etmek veya iletişim aygıtlarını kullanmak için motor hareketlerini kullanmaları yerine beyin sinyallerini komutlara dönüştürerek dış dünyayla etkileşime sokan bir sistem olarak tanımlanabilir (Wolpaw ve diğ., 2002). BBA'lar aynı zamanda daha doğal ve sezgisel bir ara yüz sağlama potansiyeline de sahiptirler (Gürkök ve Nijholt, 2012).

BBA ara yüzlerinde etkileşimi sağlamayı hedefleyen teknolojilerden en yaygın kullanılanlardan biri kişilerin elektroensefalogram (EEG) adı verilen beyin dalgalarını kullanır (Aydemir ve Kayıkçıoğlu , 2009). EEG beyin hücrelerinin elektriksel faaliyetlerinin kafa derisi üzerinde oluşturduğu potansiyel farkları ölçme metodudur (Lee ve Tan, 2006). Bir EEG cihazı beyin dalgası modellerini ölçer ve kaydeder. Elektrotlar olarak isimlendirilen küçük metal diskler kafa derisine

bağlanır. Elektrotlar beyindeki elektriksel uyarıları analiz eder ve sonuçları kaydeden bir bilgisayara gönderir. EEG verileri yorumlanırken beynin bölgelerine bakılabilir.

Günümüzde insanlar özellikle eğlence ve sosyalleşme amaçlı olarak bilgisayar oyunlarını tercih etmektedirler (Özkoçak, 2016). Dünya çapındaki bilgisayar oyunları pazarı 152,1 milyar dolara ulaşmış ve her yıl yaklaşık olarak % 9,6 artış göstermektedir (Newzoo, 2019). Türkiye'de de bilgisayar oyunu oynayan kullanıcı sayısının 30 milyondan fazla olduğu ve bilgisayar oyunu piyasasında da mobil oyunların PC/konsol oyunları ile yarı yarıya pazar payına sahip olduğu raporlanmaktadır (Oyun Ajansı, 2018). Mobil uygulama mağazalarından en çok indirilen uygulamalar arasında % 42 ile ilk sırada oyunlar yer almaktadır (Özkoçak, 2016).

Kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamak için geliştiriciler her geçen gün daha iyi oyunlar yapmak için çalışmaktadırlar. Çünkü diğer tüm bilgisayar ara yüzlerinde olduğu gibi kullanıcının ihtiyaçlarını karşılamayan ve kullanılabilir olmayan oyunlar kullanıcı kaybına yol açacaktır. ISO (ISO 9241-11, 1998) kullanılabilirlik kavramını, belli bir bağlamda tanımlı kullanıcılar ve tanımlı amaçlar doğrultusunda bir ürünün etkili, verimli ve memnuniyet verici şekilde kullanılması olarak tanımlamaktadır. Kullanılabilirlik değerlendirmeleri bir ürün ya da sistemin kullanımına yönelik artan memnuniyet, azalan geliştirme maliyetleri ve oluşabilecek olumsuz algıları azaltma sağlamada oldukça önemlidir (Çağıltay, 2011). Oyunlar ise diğer yazılım türlerinden farklı olarak eğlence amaçlı geliştirilen yazılımlar olduğundan farklı kullanılabilirlik sorunlarına sahiptir. Bir tüketicinin gerekli görevleri yerine getirmek için başka bir yazılım satın alması veya kullanması gerekebilir, ancak oyun yalnızca eğlence amaçlı olarak gönüllü olarak satın alınır ve bir oyun oynamak eğlenceli değilse, pazarda satmayacaktır (Federoff, 2002). Oyun oyuncularının memnuniyetini sağlamak için oyun tasarım sürecinde kullanılabilirliğe ve kullanıcı deneyimine dikkat edilmesi gerekir.

Başarılı bir oyun yapmak için "kullanıcı deneyimi" kavramını da bilmek gerekmektedir. Çünkü kullanıcı deneyimi kullanılabilirliği de içerecek şekilde kullanıcıların etkileşim öncesi, sırası ve sonrasındaki tüm deneyimlerine yönelik olarak duygu durumlarının tespitini de içermesi gerekmektedir (Rivero ve Conte,

2017). Son yıllarda kullanıcı deneyimi (UX – User Experience) İBE alanında yeni bir terim olarak karşımıza çıkmaktadır (Hassenzahl ve Tractinsky, 2006). Teknoloji geliştikçe etkileşimli ürünler daha faydalı ve kullanışlı, bunun yanı sıra daha modern ve arzu edilen hale gelmektedir.

EEG cihazları ilk zamanlarda yalnızca tıp (Clau ve Pereira, 2019) alanında kullanılmış olsa da kablosuz, kolay taşınabilir, düşük maliyetli çeşitli cihazların geliştirilmiş olması bu cihazların duygu tanıma (Sourina ve diğ., 2012), ticari (Vecchiato ve diğ., 2011) ve eğlence amaçlı oyunlar (Bos ve Reuderink, 2008) gibi son kullanıcı uygulamalarında da kullanımının artmasını sağlamıştır. Özellikle EEG cihazları ile sağlanan BBA'ların bilgisayar oyunları ile etkileşimde fare ya da klavyeye göre daha doğal son kullanıcı etkileşimi sağlama potansiyeline yönelik olarak çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Oude Boss ve diğ., 2010; Lotte, 2011; Culau ve Pereira, 2019). Yeni ve farklı bir etkileşim sağlaması açısından EEG cihazı kullanılarak sağlanacak BBA etkileşiminin mobil oyunlardaki kullanıcı deneyiminin değerlendirilmesi önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışma kapsamında daha önceki çalışmalardan farklı olarak düşük maliyetli bir cihaz ile sağlanan BBA tabanlı etkileşimin kullanıcı deneyiminin mobil bir hafıza/dikkat oyunun (Allocate Games, 2019) oynanması sırasında değerlendirilmesi gerçekleştirilmektedir. Çalışma kapsamında katılımcılar ile gerçekleştirilen bir kullanıcı testi tasarlanmıştır. Kullanıcı testi sırasında katılımcılardan düşük maliyetli Emotiv Epoc+ EEG cihazı ile etkileşimi sağlanan mobil bir hafıza/dikkat oyunu oynamaları istenmiştir. Katılımcıların cihazla etkileşimlerine yönelik etkileşim öncesi, sırası ve sonrasında hissettikleri duygu durumları elde edilmekte, aynı zamanda etkileşim sırasında yaşadıkları zorluklar ise gözlemlenerek kullanılabilirlik problemleri de raporlanarak yorumlanmıştır. Çalışmanın sonuçlarının bu tür cihazların kullanım potansiyelinin ortaya konulmasına katkı sağlayacağı ve oyun geliştiricilere de yol gösterici olacağı düşünülmektedir. Çalışma kapsamında aşağıdaki soruları cevaplamak hedeflenmiştir.

- Kullanıcı bakış açısından, BBA ara yüzü ile etkileşim sırasında karşılaşılan sınırlamalar / zorluklar nelerdir?

- BBA ara yüzü ile etkileşim sırasında kullanıcıların kullanıcı deneyimi ne şekilde etkilenmektedir?
- BBA ara yüzü ile etkileşim sırasında karşılaşılan kullanılabilirlik problemleri nelerdir?
- BBA ara yüzü ile etkileşimin anlaşılmasına ve kullanılmasına yardımcı olmak için bir BBA sisteminde neler yapılabilir?

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Tez Çalışmasının Amacı

Günümüzde, İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) çalışmaları, bilgisayar kullanıcılarının sayısındaki artış, kritik teknolojik uygulamalarda çoğalma ve akademik olarak insan davranışları ve zihinsel süreçlerde anlayış açısından önem kazanmaktadır (Çağıltay ve Acartürk, 2006). Bu önem kullanıcıların duygusal durumlarını saptayabilen bilgisayar uygulamalarına artan ihtiyaçtan kaynaklanmaktadır (Fischer, 2001). Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) İBE'nin araştırma alanına girmekte ve kullanıcıların bilgisayarlar ile iletişimini sağlamak için bir alternatif sunmaktadır. BBA teknolojilerinden en yaygın kullanılanlarından biri EEG'dir (Aydemir ve Kayıkçıoğlu , 2009). BBA teknolojileri son zamanlarda eğlence amaçlı oyunlarda da kullanılmaktadır (Culau ve Pereira, 2019).

Bu çalışma kapsamında BBA ara yüzü oluşturmak için bir EEG başlık kullanılarak sağlanan etkileşime ait kullanıcı deneyiminin mobil bir hafıza/dikkat oyunun oynanması sırasında değerlendirilmesi gerçekleşmiştir. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen kullanıcı testi sırasında katılımcılardan EEG cihazı kullanarak bir hafıza/dikkat oyunu oynamaları istenmiştir. Katılımcıların cihaz ile etkileşim öncesi, sırası ve sonrasında hissettikleri duygular kullanıcı deneyimine yönelik, etkileşim sırasında yaşadıkları zorluklar ise cihazın kullanılabilirliğine yönelik olarak gözlemlenerek değerlendirmeler ortaya konulmuştur. Böylece çalışmanın sonuçlarının EEG başlık ile sağlanan BBA etkileşimi için mobil oyunlarda kullanıcılarda oluşturduğu deneyim ve kullanılabilirlik problemleri belirlenerek bu tür cihazların mobil oyunlar için kullanım potansiyelinin ortaya konulması sağlanmıştır.

1.2. Tez Çalışmasının Katkıları

Günümüzde mobil oyunların yaygınlaşması ile oyun oynayan insanlar geleneksel oyun oynama yöntemlerine bir alternatif olarak BBA etkileşim ile de oyun oynayabilmektedirler. Oyun oynarken kullanılacak BBA cihazının kullanıcılar tarafından kullanılabilir olarak yorumlanması gerekmektedir. Çünkü kullanıcılar bu cihazı kullanışsız olarak görürlerse bir daha bu cihazı kullanmak istemeyeceklerdir. Bu nedenle BBA cihazlarını geliştirenlerin kullanıcıları göz önüne alarak kolay kullanılabilir bir cihaz tasarlamaları gerekmektedir. Aynı zamanda kullanıcıların oynadığı oyunlarında kullanıcı deneyimi bakımından olumlu yorumlanması gerekmektedir. Cihaz ve oyun kullanılabilirlik açısından olumsuz yorumlanırsa kullanıcılar alternatif oyun uygulamalarına kolay bir şekilde yönelmekte ve geliştiriciler ticari anlamda zarara uğramaktadırlar.

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen kullanıcı testine BBA cihazı ile daha önce etkileşime girmiş ve de hiç girmemiş farklı kullanıcıların dahil edilmesi ile sağlanan etkileşimi yorumlamaları sağlanmıştır. Böylece deneyimli ve deneyimsiz kullanıcıların bu tip bir ara yüz ile sağlanan mobil oyun oynama deneyimlerinin nasıl etkilendiği ortaya konmaya çalışılmaktadır. Özellikle oyunlar göz önünde bulundurulduğunda ilk kullanım öncesi kullanıcıların bu tip bir etkileşimle ilgili yorumları ve sonrasındaki deneyimleri oldukça önemlidir. Ayrıca bu tip bir BBA etkileşiminin motor hareketlerini kullanamayan insanlar için çekici bir potansiyel olup olmadığı da değerlendirilmiş olmaktadır. Etkileşimle ilgili sorunlar da ortaya konularak iyileştirilme yönünde katkı sağlayacak öneriler de geliştirilebilecektir.

1.3. Tezin Yapısı

Bu tez çalışması beş ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde tezin amacı ve özgün değerinden bahsedilerek tez çalışmasının katkılarından bahsedilmektedir. İkinci bölümünde alan yazın kapsamında tez konusu ile ilgili konu başlıkları olan İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE), Beyin Bilgisayar Arayüzleri (BBA), EEG, kullanılabilirlik, kullanıcı deneyimi ve oyunlar hakkında bilgiler verilerek ve ilgili çalışmalar anlatılmaktadır. Tezin üçüncü bölümünde bu çalışmada izlenen yöntemin detaylarına yer verilmektedir. Yapılan araştırmanın test akışından bahsedilerek katılımcı ve katılımcılara ait bilgiler, çalışma sırasında veri toplamak için kullanılan

anketler, donanım ve yazılım bileşenleri ayrıntılı şekilde açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde tez kapsamında gerçekleştirilen kullanıcı çalışmasının bulguları raporlanmaktadır. Beşinci ve son bölümde ise tez çalışmasının ana sonuçları ve gelecekte yapılacak çalışmalar tartışılmaktadır.

2. ALAN YAZIN ARAŞTIRMASI

Alan yazın araştırmasında tez kapsamında çalışmanın temelini oluşturan İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE), Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA), kullanılabilirlik ve kullanıcı deneyimi kavramları açıklanmaktadır. Aynı zamanda bu kavramlar ile ilgili ve oyunlarda kullanılabilirlik ve kullanıcı deneyiminin sağlanmasına yönelik olarak yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

2.1. İnsan Bilgisayar Etkileşimi

İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) bilgisayar teknolojisinin nasıl tasarlanabileceğine ve mümkün olduğu kadar kolay ve rahat bir şekilde kullanılmasına odaklanan bir alandır (Dix, 2009). İBE alanının resmi olarak 1982 yılında kurulmuş olduğu konusunda bir fikir birliği vardır (Lazar ve diğ., 2010). Bu tarihe bakarsak bugün İBE alanı yaklaşık 37 yaşındadır. Ancak 1982'den önce de insanlar İBE alanı kapsamında sayılacak çalışmalar yapmaktaydılar. Örneğin Pew (2007), 1977'de ABD'deki Sosyal Güvenlik İdaresi için yapılan projeyi İBE kapsamında açıklamaktadır ve bu projede kullanılan kullanıcı ara yüzü prototiplemesi, kullanılabilirlik değerlendirmesi gibi kavramların İBE çalışması olduğuna işaret etmektedir. Bilgisayarların araştırma laboratuvarlarından çıkması ve insanların bilgisayarları günlük hayatlarındaki ihtiyaçlarını karşılamak için kullanmaya başlamalarından bu yana İBE alanı büyük bir hızla yaygınlaşmaktadır. Günümüzde bilgisayar teknolojisi terimi ekranlı ve klavyeli bilgisayarlardan cep telefonlarına, ev aletleri, araç içi navigasyon sistemlerine, otomatik aydınlatma sensörlerine kadar birçok teknolojiyi içermektedir. Günümüzde insanların oynadığı oyunlar da birer yazılımdır ve İBE konusundaki çalışmaların hedefi olabilmektedir (Barr ve diğ., 2007).

İBE alanı yazılım mühendisliği, endüstri mühendisliği, eğitim, sosyoloji, antropoloji, grafik ve endüstriyel tasarım, bilişsel psikoloji, ergonomi, bilgisayar bilimleri,

örgütsel psikoloji gibi birçok farklı alana dayanmaktadır (Lewis ve diğ., 2015; Çağıltay, 2016). İBE birçok farklı disiplinle birlikte çalıştığından 'İBE araştırması olarak neler kabul edilir?', 'Ne tür girişimler araştırma katkıları olarak kabul edilebilir?' soruları ortaya çıkmaktadır. Wobbrock ve Kientz (2016) yaptıkları çalışmada İBE alanına 7 tür araştırma katkısını listelemişlerdir. Bunlar;

1. Deneysel katkılar: Bir deney tasarımı ile birlikte nitel veya nicel verilerin anketler, sensörler vb. araçlarla toplanması.
2. Eser (artefakt) katkılar: Ara yüzler, araçlar, mimariler ve maketler olmak üzere yeni artefaktların tasarımı ve geliştirilmesi. Bu aretefaktlara genellikle geri bildirim veya kullanımla ilgili deneysel veriler eşlik eder.
3. Metodolojik katkılar: Yeni bir yöntem ya da bir yöntemin yeni bir uygulaması, bir yöntemin değiştirilmesi gibi yaklaşımların değerlendirilmesi.
4. Teorik katkılar: Bir taslak, bir tasarım alanı, bir kavramsal model gibi öngörücü veya açıklayıcı olabilecek fikir araçları olan kavramlar ve modellerin değerlendirilmesi.
5. Anket katkıları: Belli bir alanda yapılan çalışmaların anketler ile toplanan veriler yardımıyla gözden geçirilmesi.
6. Veri kümesi katkıları: Kıyaslama verileri ve gerçek verilerin araştırma topluluğunun yararına destek sağlaması.
7. Fikir katkıları: Okuyucuların fikirlerini değiştirmek için ikna etmek amaçlı yazılan yazılar.

İBE alanının araştırma katkılarının çoğunluğunu deneysel katkılar ve eser katkılar oluşturmaktadır (Wobbrock ve Kientz, 2016). İBE alanında yapılan çalışmaların ana amacı kolay kullanılabilir ürünler ortaya çıkarmaktır ve buna bağlı olarak İBE alanının üzerinde en fazla çalıştığı konulardan biri de kullanılabilirliktir (Çağıltay, 2016).

1980'lerde yapılan İBE araştırmaları daha çok insanların ofis otomasyon programlarıyla nasıl iletişime geçtiği ile ilgili idi, ancak bilgisayarların ve internetin yaygınlaşmasıyla birlikte 1990'larda İBE'nin araştırma konularında önemli bir değişiklik meydana gelmiştir (Lazar ve diğ., 2010). Web sayfaları, e-postalar, anlık mesajlaşmalar gibi yeni ara yüz ve iletişim türlerinin ortaya çıkması İBE'ye daha

fazla araştırma alanı eklenmesini sağlamıştır. Liu ve arkadaşları (2014) İBE araştırma konularının değişimini gösteren çalışmalarında 1994-2003 yılları arasındaki araştırmaların daha çok sabit teknoloji alanında olduğunu, 2004-2013 yıllarındaki araştırmaların ise daha çok mobil ve taşınabilir bilgisayarlara (tabletler ve akıllı telefonlar gibi) kaydığını tespit etmişlerdir.

Günümüzde de özellikle göz takibi, sensörler, dronlar, yüz elektromiyogrofisi (EMG) ve elektroensefalografi (EGG) gibi başlangıçta pahalı olan araştırma araçlarının ilk zamanlara göre daha ucuz ve daha fazla araştırmacının ulaşımında olması ile çalışma alanları çeşitlenmektedir (Lazar ve diğ., 2010). Bu tezin kapsamındaki kullanıcı çalışmasında düşük maliyetli bir EEG cihazı kullanılarak kullanıcıların mobil oyun oynama deneyimi ve cihazın kullanılabilirliği araştırılmaktadır.

2.2. Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA)

BBA kavramı ilk olarak 1973 tarihinde Jacques Vidal'in yaptığı çalışmaların neticesinde kullanılmıştır (Vidal'den aktaran Akbaş, 2017) . BBA, insanların bilgisayarları kontrol etmek veya iletişim aygıtlarını kullanmak için motor hareketlerini kullanmaları yerine beyin sinyallerini komutlara dönüştürerek dış dünyayla etkileşime sokan bir sistem olarak tanımlanabilir (Wolpaw ve diğ., 2002). Bazı motor hareketlerini kullanamayan insanlar BBA ile birlikte bir bilgisayarı, farklı nöroprotezleri ya da bir robotik kolu kullanabilmektedir (Argunşah, 2010). BBA'nın geliştirilmesine olan ilgi temel olarak bu teknolojinin ciddi motor engeli olan kişiler için değerli bir iletişim seçeneği olmasından kaynaklanmaktadır(Wolpaw ve diğ., 2002).

Son yıllarda BBA teknolojisi sağlıklı kullanıcılar tarafından da büyük bir ilgi görmüştür ve BBA oyunları popüler bir hale gelmiştir (Ahn ve diğ. ,2014; Caulton ve diğ. ,2011).

Beyin aktivitelerini ölçmek için Manyetoensefalogram (MEG), kızılötesi spektroskopi (NIRS), elektrokortikogram (ECoG), elektromiyografik (EMG), fonksiyonel manyetik rezonans görüntüleme (fMRI) ve elektroensefalografi (EEG) gibi birden fazla teknik bulunmaktadır (Argunşah, 2010; Amiri ve diğ., 2013). Her

tekniğin diğer tekniklerle karşılaştırıldığında avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bu teknikler içinde en ulaşılabilir, taşınabilir ve maliyeti az ve kullanımı pratik olan EEG'dir (Argunşah, 2010). Bu nedenle hem tıp alanında hem de araştırma uygulamalarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

2.2.1. EEG (Elektroensafalografi)

Elektroensefalografi (EEG), zaman içinde çizilen iki farklı beyin konumu arasındaki voltaj farkının grafik bir temsilidir (Olejniczak, 2006). EEG grafik kayıtlarından çıkarılabilecek birçok özellik vardır. Örneğin EEG'de frekans aralıklarındaki farklılıklara dayanarak 6 beyin ritmi ayırt edilebilir. Bunlar delta (1-4 Hz), teta (4-7 Hz), alfa (8-12 Hz), mu (8-13 Hz), beta (12-30 Hz) ve gamadır (25-100 Hz (Lang, 2012). Beynimizin belli durum geçişlerinde ritimleri değişebilir. Örneğin; delta dalgaları uyku derinliğini değerlendirmek için incelenir, teta dalgaları yetişkinlerde ve çocuklarda genellikle sinirli olduklarında değişim göstermektedir, alfa dalgaları insanlar dikkatli iken veya dinlenmek için gözlerini kapattıklarında görülür ve beta dalgaları ise düşünme durumunda görülür.

Günümüzde bu özellikleri değerlendirebilmek için üretilmiş birçok EEG cihazı bulunmaktadır. Bunlardan bazıları BioSemi Active Two (URL-3), Emotiv Epoc+ (URL-2), B-Alert X10 (URL-3), HMS (URL-4), NeuroSky MindWave (URL-5) 'dir. Bu cihazların sahip oldukları elektrot sayıları 1 ile 256 arasında değişmektedir ve elektrot sayıları arttıkça duyarlılıkları artarken maliyetleri de artış göstermektedir. Emotiv'in başlık modeli Emotiv Epoc+ araştırmacılar arasında en popüler olanıdır. Üzerinde bulunan elektrotların sayısından dolayı bu başlık beynin daha derin bir şekilde incelenmesine ve NeuroSky MindWave gibi daha basit başlıklara kıyasla uygulamalara daha doğru bir giriş yapılmasını sağlar (Culau ve Pereira, 2019).

Kullanıcı çalışmasında EEG cihazı olarak Emotiv Epoc+ cihazı kullanılmaktadır. Bu cihaz dalgalar yardımıyla duygu tanımada kullanılabildiği gibi aynı zamanda gülme, göz hareketleri, uyku hali, heyecan, korku gibi duyguları da kabaca topladığı sinyal üzerinden tahmin edebilmekte ve anlık bir grafik olarak sunabilmektedir. Emotiv tarafından cihaz için sunulan kontrol paneli üzerinde ifade birimi (expressive suite), duygusal birim (affective suite) ve bilişsel birim (cognitive suite) olmak üzere 3 tane

tanımlama birimi vardır. Çalışmada kullanılan birim yüz ifadelerinin gösterildiği ifade birimidir.

2.3. Kullanılabilirlik ve Değerlendirme Yöntemleri

Nielsen (1993) kullanılabilirlik kavramını kullanıcı ara yüzlerinin kullanımının ne kadar kolay olduğunu değerlendiren bir kalite özelliği olarak tanımlamakladır ve öğrenilebilirlik, etkililik, hatırlamada kolaylık, az sayıda hata içerme ve memnuniyet olmak üzere beş başlık ile açıklamaktadır.

Kullanılabilirlik değerlendirmeleri bir ürün ya da sistemin kullanımına yönelik artan memnuniyet, azalan geliştirme maliyetleri ve oluşabilecek olumsuz algıları azaltma sağlamada oldukça önemlidir (Çağıltay, 2011). Kullanılabilirlik problemlerini tespit etmede pek çok farklı yaklaşım ve araç bulunmaktadır. Çağıltay (2011), kullanılabilirlik test yaklaşımlarını dört ana başlıkta gruplandırmaktadır. Bunlar, tasarım rehberleri kullanımı, uzman değerlendirmesi (sezgisel kullanımı), kullanıcı testleri ve model temelli yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlardan kullanıcı testleri, gerçek kullanıcıların gerçek ara yüz kullanırken gerçek görevler ile test edilmesini içermektedir ve kullanılabilirlik konusundaki en gerçekçi bulgulara ulaşmayı sağlayan yaklaşımdır (Çağıltay, 2011).

Kullanıcı testi, esas olarak kullanıcıların deneyimine ve yorumlarına dayanır ve genellikle senaryo tabanlı olarak bir laboratuvar ortamında gerçekleştirilir (Tan ve diğ., 2009). Kullanıcı testi gerçekleştirilirken ilk olarak değerlendirme sürecinin detaylı bir şekilde planlanması yapılır. Daha sonra test aşamasında gerçekleştirilecek görevler belirlenir. Bu aşamadan sonra katılımcılar belirlenir. Daha sonra bir laboratuvar ortamında test gerçekleştirilmesi aşamasına geçilir (Cheng ve Mustafa, 2015). Kullanıcı test aşamaları tasarlanırken kullanıcıya herhangi bir şekilde rahatsızlık verecek durumlardan kaçınılmalıdır.

2.4. Kullanıcı Deneyimi ve Değerlendirme Yöntemleri

Kullanıcı deneyiminin kapsamı ve nasıl tanımlanması gerektiği son zamanlarda İBE alanında yer alan tartışmalardandır (Law ve diğ., 2009). Kullanılabilirlik ile kullanıcı deneyimi kavramı aynı tanımlara sahip değildir ancak birbiriyle yakından ilişkili

kavramlardır. Kullanıcı Deneyimi (User Experience – UX) bir kullanıcının, bir ürün, sistem ya da bir hizmeti kullanımından ya da beklenen kullanımından kaynaklanan algılar veya cevaplar olarak tanımlanmaktadır (ISO FDIS 9241-210 , 2009). Kullanılabilirlik ise belirli bir kullanım bağlamında etkinlik, verimlilik ve memnuniyetle belirlenen hedeflere ulaşmak için bir sistemin, ürünün veya hizmetin belirli kullanıcılar tarafından kullanılabileceği kapsam olarak tanımlanmaktadır (ISO FDIS 9241-210 , 2009). Bu tanımların her ikisi de, bir ürünün, sistemin veya hizmetin kullanımı sırasında veya sonrasında kullanılabilirlik veya kullanıcı deneyiminin ölçülebileceğini göstermektedir (Bevan, 2009). Bevan (2009) kullanılabilirlik problemlerini ve kullanıcı deneyimi problemlerini kullanıcı merkezli tasarım bağlamında değerlendirmektedir. Tipik kullanılabilirlik problemlerini aşağıdaki şekilde listelerken;

1.Genel etkinlik ve verimliliği tasarlama ve değerlendirme.

2.Kullanıcı rahatlığı ve memnuniyetini tasarlamak ve değerlendirmek.

3.Ürünün kullanımını kolaylaştırmak için tasarım yapmak ve kullanılabilirlik problemlerini belirlemek ve çözmek için ürünü değerlendirmek. (Bevan, 2009)

Tipik kullanıcı deneyimi problemlerini aşağıdaki şekilde listelemektedir:

1.Kullanıcının bir ürünle ilgili deneyimini anlama ve tasarlama: insanların bir ürünle zaman içinde etkileşim kurma şekilleri: ne yaptıkları ve nedenleri.

2.Stimülasyon, teşhis ve uyarılma ile ilgili duygusal tepkilerin hedonik hedeflerine ulaşılmasını maksimize etmek (Bevan, 2009)

Kullanılabilirlik ve kullanıcı deneyimi değerlendirme için kullanılan yöntemler amaç ve bağlama göre örtüşebildiği gibi geleneksel kullanılabilirlik değerlendirme yöntemlerinden daha farklı kullanıcı deneyimi değerlendirmeye özel geliştirilmiş yeni yaklaşımlar da mevcuttur. Vermeeren ve arkadaşları (2010) kullanıcı deneyimi değerlendirme yöntemlerini çeşitli kaynaklardan derleyerek 96 yöntem listelemişlerdir.

Yapılan tez çalışmasında kullanıcı deneyimini değerlendirmek için kullanıcı deneyimi yöntemlerinden AffectGrid (Russel ve diğ., 1989) ve AttrakkDiff (Hassenzahl ve diğ., 2003) anketleri kullanılmıştır. Affect Grid bir ürünün kullanım öncesinde, kullanım sırasında ve kullanım sonrasında değerlendirilmesi için uygun olan tek ölçekli bir ankettir. Attrakdiff anketi ise bir ürünü bir süre kullandıktan sonra ve uzun süreli kullanımdan sonra değerlendirmek için kullanılan bir ankettir. Her iki anketin laboratuvar ortamında gerçekleştirilen çalışmalar için de kullanılabilir olması da çalışmaya dahil edilmeleri için belirleyici olmuştur (Vermeeren ve diğ., 2010).

2.5. Kullanılabilirlik, Kullanıcı Deneyimi ve Oyunlar

Mobil oyunların tasarımındaki ana hedeflerden biri kullanıcıyı eğlendirmek ve ilgisini çekmektir. İlgi çekmek, oyun hikâyesi, ilerleme hızı, zorluk seviyesi ve oyun mekaniği gibi tasarımın çeşitli yönleri ile sağlanabilir (Desurvire ve diğ., 2004). Ancak, çoğu oyun sürekli etkileşim gerektirdiğinden, oyun tasarımcılarının kullanılabilirlik konularına da dikkat etmesi gerekir. Kullanılabilir oyun ara yüzleri tasarlanmaması, kullanıcılar için zorlayıcı bir deneyim oluşturmakta ve oyunun genel kalitesini ve başarısını olumsuz yönde etkilemektedir (Pinelle ve Wong, 2008).

Oyunlarda görülen bazı kullanılabilirlik sorunları, görsel tutarlılık ve okunabilirlik için tasarım yapma ihtiyacı gibi diğer uygulama alanlarında görülenlerle benzerlik göstermektedir. Bununla birlikte, oyunların diğer alanlarda görülmeyen kullanılabilirlik sorunları da vardır. Örneğin, kullanıcı hataları genellikle diğer alanlarda istenmeyen bir durumdur, ancak oyunlar kullanıcılara meydan okumak ve oyun içi hedeflere ulaşmaları için yeni beceriler geliştirmeye zorlamak için tasarlandıklarından birçok oyunda kullanıcıların hata yapması beklenir(Pinelle ve Wong, 2008).

Oyunları oluşturmak için kullanılan geliştirme süreci dört ana aşamaya dayanmaktadır ve bunlar oyunun hikâyesi, oyunun kuralları, grafiksel kullanıcı ara yüzü (GUI) elemanları ve ses elemanlarıdır (Ülger, 2013). Rollings ve Morris (2003) bir oyunun kullanıcı ara yüzünün, oynanışının ve fiziksel koşullarının nasıl olması gerektiğini araştırmış ve sonucunda oyunların basit kullanıcı ara yüzlerine sahip olması gerektiğini belirtmişlerdir. Aynı zamanda mobil cihazlarda ekran kullanım

alanı küçük olmasının da etkileşimde zorluklara neden olduğu için oyunun basitliğinin en üst seviyede olması gerektiğini vurgulamışlardır.

Oyunlar ile birlikte kullanılabilirlik kavramı ile ilişkili olan oynanabilirlik kavramı da ortaya çıkmaktadır. Oynanabilirlik başarılı bir oyun tasarlamada önemli faktörlerden biridir. Kullanıcı deneyiminin kalitesini ve genel olarak bir oyunun kalitesini belirler (Ülger, 2013).

2.6. İlgili Çalışmalar

Bu bölümde özellikle BBA etkileşimi sağlayan cihazlar ile ilgili gerçekleştirilmiş kullanılabilirlik ve kullanıcı deneyimi çalışmaları ile bu tür etkileşim içeren oyunlara yönelik yapılmış güncel çalışmalar hakkında bilgi sunulmaktadır.

Özellikle düşük maliyetli EEG cihazlarının son kullanıcı uygulamalarında da kullanımının artması ile bu cihazlara yönelik bazı kullanılabilirlik çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Örneğin, düşük maliyetli bir EEG cihazı olan NeuroSky Mindset cihazının kullanılabilirlik değerlendirmesinin gerçekleştirildiği çalışmada (Rebolledo-Mendez ve diğ., 2009) 40 kullanıcıya ilgili cihaz takılı iken önceden hazırlanmış çeşitli sorular sorulmuş ve sonrasında kullanılabilirlik anketi uygulanmıştır. Kullanılabilirlik değerlendirmesinin sonucunda cihazın kullanımı ile ilgili bazı teknik sorunlar raporlanırken bazı kullanıcıların kafa boyutu ve saçlarının uzun olması nedeniyle cihazı kafaya yerleştirmede sorun yaşandığı raporlanmıştır. Neurosky cihazının kullanılabilirliğinin değerlendirildiği bir diğer çalışmada (Chuang ve diğ., 2013). 15 katılımcıya zihinsel görevler verilmiş ve çalışma sonucunda tek kanallı EEG başlığın çok kanallı EEG başlıklarla aynı doğruluğu sağlayabileceği raporlanmıştır. Kullanıcılar EEG cihazıyla verilen zihinsel görevlerin bazılarının gerçekleştirilmesinin zor olduğunu bazılarının gerçekleştirilmesinin kolay olduğunu dile getirmişlerdir. Bazı görevlerde EEG cihazının yapılan hareketlerde sinyalleri zor algılaması cihaz için kullanılabilirlik problemi olarak raporlanmıştır.

Hairston ve arkadaşları (2014) 16 katılımcı ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında Biosemi Active Two, Emotiv Epoc+, B-Alert X10, Quasar olmak üzere dört farklı EEG sistemini kullanıcılara bilişsel görevler vererek kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Katılımcılar bu testler sonucunda ABM tarafından geliştirilmiş

B-Alert X10 cihazını tercih etmişlerdir. Epoc'un bazı büyük kafa yapıları için baskı oluşturduğu, BioSemi ise kurulumunun uzun sürdüğü, Quasar'ın ağır olması ve kurulumu için çaba harcanması gerektiği sonuçları raporlanmıştır.

Arhippainen ve Tähti (2003) kullanıcı deneyimini iki farklı mobil uygulamada üç katılımcı ile değerlendirmişlerdir. Amaç mobil uygulamalarda kullanıcı deneyiminin hangi yöntemlerle değerlendirilebileceğini tanımlamaktır. Katılımcı sayısı az olduğundan kullanıcılardan görüşme ve gözlem yöntemleri ile geri dönütleri almışlardır. Gözlem ve görüşme yöntemleri ile de kullanıcı deneyiminin belirlenebildiğini tespit etmişlerdir.

Van Schaik ve Ling (2008) 111 kullanıcı ile bir web sitesinin kullanıcı deneyiminin nasıl olduğunu raporlamışlardır. Bu web sitesinin hedonik(memnuniyet ile ilgili özellikler), pragmatik(fonksiyonellik ile ilgili özellikler), iyilik, güzellik boyutlarını incelemişlerdir ve sonucunda hedonik kalitenin web sitesi kullanım tecrübesi ile pragmatik kaliteden daha istikrarlı, güzelliğin ise iyilikten daha istikrarlı olduğunu raporlamışlardır.

İnsan Bilgisayar Etkileşimindeki bilginin oyunlarda BBA tasarımına uygulanmasının sonuçlarını tartışan bir çalışmada (Oude Boss ve diğ., 2010) öğrenilebilirlik, hatırlanabilirlik, verimlilik, etkinlik, güvenlik ve memnuniyet kavramları bu bağlamda açıklanmaktadır. Oyunlarda zamanlama ve hassas kontrolün dikkat edilmesi gereken önemli unsurlardan olduğu belirtilmiştir. Oyunun adaptasyonu için, duygusal (affective) BBA'nın kendi başına hızlı ve hassas bir yöntem olabileceği belirtilmiştir.

BBA'nın 3 boyutlu video oyunları için uygun olup olmadığını araştıran bir çalışmada (Lotte, 2011) ise kullanılabilirlik ve performanslarla ilgili çeşitli sonuçlar raporlanmıştır. BBA'nın çalışmada ulaşılan sınırlamalara rağmen hala yararlı ve daha fazla araştırılması gereken umut verici bir alan olduğu sonucuna varılmıştır.

Chu ve Wong (2014) 10 katılımcı ile yaptıkları çalışmada dikkatin (örneğin odaklanma, konsantrasyon) ve meditasyonun (örneğin sakinlik) mobil girdiler arasında nasıl farklılaştığını incelemek amacıyla mobil oyunlar için mobil etkileşim girdisine odaklanmaktadırlar. Kullanıcılara iki tür tuşlu telefon verilerek mobil

oyunu oynamaları istenmiş ve mobil platformla etkileşime giren kullanıcıların duygu durumunu ölçmek için NeuroSky Mindware başlığı kullanılmıştır. Sonuçlar, oyuncuların dikkatinin kolay basılabilen tuşta daha düşük olduğunu gösterirken, zor tuşta meditasyon ve dikkat düzeyinin kolay basılabilen tuştan daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Van de Laar ve arkadaşları (2013) bir Emotiv Epoc cihazı kullanılarak sağlanan bir BBA'nın popüler World of Warcraft (WoW) oyununda kullanılmasının kullanıcı deneyimini etkileyip etkilemediğini araştırmıştır. Deneyde deneyimli ve deneyimsiz toplam 42 WoW oyuncusun bir BBA etkileşimi ile bir de BBA etkileşimsiz oyunu oynaması sağlanmıştır. Katılımcılar bu deneyim sonunda EEG başlığıyla oyun oynamayı eğlenceli bulduklarını ifade etmişlerdir. Süre farklarına bakıldığında anlamlı bir ilişki bulunamamış ve bunun kullanıcı deneyimiyle ilgili değil kişiye özgü olduğunu raporlamışlardır.

Clau ve Pereira (2019) çalışmasında, daha önce EEG cihazı kullanmamış katılımcılara "Space Invader" oyununun konseptine dayanarak tasarladıkları "MindInfinity" adlı bir oyunu hem klavye hem de EEG başlık kullanarak oynatmış ve bu iki versiyonu kıyaslamıştır. Çalışmada EEG cihazı olarak Emotiv Insight başlığı kullanılmıştır. Oyun sonrası katılımcılara EEG başlık ile ilgili kullanılabilirlik anketi sunularak sonuçlar raporlanmıştır. Genel olarak, katılımcılar EEG başlığının oyunu daha ilginç ve eğlenceli hale getirdiğini düşündüklerini diğer taraftan ise oyun öğelerini kontrol etmede etkinlik ve hız açısından cihazın yetersiz kaldığını raporlamışlardır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmada kullanıcı deneyiminin belirlenmesine yönelik olarak İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) alanında kullanılabilirlik değerlendirmeleri için de kullanılan yöntemlerden biri olan kullanılabilirlik testi uygulanmıştır. Kullanılabilirliğin değerlendirilmesi için kullanılan bu yöntem değerlendirilmesi istenen ara yüz ile belirlenen hedef kitleye belirlenen görevlerin yaptırılması ve bu süreçte kullanıcıdan verimlilik, etkililik ve memnuniyet değerlerinin alınmasını içermektedir (Rubin'den aktaran Dumas ve Redish, 1999). Ancak kullanıcı deneyiminin değerlendirilmesi için kullanılabilirlik testleri için belirlenen değerlendirme ölçütleri tek başına yeterli gelmemektedir. Çünkü kullanıcı deneyimi kullanılabilirliği de içerecek şekilde kullanıcıların etkileşim öncesi sırası ve sonrasındaki tüm deneyimlerine yönelik olarak duygu durumlarının tespitini de içermesi gerekmektedir (Riviero ve Conte 2017). Böylece kullanıcı deneyimi etkileşimli ürünlerin kullanım sırasındaki kalitesinin anlaşılması ve araştırılması için daha kapsayıcı bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır (Bargas-Avila ve Hornbaek, 2011).

Araştırma kapsamında yapılan kullanıcı testi sonucunda elde edilen bulgular verimlilik, etkililik, memnuniyet ve kullanıcı deneyimi kapsamında raporlanmaktadır. Verimlilik, kullanıcıların hedeflere ulaşmasında harcanan süre, etkililik kullanıcıların verilen hedeflere ulaşma konusundaki doğruluk oranı ve memnuniyet ise ürünün kullanımındaki olumlu yorumlar olarak ifade edilmektedir. Kullanıcı deneyimi, kullanıcıların bir ürünü, bir hizmeti, bir uygulamayı veya bir sistemi kullanırken yaşadıkları duygu durumunu ifade eder ve kullanıcının, üründe ne kadar iyi gezinebileceği, ürünün kullanımının ne kadar kolay olduğu, görüntülenen içeriğin ne kadar alakalı olduğu ile ilgili her şeyi kapsayan geniş bir kavramdır (URL-6).

Bu çalışma kapsamında kullanıcılara mobil bir hafıza/dikkat oyunu oynatılarak düşük maliyetli bir EEG cihazı kullanılarak sağlanan bir BBA'nın kullanıcı deneyimi değerlendirilmiştir. Bu amaçla Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü

İnsan Bilgisayar Etkileşimi Araştırma Laboratuvarı bünyesinde bir kullanıcı testi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular doğrultusunda cevaplanmak istenen araştırma soruları aşağıda listelenmektedir.

- BBA ara yüzü ile etkileşim sırasında
- Kullanıcı bakış açısından karşılaşılan en büyük sınırlamalar / zorluklar nelerdir?
- Kullanıcıların yaşadığı kullanıcı deneyimi sırasında kullanıcıların duygu durumları ne şekilde etkilenmektedir?
- Karşılaşılan kullanılabilirlik problemleri nelerdir?
- Etkileşimin anlaşılmasına ve kullanılmasına yardımcı olmak için bir BBA sisteminde neler yapılabilir?

3.1. Katılımcılar

Çalışmada 10 erkek 2 kadın olmak üzere toplam 12 gönüllü katılımcı ile kullanıcı testi gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya katılım tamamıyla gönüllülük esasına göre sağlanmıştır. Örneklemin belirlenmesinde amaçlı ve uygun örnekleme kullanılmıştır. Böylece kolay ulaşılabilen aynı zamanda da bilgisayar oyunlarına yönelik ilgisi olan ve günlük yaşantılarında oyun oynayan katılımcılar belirlenmiştir. Katılımcılardan üçü Bilgisayar Mühendisliği Bölümü lisans, dördü yüksek lisans ve üçü doktora programlarına kayıtlı öğrenciler iken bir tanesi İşletme Bölümü lisans ve bir tanesi de Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği lisans düzeyindeki öğrencilerden oluşmaktadır. Katılımcılar çalışmaya dahil edilirken BBA etkileşimi için kullanılan EEG cihazını kullanma konusunda deneyimli ve deneyimsiz grupların oluşturulması da sağlanmaya çalışılmıştır. Katılımcılara ait demografik bilgileri içeren özet bilgi Tablo 3.1'de yer almaktadır. Katılımcılardan deneyimli olanlar için uzman kelimesinin ilk harfi 'U' , deneyimsiz olanlar için ise deneyimsiz kelimesinin ilk harfi olan 'D' kodlaması kullanılmıştır.

Tablo 3.1. Demografik bilgiler

Katılımcılar	Yaş	Cinsiyet	Bölüm	Öğrenim Seviyesi	Oyun Oynama Sıklığı
U1	23	E	Bilgisayar Mühendisliği	Lisans	Her gün 1-2 saat
U2	21	E	Bilgisayar Mühendisliği	Lisans	Her gün 1-2 saat
U3	21	E	Bilgisayar Mühendisliği	Lisans	Her gün 1-2 saat
U4	30	E	Bilgisayar Mühendisliği	Doktora	Haftada birkaç gün birkaç saat
D1	35	E	Bilgisayar Mühendisliği	Doktora	Haftada birkaç gün birkaç saat
D2	28	E	Bilgisayar Mühendisliği	Yüksek Lisans	Haftada birkaç gün birkaç saat
D3	28	K	Bilgisayar Mühendisliği	Doktora	Haftada birkaç gün birkaç saat
D4	23	E	İşletme	Lisans	Haftada birkaç gün birkaç saat
D5	27	E	Deniz Ulaştırma ve İşletme Mühendisliği	Lisans	Haftada birkaç gün birkaç saat
D6	23	E	Bilgisayar Mühendisliği	Yüksek Lisans	Her gün 1-2 saat
D7	24	E	Bilgisayar Mühendisliği	Yüksek Lisans	Her gün 1-2 saat
D8	23	K	Bilgisayar Mühendisliği	Yüksek Lisans	Haftada birkaç gün birkaç saat

D1 katılımcısının diğer katılımcılar ile hesaplanan süre farkı kafa yapısından dolayı cihazın yerleştirilmesinde ve sinyal elde etmede yaşanan zorluklar nedeniyle fazla olduğundan değerlendirmelerden çıkarılmıştır. Bunun sonucunda da kullanıcı çalışması 4 deneyimli ve 7 deneyimsiz katılımcı ile gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmeye dahil edilen katılımcıların yaş ortalaması 24,81'dir.

Kullanılabilirlik testi sırasında kullanılacak mobil oyunla ilgili deneyim eksikliğinin BBA ara yüzüne ait değerlendirme sonuçlarını etkilememesi için oyunun kullanıcı testinden bir hafta önce katılımcıların kendi telefonlarına yüklemeleri sağlanıp her gün ez az 5-10 dk oynamaları istenmiştir.

3.2. Kullanılabilirlik Testi Prosedürü

Kullanılabilirlik testini gerçekleştirmek için yapılan çalışma ve takip edilecek test süreci için Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Etik Kurulu'ndan Ek-A'de yer alan etik kurul onayı alınmıştır. Katılımcıların davranışlarını daha sonra araştırmacının incelemesi için katılımcılar test boyunca kullanılan bilgisayarın kamerası ile kayıt altına alınmıştır. Katılımcılara kullanılabilirlik testi süresince bir

test gözlemcisi yol göstermiştir. Test sırasında uygulanan aşamalar ve adımlar Şekil 3.1'de izlenmekte ve aşağıda açıklanmaktadır.

Aşama 1: Ön-hazırlık

1. Testin başında katılımcılara çalışma ile ilgili kısa bir açıklama yapılarak Ek-B'de yer alan Bilgilendirilmiş Onam Formunu okumaları ve çalışmaya katılmayı kabul ettiklerine dair formu imzalamaları istenmektedir.
2. Katılımcılardan demografik bilgilerine yönelik olarak Ek-C'de yer alan "Kullanıcı Demografik Bilgi Anketi'ni" doldurmaları istenmektedir.
3. Daha sonra katılımcıların kafasına EEG cihazı yerleştirilerek gerekli kalibrasyon işlemleri uygulanırken her bir kullanıcı için bu işlemin ne kadar sürdüğü kaydedilmektedir. Bu sırada oluşan problemler de test sırasında kullanılan bilgisayarın kamerası ile kayıt altına alınmaktadır.
4. Cihaz takıldıktan sonra katılımcılar için cihazın kalibrasyonu test gözlemcisi tarafından yapılmakta ve gereksiz sinyallerin toplanmaması açısından çok hareket etmemeleri konusunda katılımcılar uyarılmaktadır

Aşama 2: EEG başlık eğitim fazı

5. Katılımcılardan Ek-D'de yer alan kullanıcı deneyimi değerlendirme yöntemlerinden Affect Grid (Russel ve diğ. ,1989) ile kullanım öncesi duygusal beklentilerinin alınması sağlanmaktadır.
6. Bu aşamada oyundaki her bir komuta karşılık gelen göz hareketleri için rastgele sıralarda verilen görevlerin yapılması istenmektedir.
7. Her bir komutun başarılı olarak değerlendirilmesi için katılımcıya 10 sn. süre tanınmakta ve bu süre sonunda tamamlayamazsa katılımcı başarısız sayılarak yeni bir komut verilmektedir. Başarılı komutlara ait başarım oranları bilgisi kaydedilmektedir.
8. Fakat bazı kullanıcılarda verilen 10 saniye içerisinde hiçbir komut hareketi algılanamamıştır. Bu kullanıcılarda en azından bir komutun algılanmasını sağlamak için threshold değerlerde ayarlama yaparak eğitim süresi biraz uzatılmıştır.

9. Komut eğitimi sağ göz kırpma, sol göz kırpma, iki göz kırpma olarak toplam 10 komuttan oluşmaktadır. (Örnek rastgele komut sıralaması: sağ, sağ, sol, sağ, sol, iki göz, sağ, sağ, sol, iki göz).
10. Eğitim fazının hemen sonunda yine Ek 4'de yer alan Affect Grid değerlendirme yöntemi ile kullanım ile ilgili duygusal durumun alınması sağlanmaktadır.
11. Kullanıcı deneyimi değerlendirme yöntemi olarak Ek-E'de yer alan Attrakdiff (Hassenzahl ve diğ., 2003) anketi kullanılmaktadır.
12. Daha sonra kullanıcının biraz dinlenmesi için 3 dakikalık bir ara verilmektedir. Aradan sonra yeniden kalibrasyon ve 5 dk'lık komut denemesi uygulanıp oyuna ait eğitim fazına geçilmektedir.

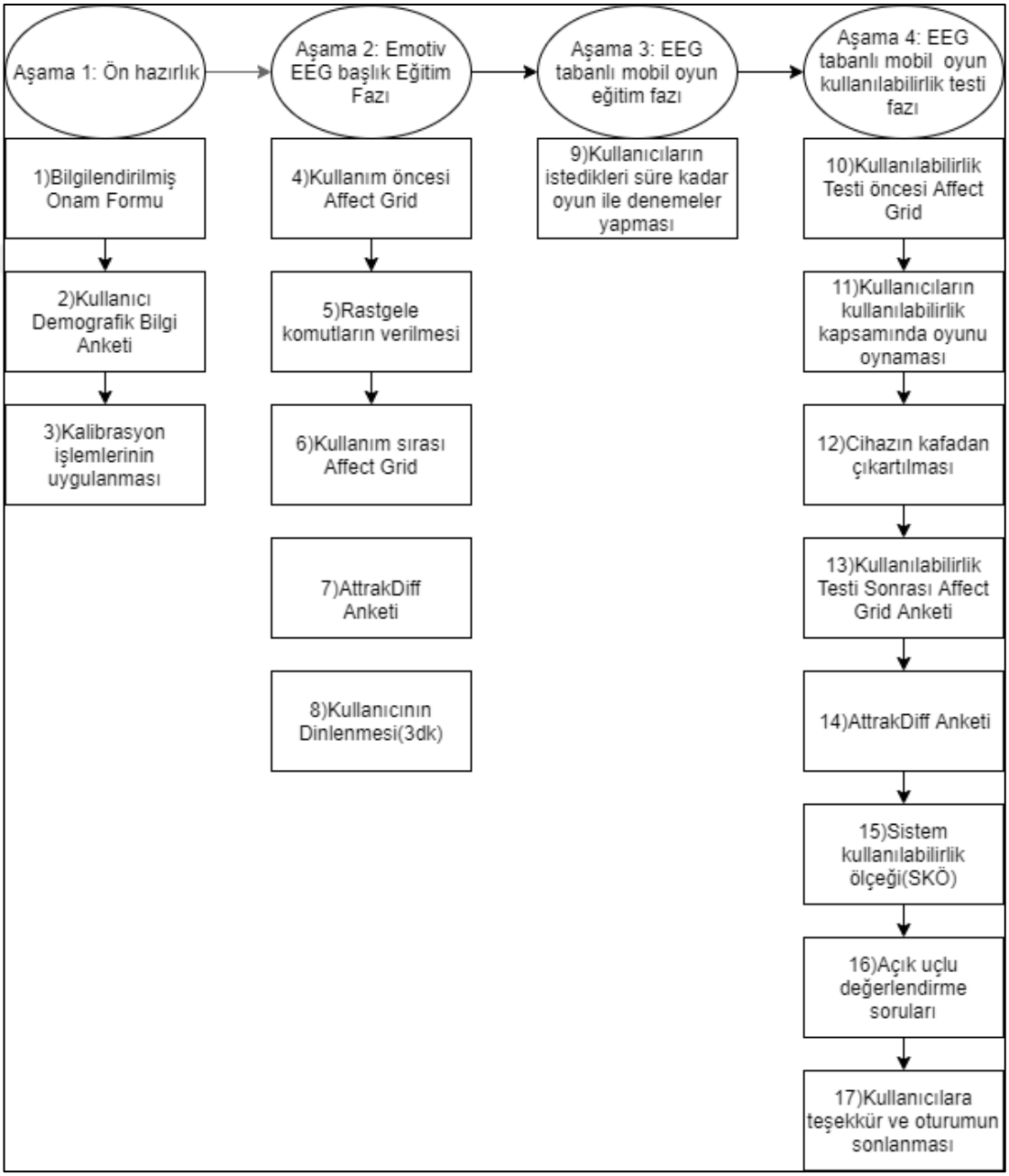
Aşama 3: EEG-tabanlı mobil oyun eğitim fazı

13. Kullanıcıların rahat etmesi açısından istedikleri süre kadar başlık ile oyun oynamaya aşina olmaları için bu aşamada önce oyunu oynamaları sağlanmaktadır. Her bir kullanıcının mobil oyun eğitim fazı süreleri kaydedilmiştir. Uzman kullanıcılar ile deneyimsiz kullanıcılar arasında bir süre farkının olup olmadığını tespit etmek için mobil oyun eğitim fazında süre kaydı yapılmıştır. Deneme süresi bittikten sonra katılımcılar asıl test oturumu kapsamında oyunu oynamaya başlamaktadır. Oyun eğitim fazında kullanıcıların oyunu rahat oynayacakları mimikleri seçmeleri istenmiştir. Kullanıcılar mimiklerini belirleyerek oyunu oynamışlardır.

Aşama 4: EEG-tabanlı mobil oyun kullanılabilirlik testi fazı

14. Kullanıcılar mobil oyun test fazı öncesi duygu durumunu belirtmek için Ek-D'de yer alan Affect Grid anketini doldurmaktadırlar
15. Kullanılabilirlik testine ait test oturumuna bu aşamada başlanmaktadır Kullanıcılar oyunu iki tur oynamaktadırlar ("kazandı" veya "kaybetti" ile her bir tur sona ermektedir). Her bir kullanıcının her bir tur için oynadığı süre kaydedilmektedir
16. Kullanıcılar testi tamamladıktan sonra cihaz kafadan çıkartılmaktadır
17. Test sonrası kullanıcıların duygu durumunun belirlemek için Affect Grid,
18. Test sonrası kullanıcı deneyimini değerlendirmek için Attrakdiff,

19. Test sonrası kullanılabilirlik değerlendirmesi için Ek-F'da verilen SKÖ (Brooke, 1996) anketleri kullanıcılara sunulmaktadır
20. Son olarak kullanıcılardan genel geri bildirim almak için Ek-G 'da yer alan açık uçlu sorular ile de görüşmeler gerçekleştirilmiştir.
21. Kullanıcılara teşekkür edilerek kullanılabilirlik testi sonlandırılmıştır.



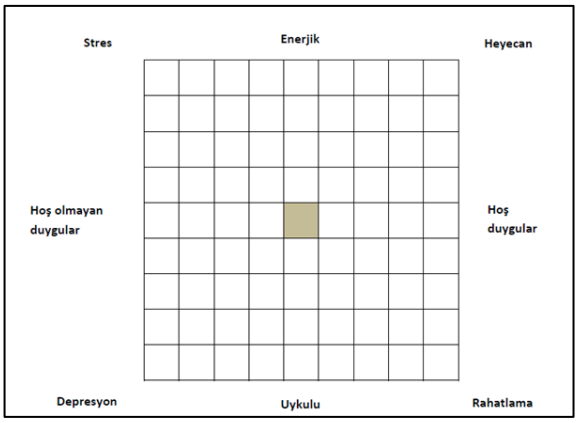
Şekil 3.1. Test akışı

3.3. Kullanılan Veri Toplama Araçları

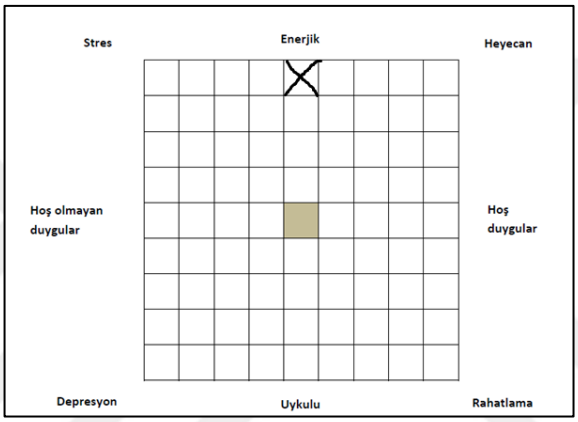
3.3.1. Anketler

Katılımcılardan kullanılabilirlik testinin başında demografik bilgilerini elde etmek için Ek-C'de yer alan "Kullanıcı Demografik Bilgi Anketi"ni doldurmaları istenmiştir. Bu anket ile yaş, cinsiyet, eğitim durumu gibi bilgileri ile EEG cihazı ile katılımcıların varsa sahip oldukları deneyimleri ile ilgili bilgiler toplanmıştır.

Katılımcılardan kullanım öncesi, kullanım sırası ve oyun öncesi, oyun sonrası duygu durumlarını elde etmek için Şekil 3.2'de yer alan Affect Grid (Russel ve diğ., 1989) değerlendirme anketi kullanılmıştır. Affect Grid açıklayıcı veya öznel bir niteliğin etkileriyle ilgili tahminde bulunmayı gerektiren herhangi bir çalışma için potansiyel olarak uygundur. Affect Grid anketi 9*9 kare bir matristir ve tek seçenekli bir ölçektir. Yani anket üzerinde tek bir işaretleme yapılmaktadır (Şekil 3.2). Affect Grid, duygunun iki boyutunu değerlendirmek için tasarlanmıştır. Bunlar zevk (hoş ve hoş olmayan) ve uyarılma (enerjik ve uykulu) ile ilgili duygu durumlarıdır. Katılımcılardan anketin uygulanması sırasında sadece bir kareye o andaki duygu durumlarını ifade edecek konuma bir işaret koymaları istenmiştir (Şekil 3.3). Şekil 3.3'de Affect Grid ölçeğinin değerlendirilmesinde katılımcının zevk (P) puanı için hoş ve hoş olmayan duygular (pleasure-displeasure) yatay eksendeki kareler 1'den 9'a doğru soldan sağa sayılarak hangi kare katılımcı tarafından işaretlenmiş ise ona ait puan alınır. Uyarılma (A) puanı için ise enerjik-uykulu (arousal-sleepiness) dikey eksenindeki kareler aşağıdan yukarı 1'den 9'a kadar sayılarak işaretli kareye ait olan değer alınır(Russel ve diğ., 1989). Örneğin Şekil 3.3'ün puanı zevk (hoş ve hoş olmayan) için 5 (P = 5) ve uyarılma (enerjik ve uykulu) için ise 9'dur (A =9). Bu puanlama, değerlendirilen etkileşiminin ne hoş ne de hoş olmayan nötr bir duygu olduğunu ancak enerjik bir duygu olduğunu göstermektedir. Eğer puanlama zevk (hoş ve hoş olmayan) için 5 (P=5) ve uyarılma (enerjik ve uykulu) için 5 (A=5) olarak işaretlenirse zevk için ne hoş ne de hoş olmayan nötr bir duygu, uyarılma için de aynı şekilde ne enerjik ne de enerjik olmayan nötr bir duygu durumunu ifade etmektedir. Yani (A=5, P=5) karesi işaretlendiğinde bu durum iki duygu için de nötr bir duygu durumu olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3.2. Affect Grid



Şekil 3.3. Affect Grid doldurulması

Katılımcılardan yine kullanıcı deneyimlerine yönelik değerlendirme elde etmek için Ek 5'de yer alan AttrakDiff anketi kullanılabilirlik testi sonunda kullanılmıştır. Anketin orijinali 21 maddeden oluşmaktadır (Hassenzahl ve diğ., 2003). Ancak bu çalışmada katılımcıların daha rahat bir şekilde ve daha kısa bir sürede kullanıcı deneyimlerini belirtmesi için 10 maddelik kısa sürümü kullanılmıştır (Hassenzahl ve Monk, 2010). AttrakDiff anketi ile kullanıcılar sistem hakkındaki duygularını belirtebilir. AttrakDiff anketinde kullanıcı deneyiminin hem pragmatik hem de hedonik boyutları semantik farklılıklar ile incelenmektedir. Pragmatik kalite, ürünün "telefon görüşmesi yapma", "çevrimiçi bir kitapçıda kitap bulma", "web sayfası kurma" gibi "hedeflere" ulaşma özelliğini destekleme algısı anlamına gelir. Pragmatik kalite, potansiyel görevlerle ilgili olarak ürün kullanımına ve kullanılabilirliğine odaklanmayı gerektirir. Hedonik kalite, ürünün "yetkin olmak", "başkalarıyla ilişkili olmak", "özel olmak" gibi "hedefler"in başarılmasını destekleme yeteneğini ifade eder. Hedonik kalite, şahsiliğe, yani neden birisinin belirli bir ürüne

sahip olduğunun ve kullandığının sorusu üzerine odaklanmayı gerektirir (Hassenzahl, 2008). Kullanıcıların duygularını belirtmesi için zıt kutuplu sıfatlar içermektedir. Örneğin; kafa karıştırıcı-açık, sıra dışı-sıradan, iyi-kötü vb. Anket skorları hesaplanırken 7 seçenekli ölçeğin puanları -3,-2,-1, 0, 1, 2, 3 olarak belirlenir ve -3 en negatif puan, +3 ise en pozitif puan olarak değerlendirilir (Feng ve Wei, 2019). Kafa karıştırıcı - teorik, kullanışsız - pratik, öngörülemeyen - tahmin edilebilir, karmaşık - basit kelime çiftleri pragmatik kaliteyi (Pragmatik Quality - PQ) belirlemektedir. Donuk - cezbedici, pejmürde - zarif, ucuz – değerli, yaratıcı olmayan - yaratıcı kelime çiftleri ise hedonik kalite (Hedonic Quality - HQ) belirlemektedir. Kötü - iyi, çirkin - güzel kelime çifteleri de sistemin genel çekiciliğini belirlemektedir (Hassenzahl ve Monk, 2010).

Katılımcıların BBA ara yüz ile ilgili genel bir kullanılabilirlik değerlendirmesi sağlamaları için Ek-6'da yer alan Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği (SKÖ) (System Usability Scale (SUS)) (Brooke, 1996) kullanılmıştır. SKÖ, web sitelerinin, yazılımların, donanımların, mobil cihazların ve diğer teknolojik uygulamaların kullanım kolaylığını (veya bunların eksikliğine) bir bakışta değerlendirmeyi sağlayan 10 ifadeden oluşmaktadır. 5'li Likert ölçeği kullanan SKÖ temelde kullanılabilirliği değerlendirmek için oluşturulmuş bir ankettir. Anketin değerlendirilmesi sonucunda değerlendirilen sistem ile ilgili bir kullanılabilirlik skoru hesaplanabilmektedir. Tablo 3.2'den görülen SKÖ puan aralıklarına göre, elde edilen skor ile değerlendirilen sistemin hangi sınıfta olduğu belirlenmektedir (Lewis ve diğ., 2015; Sauro ve Lewis, 2012). Sauro Lewis eğri sınıflandırma ölçeği (Sauro-Lewis curved grading scale- SL-CGS) olarak bilinen bu tablo kullanılabilirlik çalışmalarında elde edilen ortalama SKÖ puanlarının yorumlanmasına yardımcı olmaktadır. Örneğin bir değerlendirme sonucunda SKÖ skoru 78 ise Tablo 3.2'ye göre bu sistemin sınıfı A- ve yüzdelik aralığı 85-89 olarak belirlenmektedir.

Tablo 3.2. Sauro - Lewis eğri sınıflandırma ölçeği

SKÖ Puan Aralığı	Sınıf	Yüzdelik Aralık
84,1-100	A+	96-100
80,8-84,0	A	90-95
78,9-80,7	A-	85-89
77,2-78,8	B+	80-84

Tablo 3.2. (Devamı) Sauro - Lewis eğri sınıflandırma ölçeği

74,1-77,1	B	70-79
72,6-74,0	B-	65-69
71,1-72,5	C+	60-64
65,0-71,0	C	41-59
62,7-64,9	C-	35-40
51,7-62,6	D	15-34
0-51,7	F	0-14

SKÖ skorunun hesaplanması aşağıda maddeler halinde verilmiştir:

- İfadeler 0'dan 4'e kadar ölçeklendirilir (kesinlikle katılmıyorum=0, kesinlikle katılıyorum=4).
- İlk olarak tek numaralı ifadelere verilen puan (X)'dan 1 çıkartılır (X-1).
- Çift numaralı ifadelere verilen puanı (X) 5'ten çıkartılır(5-X).
- Hesaplanan öğeler toplanır ve 2,5 ile çarpılır. (Sauro ve Lewis, 2011).

SKÖ skorunun ortalama değeri (%50) 68 olarak alınmaktadır ve SKÖ skorunun 68'den büyük olması sistemin ortalamanın üstünde 68'in altında olması sistemin ortalamanın altında olduğuna işaret etmektedir ve sistem ortalama sınıf olarak C sınıfındadır (Sauro, 2018). Kullanılabilirlik değerlendirmesi en yüksek olan ürünler A+ sınıfına girmekte ve yüzdelik aralığı 96-100 arasında bir değer olmaktadır. Kullanılabilirlik değerlendirmesi C sınıfından daha alt seviyede olan ürünlerin ise kullanılabilirlik yönünden problemleri olduğu yönünde yorumlar yapılabilmektedir.

SKÖ puanının hesaplamasında 5 likert ölçeği kullanılmıştır fakat bulgular bölümünde yorumlanması kesinlikle katılmıyorum ile katılmıyorum yanıtları birleştirilerek, kararsızım yanıtları aynı kalarak ve kesinlikle katılıyorum ile katılıyorum yanıtları birleştirilerek sunulmuştur.

3.3.2. BBA etkileşimi donanımı (Emotiv Epoc+ EEG Başlık)

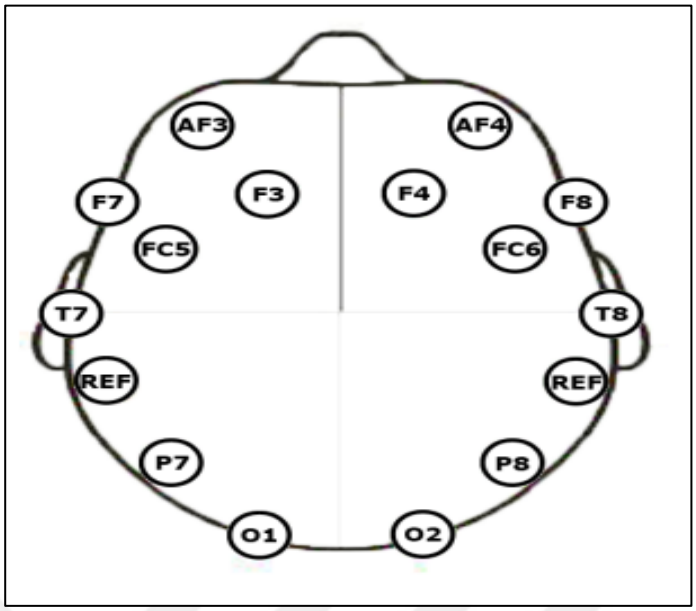
Araştırma kapsamında mobil oyun ile BBA etkileşimi sağlama amaçlı olarak Emotiv şirketi tarafından geliştirilen Emotiv Epoc+ kablosuz EEG başlığı kullanılmıştır (Şekil 3.4). Bu cihaz Aralık 2009'da Emotiv şirketi tarafından, belirli zihinsel ve fiziksel durumları tanımak için düşük maliyetli bir cihaz olarak piyasaya sunulmuştur. EEG cihazları beyinde oluşan elektriksel dalgalanmaları tespit etmek

için kafa derisine yerleştirilen elektrotları kullanır. Emotiv Epoc+ cihazı 14 elektrod ve 2 referans kanaldan oluşmaktadır. Elektrotlar 10-20 sistemine göre yerleştirilmiştir (Şekil 3.5). Epoc+ cihazının elektrotları, CMS / DRL referans kanalları olarak görev yapan iki ek sensörle birlikte AF3, AF4, F3, F4, F7, F8, FC5, FC6, P7, P8, T7, T8, O1, O2'dir (McMahan ve diğ., 2015). Elektrotlardan alınan sinyaller bilgisayara kablosuz olarak gönderilir. Emotiv EPOC+ cihazının elektrotlarının kullanılmadan önce tuzlu su çözeltisi kullanılarak nemlendirilmesi gerekmektedir.

Uzun yıllar süren EEG araştırmalarından sonra beyin dalgası ritimleri farklı frekans bantlarına ayrılmıştır (Lang, 2012) . Bu dalgalar delta (0,1-3,5 Hz), teta (4-7,5 Hz), alfa (8-13 Hz), beta (14-30 Hz), gama (> 30 Hz) dalgalarıdır. Bu dalgaların çevremiz ve yaptığımız faaliyetler değiştikçe beynimizin durumunu yansıttığı bulunmuştur (Lang, 2012). EEG cihazı bu dalgalar yardımıyla duygu tanıma amaçlı da kullanılabilmektedir. Cihaz aynı zamanda gülme, göz hareketleri, uyku hali, heyecan, korku gibi duyguları da topladığı sinyal üzerinden tahmin edebilmektedir. Bu çalışmada oyun ile etkileşim katılımcıların gülme, göz kırpma gibi yüz ifadelerini kullanmalarıyla gerçekleşmektedir.



Şekil 3.4. Emotiv Epoc cihazı



Şekil 3.5. 10-20 sistemine göre elektrodların dizilişi

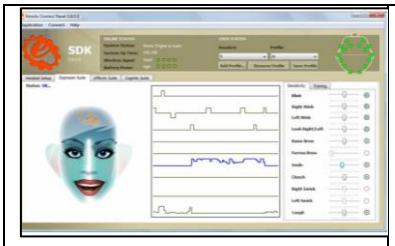
Emotiv EEG başlık tarafından toplanan veriler bilgisayara kablosuz bir kanal aracılığıyla gönderilir. Çalışmada EEG sinyallerin alınıp alınmadığını kontrol etmek için kullanılan diz üstü bilgisayar ASUS marka K55V modeldir ve 64 bit işletim sistemine sahiptir. EEG başlıktan toplanan verileri işlemek için Emotiv Control Panel altında Şekil 3.6'da görülen EmoEngine ara yüzü kullanılmaktadır. EmoEngine ara yüzü EngineStatus ve UserStatus durumlarını gösterir (URL-7). EngineStatus cihazın genel durumu, sistemin çalışma süresi, cihazın kablosuz sinyalinin güçlü mü zayıf mı olduğu ve cihazın batarya seviyesi hakkındaki bilgileri kullanıcıya göstermektedir. UserStatus kullanıcı profillerini yönetmek, kullanıcı profilleri arasında ekleme, kaldırma ve kaydetme işlemlerinin yapılması için kullanılmaktadır.



Şekil 3.6. EmoEngine durum paneli

EmoEngine beyin dalgalarının işlenmesi için ifade birimi (Expressive Suite), duygusal birim (Affective Suite) ve bilişsel birim (Cognitive Suite) olmak üzere Şekil 3.7(a) – 3.7(c)'de görülen 3 tane tanımlama birimi sağlar. İfade birimi EPOC

başlık ile ölçülen sinyallerin gerçek zamanlı olarak yüz ifadelerinin yorumlanmasını, duygusal birim kullanıcının duygusal durumlarını gerçek zamanlı olarak izlenmesini, bilişsel birim kullanıcının bilinçli düşüncelerinin yorumlanmasını sağlar. Tez çalışmasında cihazın sağladığı yüz ifadelerini dönüştüren ifade birimine ait araçlar ve ara yüzler kullanılmaktadır.



Şekil 3.7. (a) İfade birimi(Expressive Suite) paneli



Şekil 3.7. (b) Duygusal birim (Affective Suite) paneli



Şekil 3.7. (c) Bilişsel birim (Cognitive Suite) paneli

Tablo 3.3'de mobil oyun sırasında etkileşimin sağlanması için kullanılan örnek yüz ifadeleri ve mobil oyundaki kullanım anlamlarının eşleşmesi sunulmaktadır. Küp seçiminde küpler arasında geriye doğru gitmek için kaşları kaldırma, ileri doğru gitmek için burun büzme, seçim yapmak içinse gülümseme ifadeleri kullanılmaktadır. Örneğin katılımcı oyun oynama sırasında gülümseme ifadesini kullanıyorsa bu küpün seçilmesi için komut verdiğini göstermektedir. Ancak test esnasında bütün kullanıcılarda aynı yüz ifadeleri benzer sonucu vermediği için aynı görevlerde farklı yüz ifadeleri de kullanılması sağlanmaktadır. Örneğin bir kullanıcı küpü seçmek için gülümsemeyi kullanıyorken diğer kullanıcı kaşlarını kaldırma ifadesini kullanabilmektedir.

Tablo 3.3. Örnek eşleştirme bilgisi

Yüz ifadeleri	**Mobil oyundaki anlamları**
Kaşları kaldırmak	Küp seçiminde küpler arasında geriye doğru gitmek
Burun büzmek	Küp seçiminde küpler arasında ileriye doğru gitmek için
Gülümseme	Küp seçimi

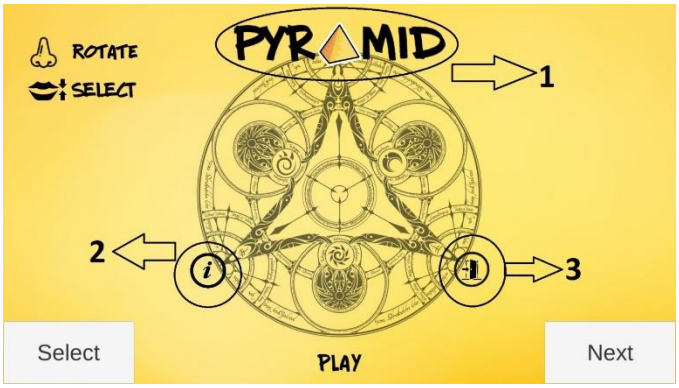
3.3.3. Mobil oyun donanımı

Katılımcıların her birine kullanılabilirlik testi sırasında mobil oyunu oynamaları için aynı mobil cihaz sağlanmıştır. Mobil oyun sadece Android işletim sistemine uygun olduğundan testler yalnızca Android işletim sistemli cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Test için kullanılan cihaz Huawei P20 Lite cihazıdır.

3.3.4. Mobil oyun yazılımı

Kullanılabilirlik testi sırasında BBA ara yüzünü değerlendirmek amaçlı mobil oyun etkileşimi sağlamaya yönelik olarak kullanılan oyun, kullanıcıların ekranda seçimler gerçekleştirdiği bir dikkat/hafıza oyunudur (Allocate Games, 2019). Oyunda kullanıcılardan renkli küplerin bulunduğu bir ara yüze bakıp bir sonraki ekranda renkli küplerin rengini kaybetmesi üzerine istenen renkteki küpleri bu ekranda hatırlayarak bulmaları istenmektedir.

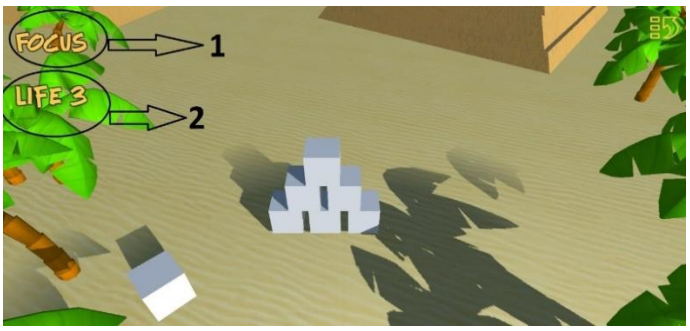
Oyunun ana menü ekranında Şekil 3.8'de görüldüğü gibi üç ayrı komut düğmesi vardır. Bunlardan en üstteki 1 numaralı komut düğmesi oyuna başlamayı, sol alttaki 2 numaralı komut düğmesi oyun kontrolleri hakkında bilgi almayı, sağ alttaki 3 numaralı kontrol düğmesi ise oyundan çıkış yapmayı sağlamaktadır. Düğmeler arası next butonu ile geçiş yaptıkça ortada bulunan çark da beraberinde dönmektedir. Seçim yapmak için ise select butonuna tıklanması gerekmektedir.



Şekil 3.8. Ana menü ekranı

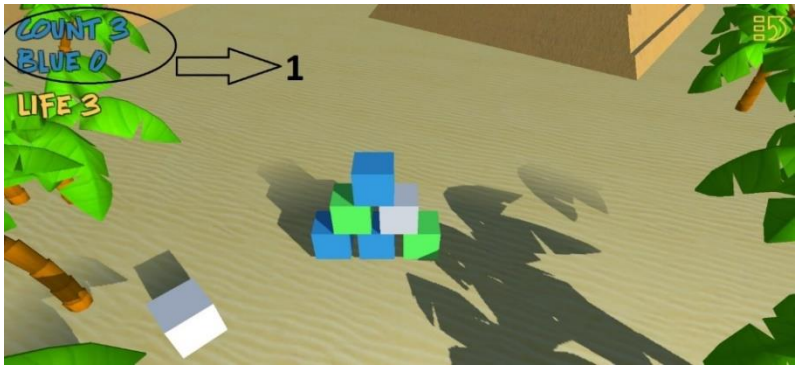
Play butonu seçildiğinde Şekil 3.9'daki gibi oyunun başlangıç ekranı gelir. İlk olarak küpler renksiz bir şekilde gözükür. İlk olarak 1 numaralı bölümdeki 'focus' yazan yere odaklanma sağlanması gerekmektedir. Burada birkaç saniye sonra hangi renkten

ve kaç tane küp bulunacağı belirtilmektedir. 2 numaralı bölümde ise oyundaki can sayısı belirtilmektedir.



Şekil 3.9. Oyun başlangıç ekranı

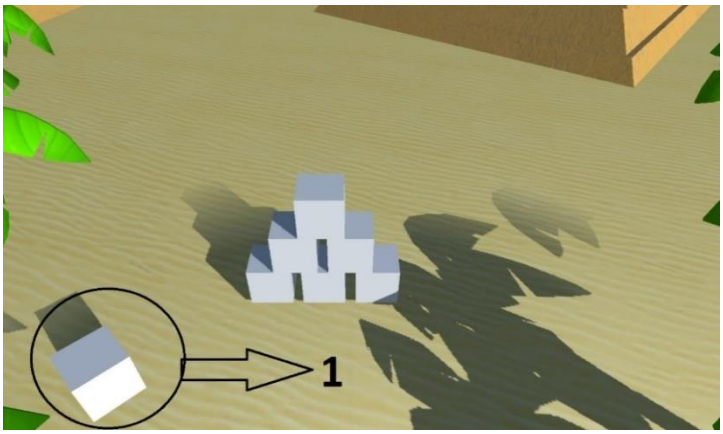
Oyun ekranı geldikten (Şekil 3.9'dan) birkaç saniye sonra küpler renkleriyle beraber görünür ve kullanıcıdan Şekil 3.10'da sol üstteki işaretli 1 numaralı bölümde görüldüğü gibi bir sonraki ekranda kullanıcının bulması istenen rengin ve belirtilen rengin kaç tane olduğu bilgisi sunulmaktadır. "Count", bölümdeki toplam bulmamız gereken küp sayısını "Blue" ise bulunması gereken küplerin rengini ve şu ana kadar bölümde doğru şekilde oyuncu tarafından bulunmuş olan o renkteki küplerin sayısını göstermektedir. Şekil 3.10'daki örnekte sunulan "Blue: 0" bilgisi seçilecek küpün mavi renkli olduğunu ve bu ana kadar 0 tane mavi küp bulunduğu bilgisini göstermektedir. 'Count: 3' bilgisi ise mavi renkli küplerin üç tane olduğunu göstermektedir.



Şekil 3.10. Bulunacak küplerin görülmesi

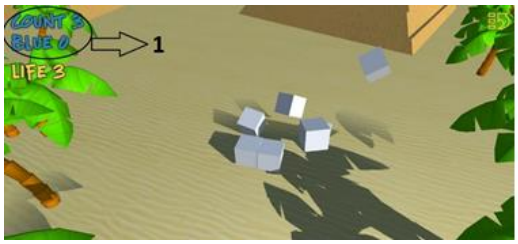
Oyun başladıktan sonra oyuncunun hangi rengi bulacağını ve bölümde bu renkteki küpten kaç tane olduğunu kısa bir süre içinde öğrenip, piramit şeklindeki dizili küplerden ve onlara birazdan çarpacak olan küplerden hangilerinin istenen renkte olduğunu aklında tutması beklenmektedir.

Bölümün başlangıcından kısa bir süre sonra küpler rengini kaybederler (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Küplerin rengini kaybetmesi

Küpler rengini kaybettikten sonra kameraya yakın olan küp (Şekil 3.11'daki 1 numaralı küp) hızlanarak piramit şeklindeki dizilmiş küplere çarpmaktadır. Bu olayla beraber küpler etrafa düzensiz olarak dağılmaktadır (Şekil 3.12). Küplerin rastgele dağılmasıyla birlikte kullanıcıdan Şekil 3.12'de 1 numara ile gösterilen mavi renkteki 3 tane küpü yüz ifadelerini kullanarak bulmaları istenmektedir. Yanlış seçilen her küpte can sayısı bir azalmaktadır.



Şekil 3.12. Küplerin rastgele dağılması



Şekil 3.13. Oyun bitiş ekranı

İsterler karşılanırsa, yani kullanıcı istenen renkteki tüm küpleri bulursa bir sonraki bölüme geçilir ve oyundaki zorluk artar. Eğer yanlış bir küp seçilirse can sayısı sıfır olana kadar oyun devam eder, can sayısı sıfır olunca oyun sonlanır ve oyun bitiş ekranı oyuncunun karşısına gelir (Şekil 3.13).

4. BULGULAR

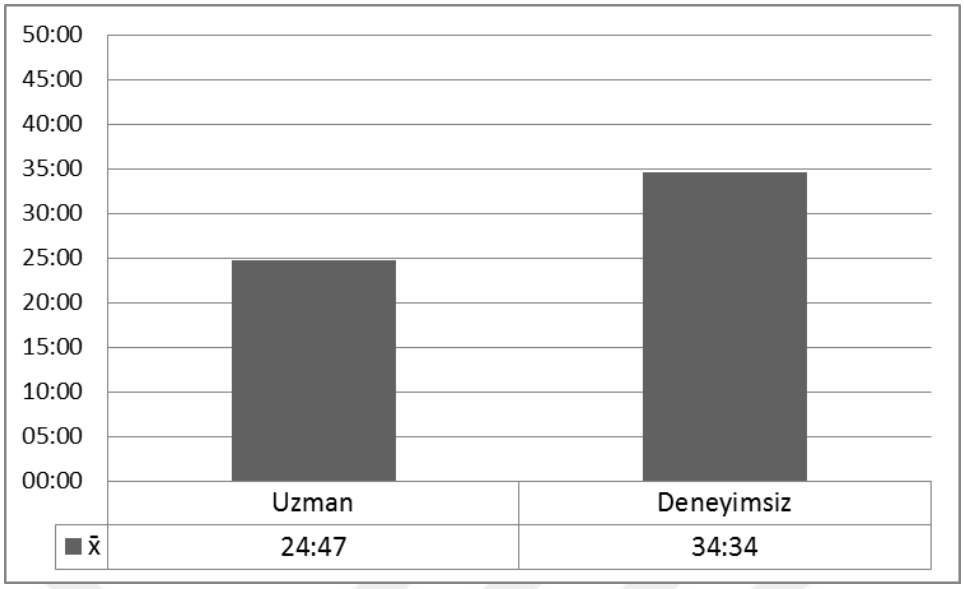
Tez çalışması kapsamında yapılan kullanıcı testleri sonucunda elde edilen bulgular verimlilik, etkililik, kullanıcı deneyimi ve memnuniyet alt başlıkları altında raporlanmaktadır. Birinci alt bölümde katılımcıların oyun öncesinde ve sırasında harcadıkları süreler kapsamında performans değerlendirmeleri verimlilik başlığı ile raporlanmaktadır. İkinci alt bölümde katılımcıların oyun kapsamında kullandıkları bir komutun başarım oranlarının analizi etkililik başlığı ile sunulmaktadır. Üçüncü alt bölümde oyun öncesi, oyun sırası ve oyun sonrasında katılımcıların duygu durumlarına ve memnuniyetlerine yönelik analizler kullanıcı deneyimi başlığı ile paylaşılmaktadır.

4.1. Verimlilik

Verimlilik kapsamında katılımcıların kullanıcı çalışması kapsamında uygulanan her bir aşama ve görevde harcadığı süreler hesaplanmıştır. Raporlanan süreler her bir katılımcının toplam test süresi, cihaz kalibrasyon süresi, cihaz toplam eğitim süresi, EEG cihazı ile oyunu deneme süresi ve EEG cihazı ile oyunu oynama süresinden oluşmaktadır.

4.1.1. Toplam test süresi ile ilgili bulgular

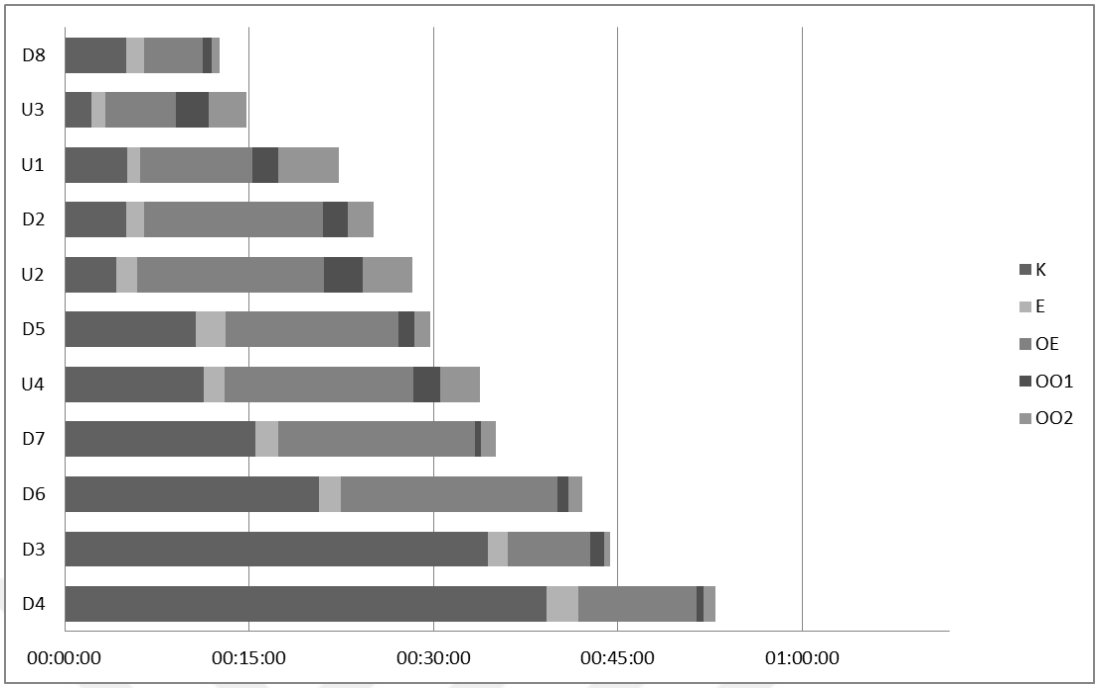
Şekil 4.1’e bakıldığında uzman ve deneyimsiz katılımcıların ortalama toplam test süreleri gözükmektedir. Toplam test süresine(T) katılımcıların kafasına EEG başlığın yerleştirilmesinden sonra gerçekleştirilen kalibrasyon aşaması (K), toplam eğitim süresi (E), oyun eğitim süresi (OE), oyun oynama (OO1 ve OO2) süreleri gibi cihazın kafaya yerleştirilmesinden cihazın kafadan çıkartılana kadar tüm yaşananlar dahildir. Şekil 4.1’den görüldüğü üzere uzman katılımcıların tüm testi tamamlama süreleri ($\bar{x}$= 24:47 dk, SS= 08:08 dk) deneyimsiz katılımcılara ($\bar{x}$= 34:34 dk, SS=13:21 dk) göre daha kısa sürmüştür. Deneyimsiz katılımcılarda ortalama kalibrasyon süresi daha uzun olduğundan ortalama toplam test süresi de daha uzun olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.1. Katılımcıların toplam test süresinin ortalaması

Şekil 4.2'de katılımcıların toplam test süreleri ve her aşamada ne kadar süre harcadığı gösterilmiştir. Tablo 4.2'de verilen sürelerde katılımcıların deney sırasında cihaz ile etkileşim sağladığı tüm süreler verilirken özel olarak kaydedilmeyen anketleri doldurma vs. de harcadıkları süreleri çıkartılarak verilmiştir. Toplam test sürelerine bakıldığında en uzun test süresi deneyimsiz olan katılımcı D4'e aittir. Bu süre 52:55 dakikadır. Toplam testin bu kadar uzun sürmesindeki neden kalibrasyon süresinin uzun olmasından kaynaklanmaktadır. Genel olarak toplam test süresi kalibrasyon süresi ile orantılıdır. Yani sinyal alımı ne kadar kolay olduysa toplam test süresi de ona bağlı olarak daha kısa sürede tamamlanmaktadır. Toplam test süresi en kısa olan katılımcı ise deneyimsiz bir katılımcı olan D8'dir ve toplamda tüm test oturumunu 12:35 dakikada tamamlamıştır. D4 numaralı katılımcı deneyimsiz olduğu için saç yoğunluğundan dolayı sinyal almada zorluk yaşanmıştır. Bu olumsuz durumdan dolayı da toplam test süresi uzamıştır. D8'de deneyimsiz bir katılımcıdır fakat D8'in saç yoğunluğunun az olması ve cihazın sabit bir şekilde kafada durması sağlandığı için kalibrasyon süresi kısa sürmüştür ve buna bağlı olarak da toplam test süresi kısa sürmektedir.

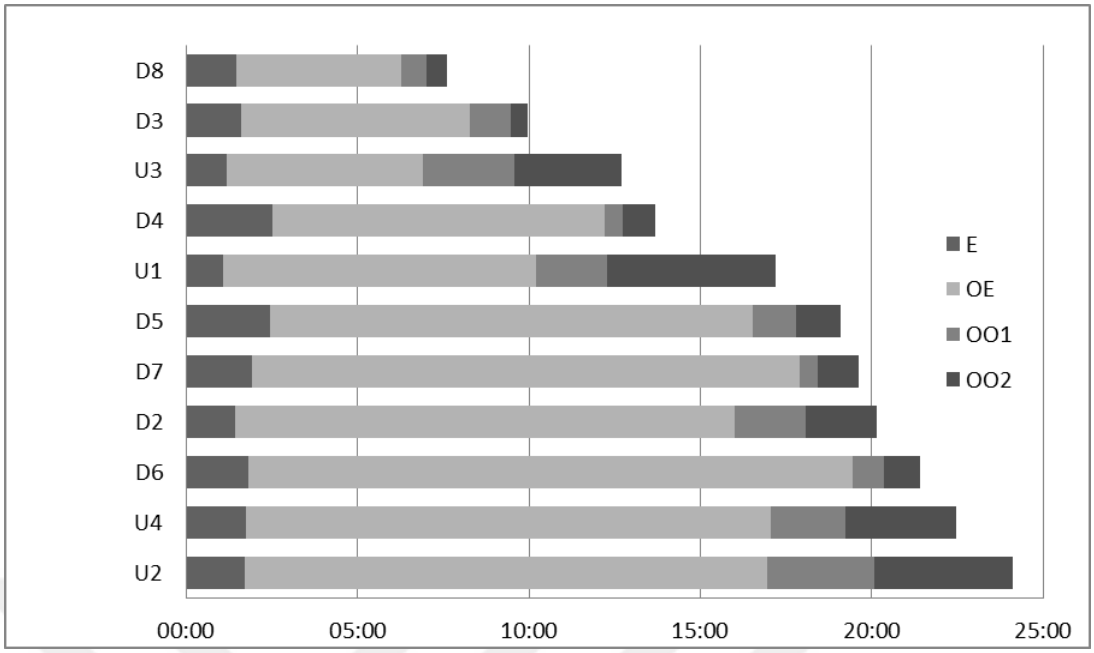
Katılımcıların bireysel olarak toplam test süreleri genel olarak kalibrasyon süresi ile ilişkilidir. Kalibrasyon süresi uzun olan katılımcıların toplam test süresi de diğer katılımcılara göre daha uzun hesaplanmıştır. Kalibrasyon süresi az olan katılımcıların toplam test süreleri ise diğer katılımcılara göre daha kısadır.



	D4	D3	D6	D7	U4	D5	U2	D2	U1	U3	D8
K	39:14	34:27	20:41	15:29	11:18	10:39	04:10	05:00	05:05	02:08	04:58
E	02:31	01:35	01:49	01:55	01:44	02:27	01:42	01:25	01:04	01:10	01:28
OE	09:40	06:42	17:37	15:58	15:19	14:05	15:15	14:34	09:07	05:43	04:48
OO1	00:32	01:10	00:54	00:32	02:10	01:16	03:07	02:04	02:05	02:40	00:45
OO2	00:58	00:30	01:05	01:12	03:14	01:16	04:02	02:05	04:55	03:08	00:36
T	52:55	44:24	42:06	35:06	33:45	29:43	28:16	25:08	22:16	14:49	12:35

Şekil 4.2. Katılımcıların bireysel olarak toplam test süreleri

Şekil 4.3'te katılımcıların kalibrasyon süresi hariç toplam test süresi verilmiştir. Kalibrasyon süresi hariç olan toplam test süresine bakıldığında testi en uzun sürede tamamlayan uzman bir katılımcı olan U2'dir ve bu süre 24:06'dır. Testi en kısa sürede tamamlayan ise deneyimsiz bir katılımcı olan D8'dir ve bu süre 07:37'dir. Kalibrasyon süresinden sonra en uzun süren aşama oyun eğitim(OE) aşamasıdır. U2 ve U4 katılımcıları uzman bir katılımcı olmalarına rağmen bu katılımcıların oyun eğitim aşaması diğer uzman katılımcılara ve deneyimsiz katılımcılara göre daha uzun sürmektedir. U2 ve U4 katılımcılarının oyunda kalma süreleri(OO1, OO2) de diğer katılımcılara göre daha uzun sürmektedir. D8 katılımcısı deneyimsiz bir katılımcı olmasına rağmen oyun eğitim süresi diğer deneyimsiz katılımcılara göre ve uzman katılımcılara göre daha kısa sürmektedir. D8 katılımcısı teste gelmeden önce oyunu sık sık oynadığını sözlü olarak ifade etmiştir. D8 katılımcısı mimiklerini kullanmada da başarı yüzdesi yüksek olan katılımcılardan biridir (Tablo 4.8).



	U2	U4	D6	D2	D7	D5	U1	D4	U3	D3	D8
E	01:42	01:44	01:49	01:25	01:55	02:27	01:04	02:31	01:10	01:35	01:28
OE	15:15	15:19	17:37	14:34	15:58	14:05	09:07	09:40	05:43	06:42	04:48
OO1	03:07	02:10	00:54	02:04	00:32	01:16	02:05	00:32	02:40	01:10	00:45
OO2	04:02	03:14	01:05	02:05	01:12	01:16	04:55	00:58	03:08	00:30	00:36
T	24:06	22:27	21:25	20:08	19:37	19:04	17:11	13:41	12:41	09:57	07:37

Şekil 4.3. Katılımcıların kalibrasyon süresi hariç toplam test süreleri

Tablo 4.1'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların test süreleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için Mann-Whitney U testinin sonuçları toplam kalibrasyon süresi dahil edilerek verilmiştir. Mann-Whitney U testi sonucunda uzman ve deneyimsiz katılımcıların deney süreleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (U=7,00, p= 0,186).

Tablo 4.1. Toplam test süreleri için (kalibrasyon süresi dahil) Mann-Whitney test sonucu

Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Uzman	4	24:47	7	0,186
Deneyimsiz	7	34:34		

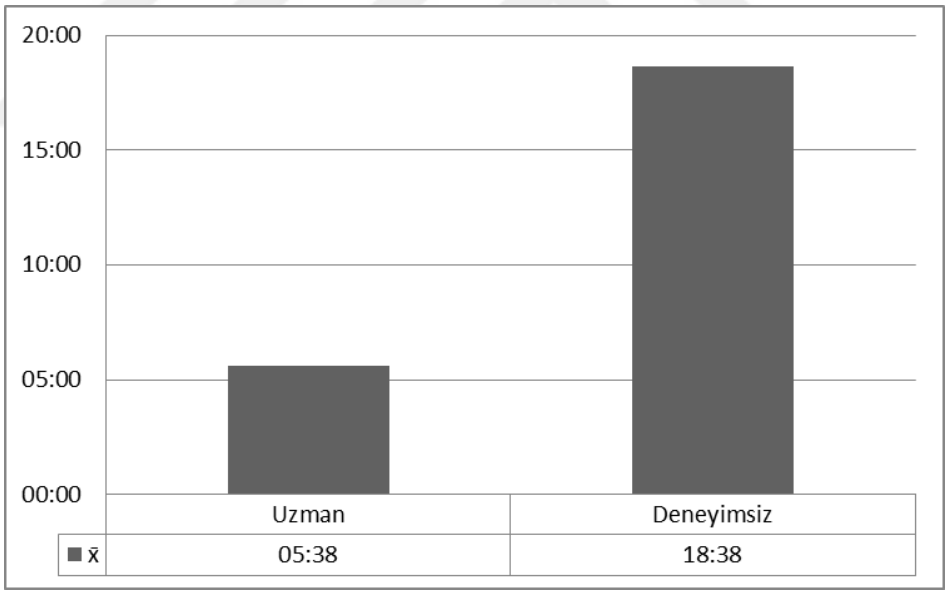
Tablo 4.2'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların test süreleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için Mann-Whitney U testinin sonuçları toplam kalibrasyon süresi dahil edilmeden verilmiştir. Mann-Whitney U testi sonucunda uzman ve deneyimsiz katılımcıların deney süreleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (U=9, p= 0,345).

Tablo 4.2. Toplam test süreleri için (kalibrasyon süresi dahil değil) Mann-Whitney test sonucu

Grup	N	$\overline{X}$	U	p
Uzman	4	19:06	9	0,345
Deneyimsiz	7	15:51		

4.1.2. Cihaz kalibrasyon süresi ile ilgili bulgular

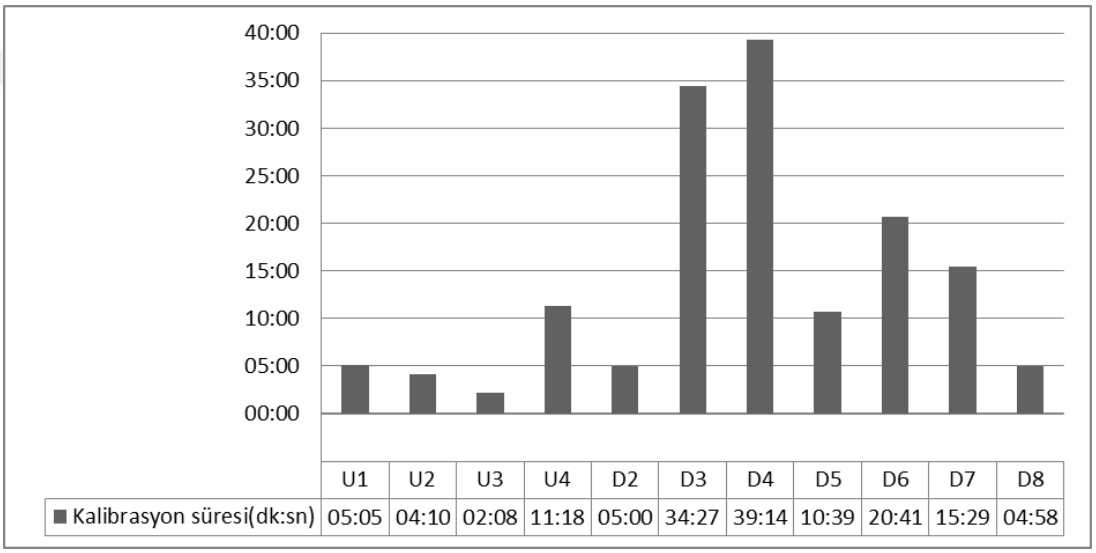
Şekil 4.4'e bakıldığında katılımcıların uzman veya deneyimsiz olmasına bağlı olarak kalibrasyon sürelerinin ortalamaları verilmiştir. Uzman katılımcıların kalibrasyon ortalama süresi x̄= 05:38 dakika iken standart sapması SS = 03:52 dakika deneyimsiz katılımcıların kalibrasyon ortalama süresi x̄= 18:38 dakika iken standart sapması SS = 13:42'olarak hesaplanmıştır. Bu süre farkı göstermektedir ki daha önce EEG cihazı ile etkileşime girmemiş katılımcıların elektrottan sinyallerin doğru bir şekilde alınması için geçen süreleri daha önce EEG cihazı ile etkileşime girmiş katılımcılara göre daha uzun olabilmektedir.



Şekil 4.4. Katılımcıların ortalama kalibrasyon aşaması süreleri

Şekil 4.5'de katılımcıların bireysel olarak kalibrasyon süreleri verilmektedir. Katılımcıların kalibrasyon sürelerine bakıldığında kalibrasyon sürelerinin farklı olduğu ve bazıları arasındaki süre farkının fazla olduğu görülmektedir. Şekil 4.5'e bakıldığında en kısa kalibrasyon süresi 2:08 dk ile U3 katılımcısına aittir. En uzun süre olarak 39:14 dk ile toplam test süresi de en uzun olan D4 katılımcısının kalibrasyonu sürmüştür. Bu süreler arasındaki büyük fark U3 katılımcısının daha

önceden cihazla etkileşimde bulunduğu ve kafa şekline göre cihazın elektrotlarını tam olarak nereye yerleştireceği konusunda deneyimli olmasıdır. D4 katılımcısı ise cihazla daha önceden hiç etkileşime girmediğinden kalibrasyon süresi uzun olmuştur. D2 ve D8 katılımcılarına bakıldığında uzman katılımcılar ile neredeyse aynı sürede kalibrasyon sağlandığından dikkat çekmektedirler. Bu deneyimsiz katılımcılarda kalibrasyon süresinin kısa sürmesi D2 katılımcısının kafasının büyük olması ve cihazın kayma yapmadan kafada sabit bir şekilde durmasından kaynaklanmaktadır. D8 katılımcısının ise saç yoğunluğu az olduğundan yani saç telleri ince olduğundan kalibrasyon süresi kısa sürmüştür.



Şekil 4.5. Katılımcıların bireysel kalibrasyon aşaması süreleri

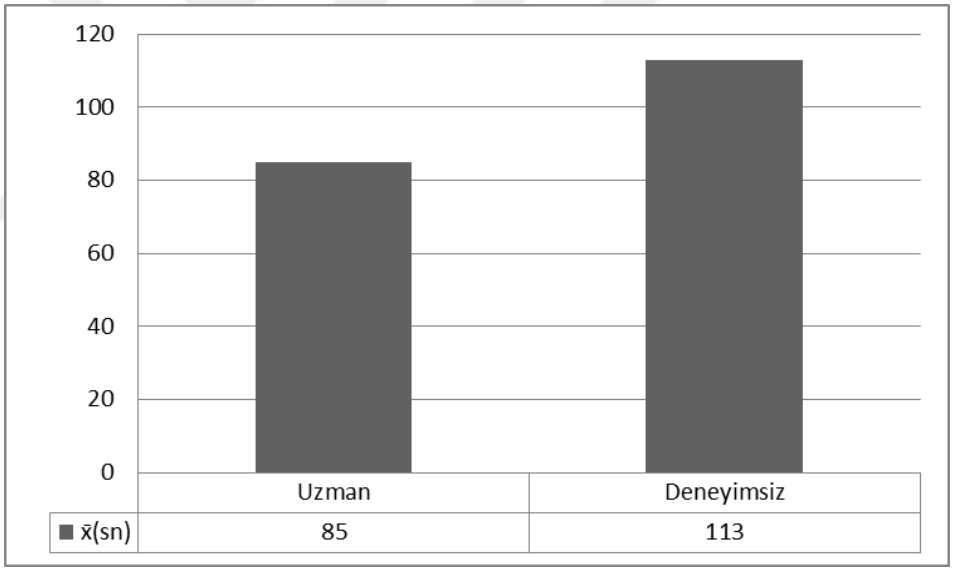
Tablo 4.3'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların kalibrasyon süreleri arasında fark gözlense de anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (U=5, p=0,089).

Tablo 4.3. Kalibrasyon süresi için Mann-Whitney test sonucu

Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Uzman	4	05:38	5	0,089
Deneyimsiz	7	18:38		

4.1.3. Cihaz toplam eğitim süresi ile ilgili bulgular

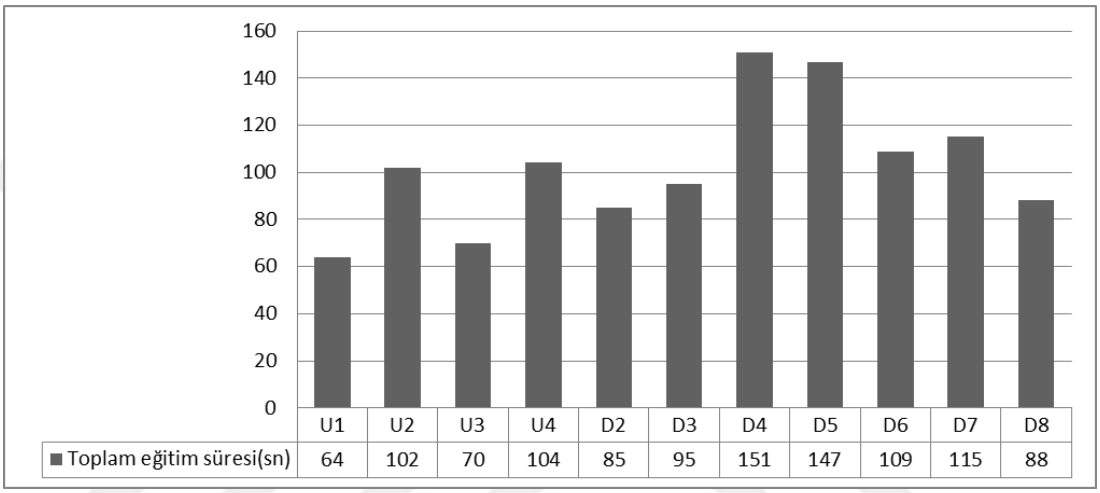
Katılımcıların cihazla kalibrasyonu sağlandıktan sonra cihazla etkileşime alışmaları için bir eğitim aşaması gerçekleştirilmiştir. Eğitim aşamasında katılımcılara toplam 10 komut verilmiştir ve her bir komutun gerçekleşmesi için maksimum 10 saniye süre verilmiştir. Emotiv Epoc ifade biriminde komutların gerçekleşip gerçekleşmediği kontrol edilmiştir. Normal şartlar altında toplam eğitim süresi maksimum 100 saniye olarak hesaplanmaktadır. Fakat bazı katılımcılarda verilen süre zarfında hiçbir komut algılaması gerçekleşmediği için bu süre bir komut algılanana kadar uzatılmıştır. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi deneyimli katılımcıların ortalama eğitim süresi $\bar{x}$= 85 saniye iken SS = 20,94 saniye deneyimsiz katılımcıların ortalama eğitim süresi $\bar{x}$= 113 saniye iken standart sapması SS = 26,93 saniye olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.6. Ortalama eğitim süresi

Şekil 4.7'te kalibrasyon sağladıktan sonra katılımcıların cihazla etkileşimlerinde geçen eğitim süreleri verilmiştir. Katılımcıların cihaz ile eğitim süreleri verilen komutların algılanıp algılanmamasına göre farklılık göstermektedir. Komutların kolay algılandığı katılımcılar cihaz eğitim süresini daha kısa sürede tamalarken komutların zor algılandığı katılımcılar cihaz eğitim süresini daha uzun sürede tamamlamışlardır. Bazı katılımcılarda cihaz verilen 10 saniye boyunca komut algılamadığı için o katılımcılarda eğitim süresi 100 saniyeden fazla olmuştur. Uzman katılımcılardan U1 katılımcısı eğitim süresini en kısa zamanda tamamlamıştır.

Uzman katılımcılardan U3 katılımcısının kalibrasyon süresi en kısa iken eğitim süresini ikinci en kısa sürede tamamlamıştır. U1 katılımcısının kalibrasyon süresi U3'e göre daha uzun sürmüşken eğitim süresini en kısa zamanda tamamlayan U1 katılımcısıdır. Deneyimsiz katılımcılarda ise kalibrasyon süresi kısa olan D2 ve D8 kullanıcılarının eğitim süresi de diğer deneyimsiz katılımcılara göre kısa sürerken kalibrasyon süresi kısa olan D5 kullanıcısının eğitim süresi 100 saniyenin üzerinde sürmüştür.



Şekil 4.7. Katılımcıların toplam eğitim süresi

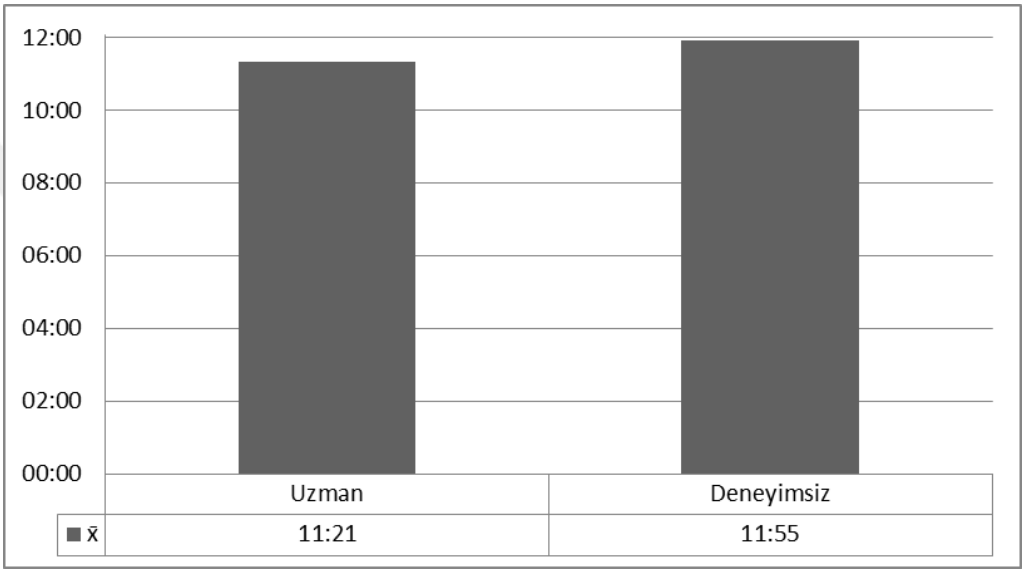
Tablo 4.4'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların cihaz eğitim süreleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre uzman ve deneyimsiz katılımcıların cihaz eğitim süreleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (U=6,00, p=0,131). Katılımcıların eğitim süresine bakıldığında her bir komut için belirli bir süre verildiğinden uzman ve deneyimsiz katılımcılar arasında önemli bir süre farkı görülmemektedir.

Tablo 4.4. Cihaz eğitim süresi için Mann-Whitney test sonucu

Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Uzman	4	85 sn	6	0,131
Deneyimsiz	7	113 sn		

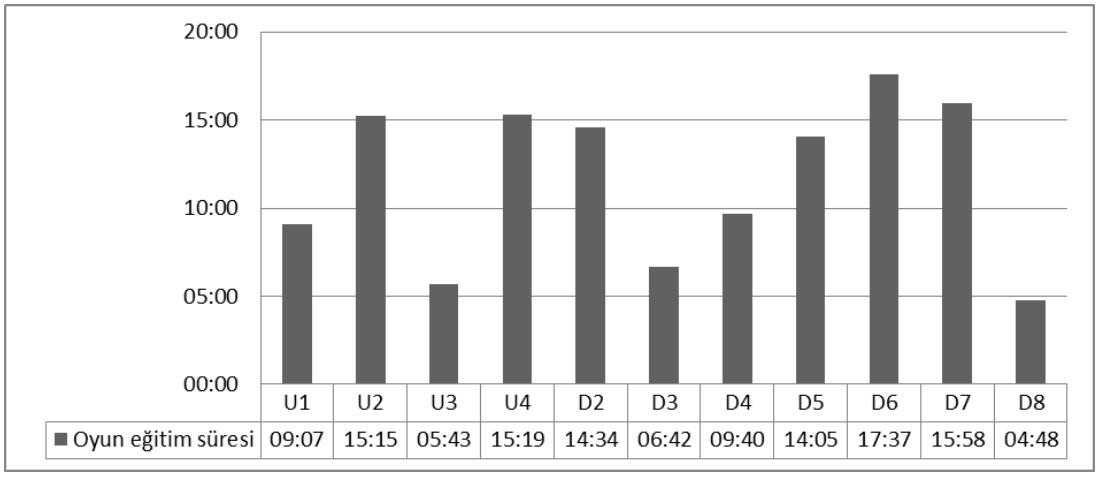
4.1.4. Oyun eğitim süresi ile ilgili bulgular

Şekil 4.8'e bakıldığında uzman ve deneyimsiz katılımcıların ortalama oyun eğitim süresi görülmektedir. Uzman katılımcılar ortalama $\bar{x}$=11:21 dakikada oyun eğitim süresini gerçekleştirirken deneyimsiz katılımcılar ortalama $\bar{x}$= 11:55 dakikada oyun eğitim süresini tamamlamışlardır. Uzman katılımcıların standart sapması SS = 04:45 dakika iken deneyimsiz kullanıcıların standart sapması SS = 04:54 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4.8. Ortalama oyun eğitim süresi

Şekil 4.9'da katılımcıların oynanan hafıza/dikkat oyunu için eğitim süreleri verilmiştir. Oyun eğitim süresini en hızlı tamamlayan katılımcı kalibrasyon ve eğitim süreleri de kısa olan deneyimsiz bir katılımcı olan D8'dir ve oyun eğitim süresi 04:48 dakika olarak hesaplanmıştır. D8 katılımcısının cihazda mimiklerini iyi kontrol edebildiği gözlemlenmiştir. Aynı zamanda bu katılımcı testten önce verilen oyunu evde fazla pratik yaptığını dile getirmiştir ve oyunu oynarken mimiklerini iyi kontrol ettiği gözlenmiştir. Eğitim aşamasını en uzun sürede tamamlayan katılımcı deneyimsiz bir katılımcı olan D6'dir. Bu aşamayı 17:37 dakikada tamamlayabilmiştir. D6 katılımcısı oyunu oynamak için en uygun mimikleri seçmede cihazın hassas bir şekilde yapılan hareketleri algılayamamasından dolayı zorlanmıştır. Bu sorundan dolayı da oyun eğitim süresi daha uzun sürmüştür.



Şekil 4.9. Katılımcıların oyun eğitim süresi

Tablo 4.5'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların oyun eğitim süreleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre uzman ve deneyimsiz katılımcıların oyun eğitim süreleri arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır (U=13,00, p=0,85).

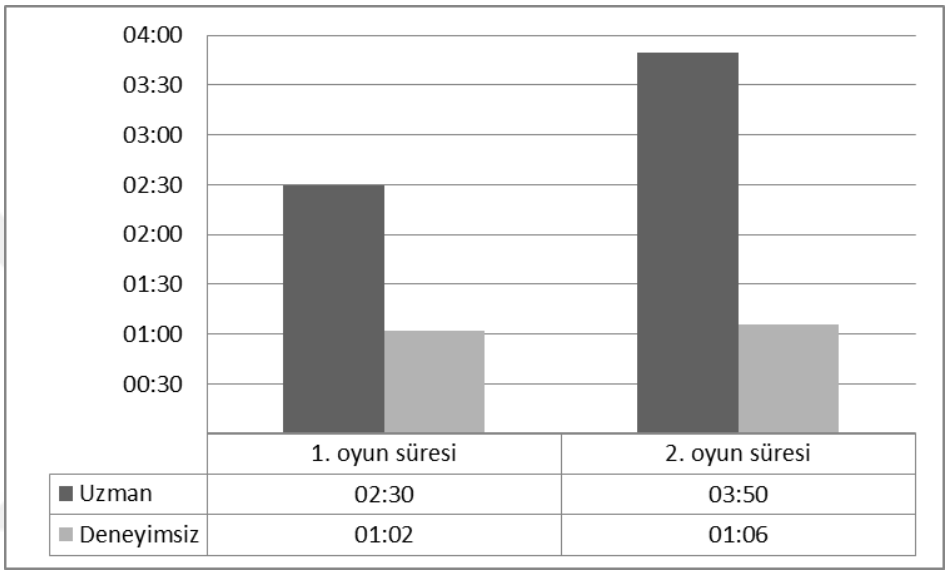
Tablo 4.5. Oyun eğitim süresi için Mann-Whitney test sonucu

Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Uzman	4	11:21	13	0,85
Deneyimsiz	7	11:55		

4.1.5. Cihaz ile oyunu oynama süresi ile ilgili bulgular

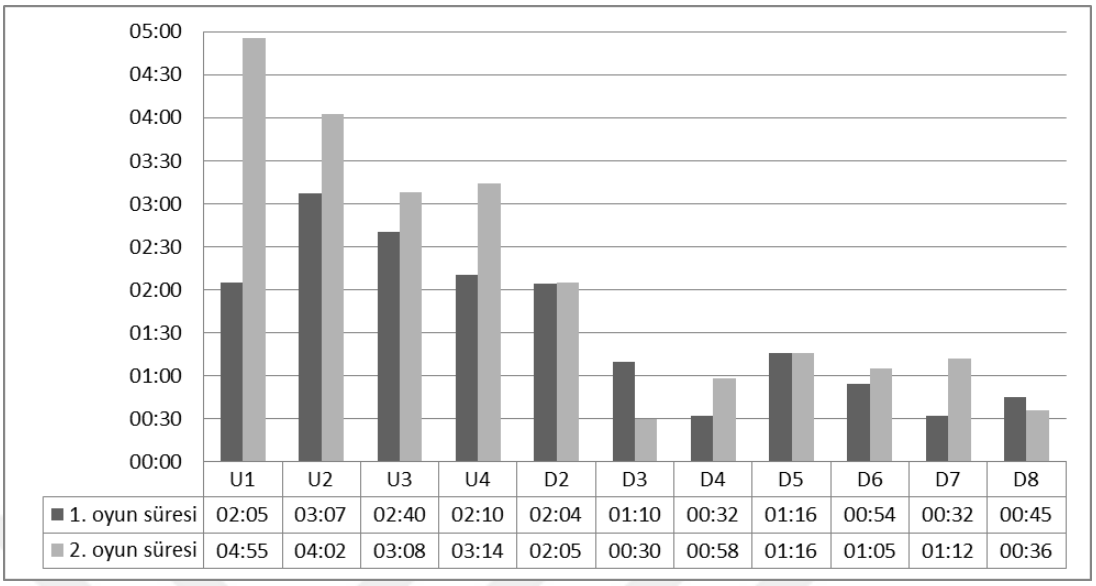
Şekil 4.10'da katılımcıların EEG cihazı ile birinci oyunu ve ikinci oyunu oynama süreleri ortalaması alınarak verilmiştir. Katılımcıların oyunu kaybetmesi ile veya oyunu kazanması ile oyun oynama süresi sonlanmıştır. Katılımcılar oyunu 2 kez oynamışlardır ve bu süreler kaydedilmiştir. Uzman katılımcıların birinci oyunu oynama süreleri ortalama x̄= 02:30 ve standart sapması SS = 00:25 iken deneyimsiz katılımcıların birinci oyunu oynama süreleri ortalama x̄= 01:02 ve standart sapması SS = 00:30 olarak hesaplanmıştır. İki grup arasında ilk oyunu oynama süresi arasındaki farklılık da 01:28 olarak hesaplanmıştır. Bunun nedeni deneyimsiz katılımcıların çoğunlukla hata yaparak oyunu kaybetmeleri nedeniyle oyun oynama süresi erken tamamlanmıştır. İkinci oyunu oynama sürelerine bakıldığında uzman katılımcıların süreleri ortalama x̄= 03:50 ve standart sapma SS = 00:43 iken

deneyimsiz katılımcıların ikinci oyunu oynama süreleri ortalama x̄= 01:06 ve standart sapma SS = 00:29 hesaplanmıştır. Katılımcı grupları arasında ikinci oyunu oynama süreleri arasında fark 02:44 olarak hesaplanmıştır. İkinci aşamada özellikle uzaman katılımcıların mimiklerini kontrol ederek oyunu oynamada deneyimsiz katılımcılara göre nasıl hareket edeceklerini daha iyi belirledikleri ve oyunda başarılı olmak için daha uzun süre harcadıkları gözlenirken deneyimsiz katılımcıların yine hata yaparak oyunu hızlıca kaybetmeleri gözlenmiştir.



Şekil 4.10. Ortalama oyun oynama süreleri

Şekil 4.11'de katılımcıların bireysel olarak birinci oyun ve ikinci oyun oynama süreleri verilmiştir. Şekil 4.11'e göre genel olarak katılımcıların ikinci oyun oynama süresi birinci oyunu oynama sürelerinden uzundur. Bunun nedeni katılımcıların oyunu kazanmak için daha dikkatli hareket etmeleridir. Yani ilk oyunda katılımcılar mimiklerini hızlı hareket ettirdiğinden oyunu kazanma veya kaybetme süreleri daha kısa olmuştur. İkinci oyunda ise katılımcılar oyunu kazanmak için daha yavaş ve daha kontrollü bir şekilde mimiklerini hareket ettirmeye çalıştıkları gözlenmiştir. Bu nedenle ikinci oyun oynama süresinde özellikle uzman katılımcılarda genel olarak bir artış gözükmektedir. İkinci oyun sürelerine bakıldığında oyunda kalma süresi en fazla olan katılımcı uzman bir katılımcı olan U1 katılımcısıdır. İkinci oyunda 04:55 dakika oyunda kalmıştır. Oyunda en kısa kalan katılımcı ise deneyimsiz bir katılımcı olan D3 katılımcısıdır ve ikinci oyunda 30 sn oyunda kalmıştır. Bu sürenin bu kadar kısa olmasının nedeni cihazın yanlış mimik algılaması ile birlikte oyunun bitmesidir.



	U1	U2	U3	U4	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
1. oyun süresi	02:05	03:07	02:40	02:10	02:04	01:10	00:32	01:16	00:54	00:32	00:45
2. oyun süresi	04:55	04:02	03:08	03:14	02:05	00:30	00:58	01:16	01:05	01:12	00:36

Şekil 4.11. Katılımcıların mobil oyun oynama süreleri

Tablo 4.6'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların birinci oyun oynama süreleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre uzman ve deneyimsiz katılımcıların birinci oyun oynama süreleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (U=0, p=0,008).

Tablo 4.6. Birinci oyun oynama süreleri için Mann-Whitney test sonucu

Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Uzman	4	02:30	0	0,008
Deneyimsiz	7	01:02		

Tablo 4.7'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların ikinci oyun oynama süreleri arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre uzman ve deneyimsiz katılımcıların ikinci oyun oynama süreleri arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur (U=0, p=0,008).

Tablo 4.7. İkinci oyun oynama süreleri için Mann-Whitney test sonucu

Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Uzman	4	03:50	0	0,008
Deneyimsiz	7	01:06		

4.2. Etkililik

Etkililik kapsamında katılımcıların EEG başlık eğitiminde her bir verilen komuta ait başarım oranları, başarısız olan komut sayısı, başarılı olan komut sayısı hesaplanmıştır. EEG cihazı ile oyun oynanma aşamasında katılımcıların oyunu kazanma veya kaybetme durumları raporlanmıştır. Oyun eğitim sırasında katılımcılara araştırmacı tarafından herhangi bir komut verilmemiştir. Katılımcılar kendi isteklerine göre mimiklerini kullanarak oyunu oynamışlardır. Bu durumdan dolayı oyun eğitim fazında herhangi bir başarım oranı hesaplanmamıştır.

Tablo 4.8'de katılımcıların verilen komutlara nasıl cevap verdiklerinin oranları gösterilmiştir. Başarılı komut sütununda katılımcılara verilen toplam 10 komuttan kaç tanesinde başarılı olduğu, başarısız komut sütununda katılımcılara verilen toplam 10 komuttan kaç tanesinde başarısız olduğunun sayısı verilmektedir. Buna bağlı olarak da başarı yüzdesi sütununda katılımcıların cihaz ile eğitim süresinde verilen 10 komuttan kaçında başarılı olduğunun yüzdesi verilmektedir. Komut bazında başarım oranlarına ek olarak katılımcıların oyunu kazanma oranları da birinci oyun başarısı ve ikici oyun başarısı sütunu olarak yine aynı tabloda paylaşılmıştır. Oyun başarı yüzdesi sütununda ise oyun kazanma başarıları yüzde olarak verilmektedir. Eğitim aşamasında komutlar bazında başarı yüzdesi en düşük olan katılımcı deneyimli bir katılımcı olmasına karşın U3'tür ve başarı yüzdesi %10'dur. Yani U3 katılımcısı cihaz ile eğitim aşamasında 10 komuttan sadece 1 tanesinde başarılı olmuştur. Ancak oyun aşamasında ilk oyunu kaybetmesine karşın ikinci oyunda başarılı olmuştur. Diğer taraftan başarı yüzdesi en fazla olan katılımcı deneyimsiz olmasına karşın D4'tür ve başarı yüzdesi %80'dir. Yani katılımcı cihaz ile eğitim süresinde verilen 10 komuttan 8 tanesinde başarılı olmuştur. Bu katılımcı da birinci oyunda başarısız olurken ikinci oyunda başarılı olmuştur. Uzman katılımcıların ortalama başarı yüzdesi % 30 iken deneyimsiz katılımcıların ortalama başarı yüzdesi % 52,89 olarak hesaplanmıştır. Uzman katılımcıların oyun başarı yüzdesi % 37,5 iken deneyimsiz katılımcıların oyun başarı yüzdesi % 42,85 olarak hesaplanmıştır.

Ortalama başarı yüzdesi ve oyun başarı yüzdesi ortalamalarına bakıldığında deneyimsiz katılımcılar uzman katılımcılara göre daha fazla ortalamaya sahiptir.

Tablo 4.8. Kullanıcıların başarı oranları

	Cihaz eğitim aşaması başarı oranları			Oyun başarısı		
Kullanıcılar	Başarılı komut	Başarısız komut	Başarı yüzdesi	1. Oyun başarısı	2. Oyun başarısı	Oyun başarı yüzdesi
U1	3	7	30	1	1	100
U2	3	7	30	0	0	0
U3	1	9	10	0	1	50
U4	5	5	50	0	0	0
U_Ort	3	7	30	0,25	0,50	37,5
D2	5	5	50	1	1	100
D3	5	5	50	1	0	50
D4	8	2	80	0	1	50
D5	4	6	40	1	0	50
D6	3	7	30	1	0	50
D7	5	5	50	0	0	0
D8	7	3	70	0	0	0
D_Ort	5,29	4,71	52,89	0,57	0,29	42,85

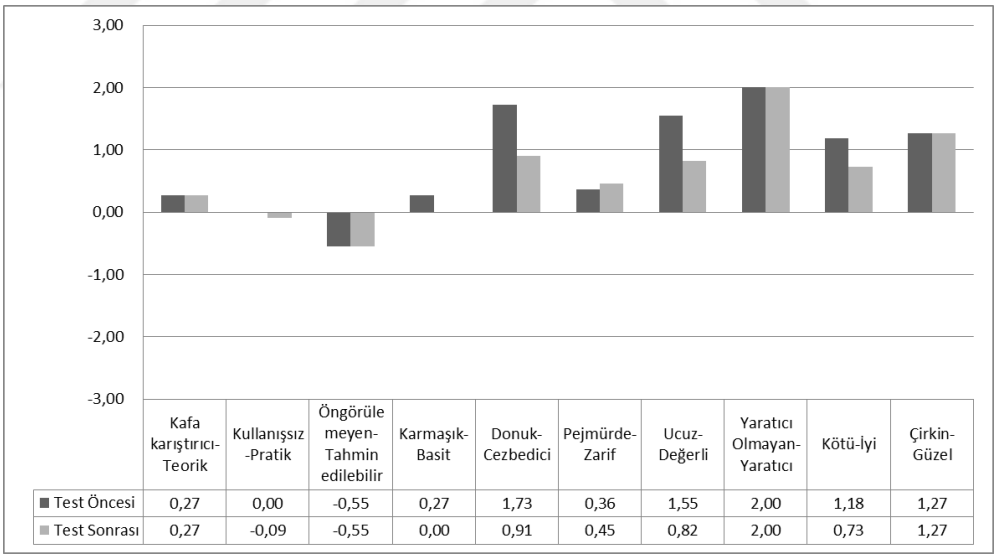
4.3. Kullanıcı Deneyimi

Kullanıcı çalışması öncesi, sırası ve sonrasında katılımcılara sunulan Affect Grid ve AttrakDiff anketleri ile katılımcıların kullanıcı deneyimleri ile ilgili duygu durumlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Yine kullanıcı memnuniyetine yönelik olarak da SKÖ uygulanmıştır.

4.3.1. AttrakDiff anketi ile ilgili bulgular

AttrakDiff anketi ile katılımcılar sistem hakkındaki duygularını belirtebilmektedir. AttrakDiff anketi testin başında ve testin en sonunda olmak üzere iki kez uygulanmaktadır. Şekil 4.12'de test öncesi ve test sonrası katılımcıların AttrakDiff anketi ortalama skorları verilmiştir. Test öncesinde ve test sonrasında en düşük ortalama Öngörülemeyen-Tahmin edilebilir boyutudur. Fakat test öncesinde ve test sonrasında ortalama skoru -0,55'tir. Katılımcılar EEG başlığın öngörülemeyen bir cihaz olduğuna yakın cevaplar vermiştir. Test öncesi ve test sonrasında en yüksek skor Yaratıcı olmayan-Yaratıcı boyutudur. Test öncesi ve sonrasında ortalama skoru 2,00'dır ve en yüksek puan olan 3'e yakındır. Katılımcılar EEG başlığın yaratıcı bir cihaz olduğuna yakın cevaplar vermişlerdir. Katılımcılar test öncesinde ve test

sonrasında EEG başlığın cezbedici olduğuna yakın cevaplar vermişlerdir. Fakat donuk-cezbedici boyutuna test öncesinde ortalama 1,73 puan verirken test sonrasında 0,91 puan vermişlerdir ve 0,82 puanlık bir azalma görülmektedir. Katılımcılar test öncesinde ve test sonrasında EEG başlığın değerli olduğuna yakın cevaplar vermişlerdir. Fakat katılımcılar ucuz-değerli boyutuna test öncesinde ortalama 1,55 puan verirken test sonrasında ortalama 0,82 puan vermişlerdir ve 0,73 puan bir azalma görülmektedir. Katılımcılar test öncesinde ve test sonrasında EEG başlığın iyi olduğuna yakın cevaplar vermişlerdir. Fakat katılımcılar test öncesinde iyi-kötü boyutuna ortalama 1,18 puan verirken test sonrasında ortalama 0,73 puan vermişlerdir ve 0,45 puan bir azalma görülmektedir. Katılımcılar test öncesi ve sonrasında çirkin-güzel boyutuna 1,27 puan vermişlerdir. Çirkin - güzel boyutunda test öncesi ve sonrasında puan olarak herhangi bir değişim gözlenmemektedir. Test sonrasında donuk-cezbedici, ucuz-değerli ve kötü-iyi olmak üzere üç boyutta puan kaybı yaşandığı gözlemlenmektedir. Bu azalmaların olmasında test sırasında cihaz ile ilgili yaşanan olumsuz durumlardan etkilenilmiş olduğu söylenebilir.

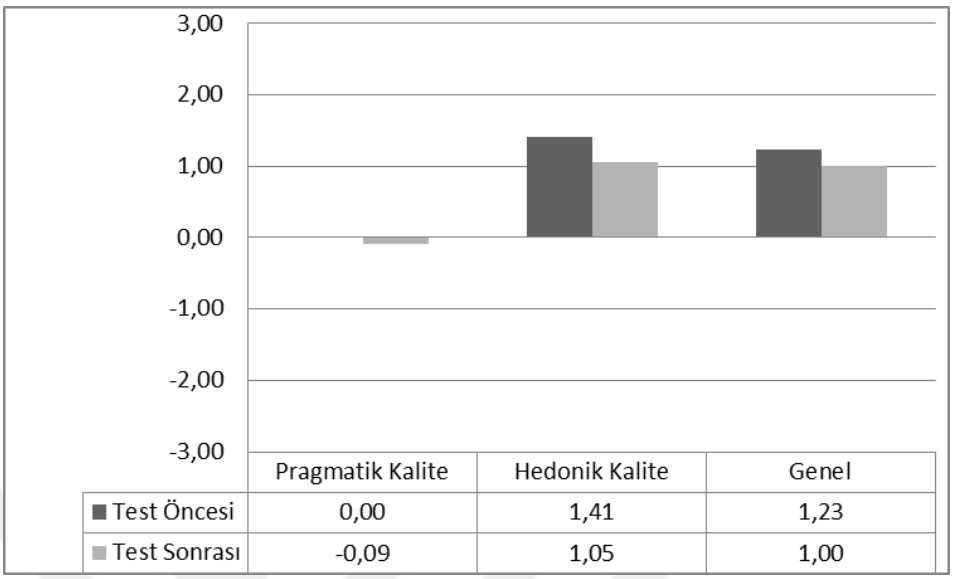


	Kafa karıştırıcı-Teorik	Kullanışsız-Pratik	Öngörülemeyen-Tahmin edilebilir	Karmaşık-Basit	Donuk-Cezbedici	Pejmürde-Zarif	Ucuz-Değerli	Yaratıcı Olmayan-Yaratıcı	Kötü-İyi	Çirkin-Güzel
Test Öncesi	0,27	0,00	-0,55	0,27	1,73	0,36	1,55	2,00	1,18	1,27
Test Sonrası	0,27	-0,09	-0,55	0,00	0,91	0,45	0,82	2,00	0,73	1,27

Şekil 4.12. AttrakDiff anketi ortalama skorlar

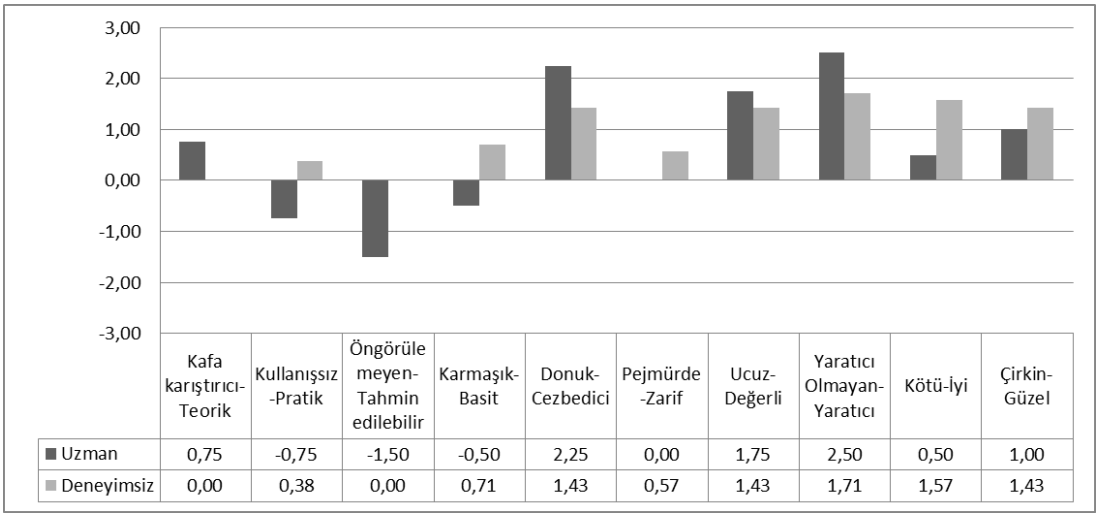
Şekil 4.13'e bakıldığında test öncesinde en düşük boyut pragmatik kalite (fonksiyonellik ile ilgili özellikler) boyutudur. Genel boyutun ortalaması ikinci sırada, en yüksek ortalama ise hedonik kalite (memnuniyet ile ilgili özellikler) boyutudur. Test sonrasında ise genel ile hedonik kalite boyutu skorları değişerek hedonik kalite ve genel boyut puanları azalmıştır. Test sonrasında pragmatik boyutta ise puan azalmıştır. Hedonik ve genel boyutlarda da olumsuz yorumlara yönelme

olmuştur. Bu olumsuz yönelmenin yine cihazla etkileşim sırasında genel olarak katılımcıların yaşadığı zorluklardan kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 4.13. AttrakDiff skoru

Şekil 4.14'de uzman ve deneyimsizler arasında test öncesinde AttrafDiff anketine verilen skorlar karşılaştırılmıştır. Buna göre uzman katılımcılar kafa karıştırıcı-teorik boyutuna deneyimsiz katılımcılara göre daha teoriğe yakın cevaplar vermişlerdir. Kullanışsız- pratik boyutuna ise uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumsuz cevap vermişlerdir. Öngörülemeyen-tahmin edilebilir boyutunda uzman katılımcılar daha önceden cihazı kullandıkları halde deneyimsiz katılımcılara göre ortalama daha olumsuz cevaplar vermişlerdir. Karmaşık-basit boyutunda ise uzman katılımcılar deneyimsizlere göre daha olumsuz cevap vermişlerdir. Donuk-cezbedici boyutunda uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumlu cevaplar vermişlerdir. Pejmürde-zarif boyutunda ise uzman katılımcılar nötr olarak cevap verirken deneyimsiz katılımcılar uzman katılımcılara göre daha zarif olarak cevaplandırmışlardır. Ucuz-değerli boyutunda ise uzman katılımcılar ve deneyimsiz katılımcılara göre daha olumlu cevap vermişlerdir. Yaratıcı olmayan- yaratıcı boyutunda ise uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumlu cevaplar vermiştir. Kötü-iyi boyutunda uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumsuz cevaplar vermiştir. Çirkin-güzel boyutunda uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumsuz cevaplar vermiştir.



	Kafa karıştırıcı-Teorik	Kullanışsız-Pratik	Öngörülemeyen-Tahmin edilebilir	Karmaşık-Basit	Donuk-Cezbedici	Pejmürde-Zarif	Ucuz-Değerli	Yaratıcı Olmayan-Yaratıcı	Kötü-İyi	Çirkin-Güzel
Uzman	0,75	-0,75	-1,50	-0,50	2,25	0,00	1,75	2,50	0,50	1,00
Deneyimsiz	0,00	0,38	0,00	0,71	1,43	0,57	1,43	1,71	1,57	1,43

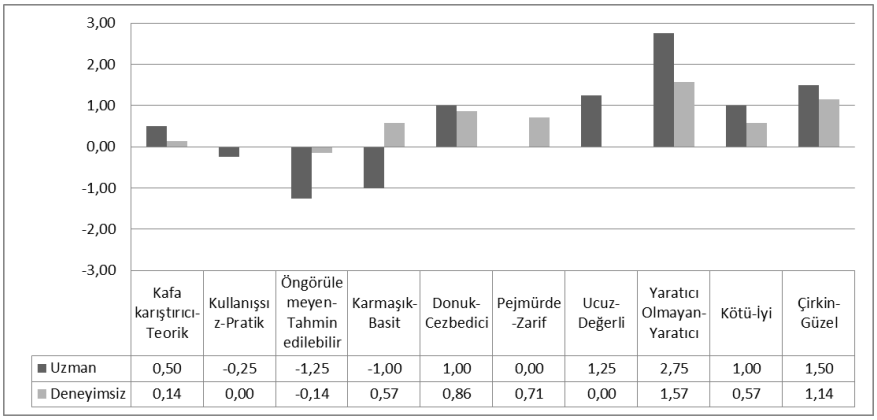
Şekil 4.14. Uzman-deneyimsiz AttrakDiff farkı (test öncesi)

Tablo 4.9'da uzman ve deneyimsiz katılımcıların test öncesi AttrakDiff anketindeki boyutlara verdiği puanlar arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre uzman ve deneyimsiz katılımcıların AttrakDiff anketi boyutlarına verdiği puanlar arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Uzman katılımcılar kafa karıştırıcı-teorik, donuk-cezbedici, ucuz-değerli, yaratıcı olmayan-yaratıcı boyutunda deneyimsiz katılımcılara göre daha büyük ortalama puana sahip olmasına rağmen bu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Deneyimsiz katılımcılar kullanışsız-pratik boyutu için uzman katılımcılardan daha büyük ortalama puana sahip olmasına rağmen bu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Deneyimsiz katılımcılar öngörülemeyen tahmin edilebilir boyutu için uzman katılımcılardan daha büyük ortalama puana sahip olmasına rağmen bu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Deneyimsiz katılımcılar karmaşık-basit boyutu için uzman katılımcılardan daha büyük ortalama puana sahip olmasına rağmen bu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Deneyimsiz katılımcılar pejmürde-zarif boyutu için uzman katılımcılardan daha büyük ortalama puana sahip olmasına rağmen bu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Deneyimsiz katılımcılar kötü-iyi boyutu için uzman katılımcılardan daha büyük ortalama puana sahip olmasına rağmen bu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır. Deneyimsiz katılımcılar çirkin-güzel boyutu için uzman katılımcılardan daha büyük ortalama puana sahip olmasına rağmen bu boyutlar arasında anlamlı bir ilişki bulunamamıştır.

Tablo 4.9. Test öncesi AttrakDiff için Mann-Whitney test sonucu

	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Kafa Karıştırıcı-Teorik	Uzman	4	0,75	10	0,436
	Deneyimsiz	7	0,00		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Kullanışsız-Pratik	Uzman	4	-0,75	0,5	1
	Deneyimsiz	7	0,38		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Öngörülemeyen- Tahmin Edilebilir	Uzman	4	-1,5	5	0,082
	Deneyimsiz	7	0		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Karmaşık-Basit	Uzman	4	-0,5	5	0,076
	Deneyimsiz	7	0,71		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Donuk-Cezbedici	Uzman	4	2,25	8,5	0,28
	Deneyimsiz	7	1,43		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Pejmürde-Zarif	Uzman	4	0	10,5	0,492
	Deneyimsiz	7	0,57		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Ucuz-Değerli	Uzman	4	1,75	10,5	0,477
	Deneyimsiz	7	1,43		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Yaratıcı olmayan-yaratıcı	Uzman	4	2,5	7	0,145
	Deneyimsiz	7	1,71		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Kötü-İyi	Uzman	4	0,5	11	0,548
	Deneyimsiz	7	1,57		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Çirkin-Güzel	Uzman	4	1	12	0,677
	Deneyimsiz	7	1,43		

Şekil 4.15'de uzman ve deneyimsizler arasında test sonrasında AttrafDiff anketine verilen skorlar karşılaştırılmıştır. Buna göre uzman katılımcılar kafa karıştırıcı-teorik boyutuna test öncesine göre 0,25 puan az, deneyimsiz katılımcılarda ise 0,14 puan fazla puanlama yapmışlardır. Uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumlu cevaplar vermişlerdir. Kullanışsız- pratik boyutunda ise test öncesine göre uzman katılımcılarda 0,5 artış gözükürken deneyimsiz katılımcılardaki puan 0,38 azalmıştır. Uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumsuz cevap vermişlerdir. Öngörülemeyen-tahmin edilebilir boyutunda uzman katılımcılar daha önceden cihazı kullandıkları halde deneyimsiz kullanıcılara göre ortalama daha olumsuz cevaplar vermişlerdir. Fakat test öncesine göre deneyimsiz katılımcıların puanında 0,14 puan azalma olmuştur. Karmaşık-basit boyutunda ise uzman ve deneyimsiz katılımcılar test öncesine göre daha olumsuz cevaplar vermişlerdir. Donuk-cezbedici boyutunda ise test öncesine göre uzman ve deneyimsiz katılımcılar daha olumsuz cevap vermişlerdir. Pejmürde-zarif boyutunda ise uzman katılımcılar test öncesine göre bir değişiklik göstermeyerek nötr olarak cevap verirken deneyimsiz katılımcılar uzman katılımcılara göre daha zarif olarak cevaplandırmışlardır. Test öncesinde ucuz-değerli boyutunda uzman katılımcılar ve deneyimsiz katılımcılar arasında büyük bir fark görülmezken test sonrasında 1,25 puanlık bir fark oluşmuştur. Yaratıcı olmayan- yaratıcı boyutunda ise uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumlu cevaplar vermiştir. Kötü-iyi boyutunda test öncesine göre değişim göstermiş ve uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumsuz cevaplar vermiştir. Çirkin-güzel boyutu da test öncesine göre değişim göstermiş ve uzman katılımcılar deneyimsiz katılımcılara göre daha olumlu cevaplar vermiştir.



	Kafa karıştırıcı-Teorik	Kullanışsız-Pratik	Öngörülemeyen-Tahmin edilebilir	Karmaşık-Basit	Donuk-Cezbedici	Pejmürde-Zarif	Ucuz-Değerli	Yaratıcı Olmayan-Yaratıcı	Kötü-İyi	Çirkin-Güzel
Uzman	0,50	-0,25	-1,25	-1,00	1,00	0,00	1,25	2,75	1,00	1,50
Deneyimsiz	0,14	0,00	-0,14	0,57	0,86	0,71	0,00	1,57	0,57	1,14

Şekil 4.15. Uzman-deneyimsiz AttrakDiff farkı (test sonrası)

Tablo 4.10. Test sonrası AttrakDiff için Mann-Whitney test sonucu

	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Kafa Karıştırıcı-Teorik	Uzman	4	0,5	11,5	0,624
	Deneyimsiz	7	0,14		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Kullanışsız-Pratik	Uzman	4	-0,25	13,5	0,923
	Deneyimsiz	7	0		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Öngörülemeyen- Tahmin Edilebilir	Uzman	4	-1,25	9	0,337
	Deneyimsiz	7	-0,14		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Karmaşık-Basit	Uzman	4	-1	7	0,176
	Deneyimsiz	7	0,57		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Donuk-Cezbedici	Uzman	4	1	13	0,847
	Deneyimsiz	7	0,86		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Pejmürde-Zarif	Uzman	4	0	9,5	0,352
	Deneyimsiz	7	0,71		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Ucuz-Değerli	Uzman	4	1,25	8,5	0,278
	Deneyimsiz	7	0		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Yaratıcı olmayan-yaratıcı	Uzman	4	2,75	2,5	0,017
	Deneyimsiz	7	1,57		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Kötü-İyi	Uzman	4	1	9	0,331
	Deneyimsiz	7	0,57		
	Grup	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
Çirkin-Güzel	Uzman	4	1,5	10,5	0,493
	Deneyimsiz	7	1,14		

Tablo 4.10'da uzman ve deneyimsiz katılımcıların test sonrası AttrakDiff anketindeki boyutlara verdiği puanlar arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre uzman ve deneyimsiz katılımcıların AttrakDiff anketi boyutlarına verdiği puanlar arasında yaratıcı olmayan- yaratıcı boyutu hariç diğer boyutlarda anlamlı bir farklılık bulunamamıştır. Uzman katılımcılar test öncesinde kafa karıştırıcı-teorik, donuk cezbedici, ucuz-değerli ve yaratıcı olmayan yaratıcı boyutu olmak üzere toplam dört

boyutta deneyimsiz katılımcılara göre daha büyük puan verirken test sonrasında bu boyutlara kötü-iyi ve çirkin-güzel boyutları da eklenerek toplam altı boyutta daha büyük puan vermişlerdir. Deneyimsiz katılımcılar ise test öncesinde kullanışsız-pratik, öngörülemeyen tahmin edilebilir, karmaşık-basit, pejmürde-zarif, kötü-iyi, çirkin-güzel olmak üzere altı boyuta uzman katılımcılara göre daha büyük puan verirken test sonrasında kullanışsız-pratik, öngörülemeyen-tahmin edilebilir, karmaşık-basit, ve pejmürde-zarif boyutlarına daha büyük puan vermişlerdir. Bu boyutlar arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

4.3.2. Affect Grid anketi ile ilgili bulgular

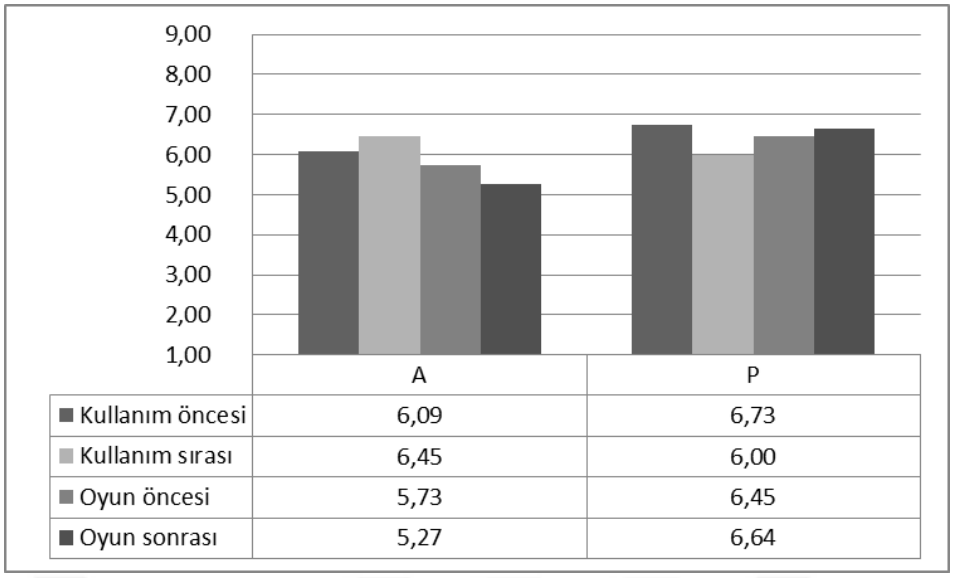
Affect Grid anketi kullanıcıların cihazı kullanım öncesi, sırası ve oyun öncesi ve oyun sonrasında duygu durumlarını değerlendirmek için kullanılmıştır.

Şekil 4.16'da katılımcıların EEG cihazını hiç kullanmadan önce ve biraz kullandıktan sonraki ve oyun öncesi ve oyun sonrasındaki duygu durum seviyelerinin ortalamaları verilmektedir.

Şekil 4.16'ya bakıldığında katılımcıların kullanım öncesine göre kullanım sırasında enerjik olma (A: arousal) seviyesinin %5,9 arttığı görülmektedir. Hoş duygulara sahip olma (P: pleasure) seviyesinin ise kullanım öncesine göre %10,8 oranında azaldığı görülmektedir. Bu oranlara bakılarak katılımcıların kullanım öncesine göre kullanım sırasında enerjik olma ortalaması artarken hoş duygulara sahip olma ortalamasında azalma görülmektedir.

Şekil 4.16'da katılımcıların oyun öncesi ve oyun sonrası duygu durumlarının ortalaması verilmektedir. Şekle bakıldığında katılımcıların enerjik olma (A: arousal) seviyesinin %8,02 azaldığı, hoş duygulara sahip olma (P: pleasure) seviyesinin ise %2,94 arttığı görülmektedir. Bu oranlara bakılarak katılımcıların oyun öncesine göre oyun oynama sırasında enerjiklik ortalamasında azalma görülürken hoş duygular ortalamasında bir artış görülmektedir.

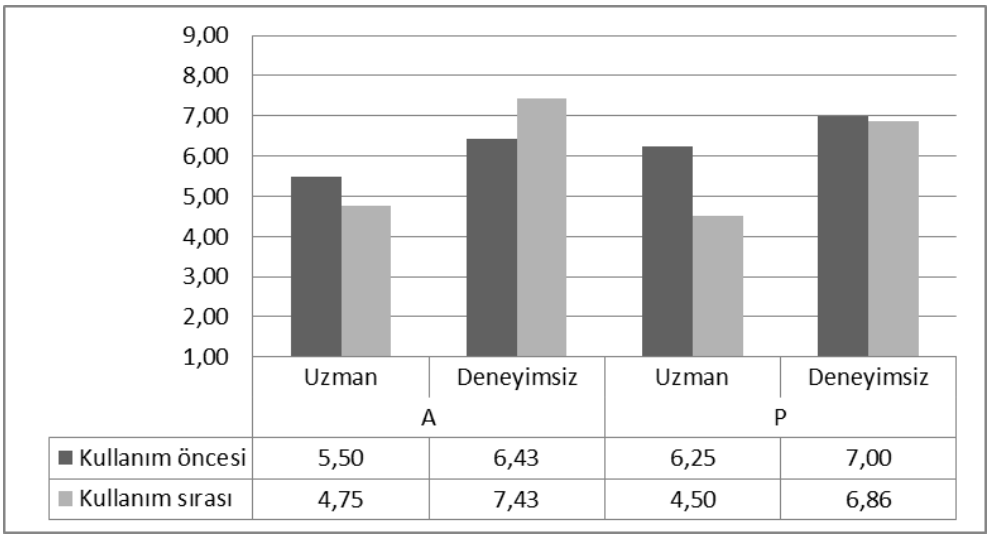
Katılımcıların enerjik olma (A: arousal) seviyesi en yüksek oyun öncesinde hesaplanırken, hoş duygulara sahip olma (P: pleasure) seviyesi en yüksek oyun sonrasında hesaplanmaktadır.



	A	P
Kullanım öncesi	6,09	6,73
Kullanım sırası	6,45	6,00
Oyun öncesi	5,73	6,45
Oyun sonrası	5,27	6,64

Şekil 4.16. Affect Grid ortalama skoru (cihazı ilk kullanım öncesi-kullanım sırası-oyun öncesi-oyun sonrası)

Şekil 4.17'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların kullanım öncesi - sırası Affect Grid anketi ortalamaları gözükmektedir. Kullanım öncesinde uzman katılımcıların arousal(enerjik) puanı kullanım sırasında 0,75 puanlık bir azalma gösterirken deneyimsiz katılımcılarda 1 puanlık bir artış gözükmektedir. Kullanım öncesinde uzman katılımcıların pleasure(hoş duygular) puanı kullanım sırasında 1,75 puan azalma gösterirken deneyimsiz katılımcıların 0,14 puan artış göstermektedir.



	Uzman	Deneyimsiz	Uzman	Deneyimsiz
	A		P	
Kullanım öncesi	5,50	6,43	6,25	7,00
Kullanım sırası	4,75	7,43	4,50	6,86

Şekil 4.17. Uzman-Deneyimsiz kullanım önsesi-sırası Affect Grid farkları

Tablo 4.11'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların kullanım öncesi ve sırası enerjik olma(A:arousal) boyutu ve hoş duygulara sahip olma (P:plasure) boyut puanları

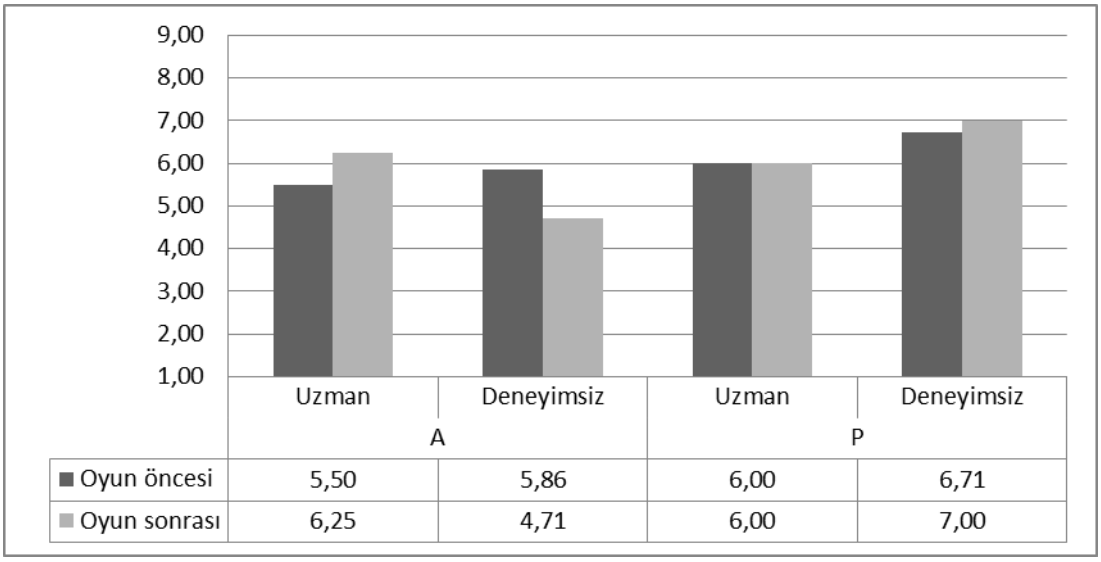
arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre kullanım sırası A boyutunda anlamlı bir farklılık bulunurken diğer boyutlarda uzman ve deneyimsiz katılımcıların A ve P boyut puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Tablo 4.11. Kullanım öncesi ve sırası Affect Grid için Mann-Whitney test sonucu

Kullanım Öncesi					
A	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	5,5	10,5	0,499
	Deneyimsiz	7	6,43		
P	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	6,25	10,5	0,468
	Deneyimsiz	7	7		
Kullanım Sırası					
A	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	4,75	3,5	0,041
	Deneyimsiz	7	7,43		
P	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	4,5	4	0,052
	Deneyimsiz	7	6,86		

Şekil 4.18'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların oyun öncesi - sonrası Affect Grid anketi ortalamaları gözükmektedir. Oyun öncesinde uzman katılımcıların arousal(enerjik) puanı oyun sonrasında 0,75 puanlık bir artış gösterirken deneyimsiz katılımcılarda 1,15 puanlık bir azalma gözükmektedir. Oyun öncesinde uzman katılımcıların pleasure(hoş duygular) puanı oyun sonrasında bir değişiklik göstermezken deneyimsiz katılımcılarda 0,29 puan artış gözükmektedir.

Oyun öncesinde deneyimsiz katılımcıların arousal(enerjik) puanı uzman katılımcılara göre daha yüksek iken oyun sonrasında uzman katılımcıların arousal(enerjik) puanı daha yüksek hesaplanmaktadır. Oyun öncesinde ve oyun sonrasında deneyimsiz katılımcıların pleasure(hoş duygular) puanı daha yüksek hesaplanmaktadır.



Şekil 4.18. Uzman-Deneyimsiz oyun öncesi-sonrası Affect Grid farkları

Tablo 4.12'de uzman ve deneyimsiz katılımcıların oyun öncesi ve sonrası Affect Grid anketi boyut puanları arasında anlamlı bir fark olup olmadığını belirlemek için uygulanan Mann-Whitney U testinin sonuçlarına göre uzman ve deneyimsiz katılımcıların Affect Grid anketi boyut puanları arasında anlamlı bir farklılık bulunamamıştır.

Tablo 4.12. Oyun öncesi-sonrası Affect Grid için Mann-Whitney test sonucu

Oyun Öncesi					
A	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	5,50	11	0,565
	Deneyimsiz	7	5,86		
P	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	6,00	14	1,00
	Deneyimsiz	7	4,71		
Oyun Sonrası					
A	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	6,25	8,5	0,291
	Deneyimsiz	7	4,71		
P	**Grup**	**N**	$\overline{X}$	**U**	**p**
	Uzman	4	6,00	11,5	0,63
	Deneyimsiz	7	7,00		

4.3.3. Memnuniyet

Tüm test oturumun en sonunda EEG cihazı ile oyunu oynarken yaşanan memnuniyet düzeyini öğrenmek için katılımcılara Sistem Kullanılabilirlik Ölçeği (SKÖ) uygulanmıştır. SKÖ'ye göre bir SKÖ skoru hesaplanmış ayrıca da her bir değerlendirme maddesine ait bulgular raporlanmıştır.

Katılımcıların her bir SKÖ maddesine verdiği yanıtlar Tablo 4.13'de detaylı olarak verilmiştir. Yanıtlara bakıldığında en düşük ortalama 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu gereksiz yere karmaşık buldum.' ifadesine verilmiştir. Bu ifadenin ortalaması 1,18'dir. Uzman katılımcılar bu maddeye ortalama 0,75 puan verirken deneyimsiz katılımcılar ortalama 1,43 puan vermişlerdir. Bu ortalama bize EEG başlık ile oynanan oyunun karmaşık olmadığını ve katılımcılar tarfından kolay anlaşılabildiğini göstermektedir. Katılımcıların çoğunluğu (%63,64) oyunun karmaşık olmadığı yönünde puanlama gerçekleştirmiştir. En yüksek ortalama ise 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynarken kendimi çok güvende hissettim.' ifadesine verilmiştir ve bu ifadelerin ortalaması 2.45'tir. Katılımcıların %54,55'i EEG başlığın bir oyunla etkileşim sağlamasının hızlı bir şekilde sağlanacağını ifade etmişlerdir. Katılımcıların %54,55'i EEG başlık ile mobil oyunu oynarken kendilerini güvende hissettiklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların % 45,45'i 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu sık sık oynamak istediğimi düşünüyorum' maddesine katılmadıklarını belirtirken, % 36,36'sı ise katıldıklarını belirtmiştir. Bu maddeye uzman katılımcılar ortalama 1,25 puan verirken deneyimsiz katılımcılar ortalama 2,43 puan vermişledir. Katılımcıların % 63,64'ü 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynamanın kolay olduğunu düşünüyorum.' maddesine katılmadıklarını belirtirken % 27,27'si katıldıkarını belirtmişlerdir. Bu maddeye uzman katılımcılar ortalama 1,25 puan verirken deneyimsiz katılımcılar ortalama 1,71 puan vermişlerdir. Katılımcıların % 36,36'sı 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun sisteminde çok fazla tutarlılık olduğunu düşünüyorum.' maddesine katılmadıklarını belirtirken % 36,36'sı da bu maddeye katıldıklarını belirtmiştir. Bu maddeye uzman katılımcılar ortalama 3 puan verirken deneyimsiz katılımcılar ortalama 1,71 puan vermişlerdir.

Tablo 4.13. SKÖ memnuniyet anketi bulguları

					Katılmıyorum	Kararsız	Katılıyorum
#	İfadeler	Ortalama	Uzman(x̄)	Deneyimsiz(x̄)	1	2	3
1	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu sık sık oynamak istediğimi düşünüyorum.	2,00	1,25	2,43	45,45%	18,18%	36,36%
2	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu gereksiz yere karmaşık buldum.	1,18	0,75	1,43	63,64%	36,36%	0,00%
3	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynamanın kolay olduğunu düşünüyorum.	1,55	1,25	1,71	63,64%	9,09%	27,27%
4	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynamak için yardıma ihtiyacım olduğunu düşünüyorum.	1,73	1,50	1,86	54,55%	9,09%	36,36%
5	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun sistemindeki çeşitli fonksiyonların iyi entegre olduğunu gördüm.	2,18	2,25	2,14	27,27%	18,18%	54,55%
6	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun sisteminde çok fazla tutarsızlık olduğunu düşünüyorum.	2,18	3,00	1,71	36,36%	27,27%	36,36%
7	Çoğu insanın EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu çok hızlı bir şekilde oynamayı öğreneceğini hayal ediyorum.	2,36	2,00	2,57	36,36%	9,09%	54,55%
8	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunda etkileşim sağlayan Emotiv başlığı çok ağır/kullanışsız buldum.	1,64	2,25	1,29	45,45%	36,36%	18,18%
9	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynarken kendimi çok güvende hissettim.	2,45	2,25	2,57	36,36%	9,09%	54,55%
10	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun ile etkileşim içine girmeden önce bir çok şeyi öğrenmem gerekiyordu.	1,73	1,25	2,00	63,64%	0,00%	36,36%

Katılımcıların SKÖ bulguları hesaplanarak SKÖ skoru (Brooke, 1996) 55,23 olarak SKÖ skoru eşik değeri olan 68'in altında hesaplanmıştır. Sauro Lewis sınıflandırma ölçeğine göre çalışmada kullanılan EEG cihazı ile gerçekleştirilen BBA arayüz ile etkileşim D sınıfında derecelendirilmektedir. Yüzdelik aralığı ise 15-34 arasındadır. Bu da bize incelenen sistemin kullanılabilirliği ile ilgili sorunların olduğunu göstermektedir. Bu sorunlar katılımcıların da ifade ettiği gibi EEG cihazının kafaya sabitlenebilir şekilde olmaması nedeniyle kafa yapısına göre sabitleme zorluğu oluşturmasına bağlıdır. Bunun sonucu olarak da sinyal alımında zorluk yaşanmakta bu da etkileşim problemleri oluşturmaktadır.

4.3.4. Açık uçlu değerlendirme soruları

Katılımcılara test sonunda EK-G da yer alan açık uçlu değerlendirme soruları cevaplamaları için verilmiştir. Katılımcıların bu sorulara verdiği cevaplar EK-H'de verilmiştir.

Tablo 4.37'de katılımcıların açık uçlu sorulara verdiği cevapların bir özeti bulunmaktadır. Katılımcıların açık uçlu sorulardan ilki olan 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun sırasında sahip olduğunuz kullanıcı deneyimi konusunda görüşleriniz nelerdir?' sorusuna verdikleri yanıtlardan EEG başlık ile oyun oynama sırasında genel anlamda keyif aldıklarını ve eğlendikleri anlaşılmaktadır. Fakat cihazdaki mimik algılama tutarsızlıklarının oyunu oynamayı zor bir hale getirdiğini söylemişlerdir. Katılımcılardan U3 birçok kez yanlış komut algılanmasının oyun deneyimini kötü etkilediğini söylemiştir. Katılımcılardan U4 cihaz ile oyunu oynarken mimikleri kontrol etme aşamasında yüzünün yorulduğunu U3'te aynı şekilde cihaz ile oyunu oynamanın yorucu olduğunu yazmıştır. Katılımcılardan U4 ve D4 stres atmak için ve her şeyden biraz uzaklaşmak için bu testin iyi bir deneyim olduğunu söylemiştir. D2 ve D5 göz kırpma komutunu gerçekleştirirken olumsuz bir deneyim olarak göz yaşlanması sorunu ile karşılaştığını yazmıştır. Katılımcılardan D4 EEG başlığın kafasına sabitlenmesinde zorluk yaşadığı için EEG başlığın giyilebilir bir bere/kavuk şeklinde olması yönünde ya da cihazın tüm kafa şekillerine göre ayarlanabilir bir şekilde olmasının daha kullanışlı olacağı ve deneyimlerini daha iyi hale getireceği yönünde yorum yapmıştır. Katılımcılardan D2 EEG başlığının kurulumunun zor olduğu ve yardım almadan kurulum yapmanın neredeyse imkânsız olduğunu belirtmiştir.

İkinci soru olan 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun ile olan deneyiminizi geliştirmek için neler yapılabilir?' sorusuna katılımcılardan U1 oyun deneyimini iyileştirmek için mimiklerin hassasiyet seviyesinin (eşik değerlerinin) daha hassas bir şekilde ayarlanması gerektiğini, katılımcılardan D3 cihaz ile ilgili deneme süresinin artırılmasının oyun deneyimini daha olumlu bir şekilde etkileyeceğini ifade etmişlerdir. Katılımcıların çoğu EEG başlığın daha hassas olarak komutları algılamasının oyun deneyimlerini geliştirebileceğini söylemişlerdir.

Katılımcıların son soru olan 'EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun ile ilgili olduğunu düşündüğünüz olumlu veya olumsuz düşüncelerinizi yazınız' sorusuna çoğu katılımcı genel olarak oyunun basit ve anlaşılır, eğlenceli bir oyun olduğu yorumunu yapmıştır. Fakat cihazın mimikleri algılama konusunda iyileştirilmesi gerektiğini ve oyun için de daha fazla mimik seçeneği konulması gerektiğini

vurgulamışlardır. Katılımcılardan D3 oyunun bir süre sonra kendini tekrarlamasının olumsuz bir etki bıraktığını ifade etmiştir.

Katılımcılardan D2,D3 EEG başlığı engelli insanların günlük yaşantılarını kolaylaştıracağı yönünde yorumlarda bulunmuşlardır. Aynı zamanda engelli(ellerini kullanamayan) kullanıcılarında eğlenmek amacıyla oyun oynanmasının EEG başlık ile sağlanabileceğini söylemişlerdir.

Tablo 4.14. Katılımcıların yorumları

Yorumlar	Katılımcılar
EEG başlık ile oyun esnasında keyif alma ve eğlenme.	Katılımcıların hepsi
Mimik algılama tutarsızlıkları oyunu oynamayı zor bir hale getirmiştir.	Katılımcıların hepsi
Oyun oynarken mimikleri kontrol etme aşamasında yüzüm yoruldu.	U4,U3
Stres atmak ve her şeyden biraz uzaklaşmak için bu test iyi bir deneyim oldu.	U4,D4
EEG başlığın kurulumu zor ve yardım almadan kurmak imkânsız.	D2
EEG başlığın kafada sabit durması için giyilebilir bir bere-kavuk şeklinde olabilir.	D4
Birçok kez yanlış komut algılanması oyun deneyimini kötü etkiledi.	U3
Mimiklerin hassasiyet seviyesi daha hassas bir şekilde ayarlanmalı.	Katılımcıların hepsi
Cihaz ile deneme süresinin artırılması oyun deneyimini daha olumlu bir şekilde etkiler.	D3
Oyunun bir süre sonra kendini tekrarlaması kullanıcıda olumsuz bir etki bırakmıştır.	U3
EEG başlık engelli insanların günlük yaşantılarını kolaylaştırır.	D2,D3

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Çalışmanın Özeti

Clau ve Pereira (2019) yaptıkları araştırmada EEG cihazları ile ilgili yapılan çalışmalarda en yaygın alanın tıp alanı(sağlık ve yaşam) , ikinci en yaygın alanın uykulu olma ya da halsizlik tespiti yapılan uygulamalar ve üçüncü yaygın alanın ise oyunlarda Beyin Bilgisayar Arayüzü (BBA) etkileşimi olduğunu raporlamışlardır. Yeni ve farklı bir etkileşim sağlaması açısından BBA etkileşiminin mobil oyunlardaki kullanıcı deneyiminin değerlendirilmesi önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu çalışmada bir BBA cihazının kullanıcı deneyiminin mobil bir hafıza/dikkat oyunun oynanması sırasında değerlendirilmesi için bir kullanıcı çalışması gerçekleştirilmektedir. Katılımcıların cihaz ile etkileşim öncesi, sırası ve sonrasında hissettikleri duygular kullanıcı deneyimine yönelik, etkileşim sırasında yaşadıkları zorluklar ise gözlemlenerek kullanılabilirliğe yönelik tespitler yapılmaktadır.

Kullanıcı çalışması için tasarlanan test kapsamı ön hazırlık, Emotiv EEG başlık eğitim fazı, EEG tabanlı mobil oyun eğitim fazı ve EEG tabanlı mobil oyun kullanılabilirlik testi fazı olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır. Bu dört aşama için katılımcıların aşamaları gerçekleştirme süreleri kaydedilmiştir. Test sonuçlarına göre Van de Laar'ın (2013) çalışmasıyla tutarlı olarak uzman katılımcılar ile deneyimsiz katılımcılar arasındaki süre farklarına bakıldığında genel anlamda anlamlı bir ilişki bulunamamış ve bunun kullanıcı deneyimiyle ilgili değil kişiye özgü olduğu tespit edilmiştir. Katılımcıların AttrakDiff kullanıcı deneyimi anketi sonuçlarına bakıldığında birkaç olumlu durumun test sonunda daha düşük puanla değerlendirildiği gözükmektedir. Örneğin; AttrakDiff anketi sonucuna göre katılımcılar testten önce cihazın 1,73 puanla cezbedici olduğunu düşünmekteyken, test sonrasında 0,91 puanla cezbedici olduğunu düşünmektedir ve %47,3 bir azalma gözükmektedir. Katılımcıların ucuz-değerli boyutuna verdiği yanıtlarda test öncesinde 1,55 puan ile değerli bulduklarını söylerken test sonrasında bu puan 0,82

olmuştur ve %47,9'lik bir azalma gözükmektedir. Katılımcıların Affect Grid anketi sonuçlarına bakıldığında katılımcıların kullanım sırasında enerjik olma (A: arousal) seviyesinin kullanım öncesine göre %5,9 arttığı görülmektedir. Hoş duygulara sahip olma (P: pleasure) seviyesinin ise kullanım öncesine göre %10,8 oranında azaldığı görülmektedir. Bu oranlara bakılarak katılımcıların kullanım sırasında enerjik olma ortalaması artarken hoş duygulara sahip olma ortalamasında azalma görülmektedir. Katılımcıların oyun öncesi ve oyun sonrası duygu durumlarının ortalamasına bakıldığında katılımcıların arousal (enerjik) seviyesinin oyun öncesine göre %8,02 azaldığı, pleasure (hoş duygular) seviyesinin ise oyun öncesine göre %2,94 arttığı görülmektedir. Bu oranlara bakılarak katılımcıların oyun oynama sırasında enerjiklik ortalamasında azalma görülürken hoş duygular ortalamasında bir artış görülmektedir.

Katılımcıların Clau ve Pereira'nın (2019) çalışmasıyla tutarlı olarak genel olarak EEG başlık ile oyun oynama sırasında keyif aldıkları ve eğlendikleri tespit edilmiş diğer taraftan ise katılımcılar EEG başlığın oyun öğelerini kontrol etmede etkinlik ve hız açısından yetersiz kaldığını belirtmişlerdir. EEG başlığın SKÖ skoru 55,23(<68) olarak hesaplanmıştır. SKÖ puanı kullanılabilirlik ile ilgili sorunların olduğunu ifade etmektedir. Sonuçlara göre bir BBA ara yüzü ile etkileşiminin anlaşılmasına ve kullanılmasına yardımcı olmak için EEG başlığının kullanılabilirliğinin iyileştirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada sunulan sonuçların BBA kontrollü oyunlar alanında faydalı olabilecek bazı yönlere işaret ettiği düşünülmektedir. Test sonucunda katılımcıların oynanan hafıza/dikkat oyununu basit, anlaşılır ve eğlenceli buldukları tespit edilmiştir. Aynı zamanda EEG başlığın motor hareketleri sınırlı olan insanlar içinde eğlence amaçlı kullanılabileceği tespit edilmiştir. Cihaz için ve oyun için katılımcıların yaptığı yorumlar EK-H de verilmiştir. Sonuçların oyun geliştiricilere de yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

Testten elde edilen sonuçları analiz ederek EEG tabanlı etkileşimin kullanıcı deneyiminin ve kullanılabilirliğinin mobil oyunlarda değerlendirilmesi ile ilgili çalışma kapsamında belirlenen 4 soruyu cevaplamak mümkündür.

S1. Katılımcı bakış açısından, BBA ara yüzü ile etkileşim sırasında karşılaşılan sınırlamalar / zorluklar nelerdir?

Bir BBA ara yüzünde kullanılan EEG başlığın kullanımında bireylerin fiziki özelliklerine göre farklılıklar yaşanmaktadır. Örneğin saçları uzun olan katılımcılarda saçları kısa olan katılımcılara göre çalışmada kullanılan EEG başlığı takmakta ve sinyallerin doğru bir şekilde alınmasında daha fazla problem yaşanmaktadır. Ve bu katılımcılar genel olarak bu EEG başlığın bir yardım alınmadan kurulumunun zor olduğunu belirtmektedir. Aynı zamanda kafa boyutu küçük olan katılımcılarda cihazın kafada sürekli kaymasından kaynaklanan problemden dolayı cihazdan sinyalleri almak zor bir hale gelmektedir. Yapılan anketlerde katılımcılardan bazıları EEG başlık için daha tutarlı bir şekilde kafaya yerleştirilmesi gerektiğini ifade etmişlerdir. Aynı zamanda katılımcılar yapacakları seçimler için mimiklerini kullanırken cihazın daha hassas bir şekilde mimikleri algılaması gerektiğini ifade etmişlerdir. Kullanıcı doğru mimikleri yaptığı halde EEG başlıktaki algılama gecikmesiyle birlikte kullanıcının yapmak istediği işlem geç gerçekleşmekte ve bu durum kullanıcının oyunu gereksiz yere kaybetmesine neden olabilmektedir. Kontrolün bu şekilde zorlayıcı olması durumunda kullanıcı EEG başlığı bir yardımdan ziyade bir engel olarak görebilir ve böylece kullanımını sınırlayabilir (Van de Laar ve diğ., 2013).

S2. BBA ara yüzü ile etkileşim sırasında katılımcıların kullanıcı deneyimi ne şekilde etkilenmektedir?

Kullanıcı deneyimi yorumlarında çoğu katılımcı EEG başlığının kullanımının oyunu daha eğlenceli ve daha ilgi çekici hale getirdiğini ifade etmişlerdir. Bu ifadelerden EEG başlığın kullanılmasının oyunu oynamayı her zaman daha kolay bir hale getirmediyse de oyunu oynamak için daha eğlenceli hale getirdiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Kullanıcı deneyimi için uygulanan Affect Grid anketi sonuçlarına göre, katılımcıların enerjik olma seviyelerinin kullanım sırasında kullanım öncesi seviyelere göre daha yüksek olduğu, ancak oyun oynarken daha düşük ve oyundan sonra en düşük seviyeye ulaştığı görülmüştür. Benzer şekilde hoş duygulara sahip olma seviyelerinin de kullanım sonrasında kullanım öncesine göre düşük oyun sonrasında oyun öncesine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. AttrakDiff kullanıcı deneyimi anketi sonuçları incelendiğinde, kullanıcı çalışmasından sonra fonksiyonellik ve memnuniyetle ilgili özellik puanlarının azaldığı tespit edilmiştir.

S3. BBA ara yüzü ile etkileşim sırasında karşılaşılan kullanılabilirlik problemleri nelerdir?

Yapılan kullanıcı çalışması sonucunda çalışmada kullanılan cihazın bazı kafa tiplerinde sabitlenememesi, saç yoğunluğuna göre sinyalleri almada zorlanma oluşması gibi bazı fiziksel kullanılabilirlik problemleri olduğu gibi, mimikleri hassas bir şekilde algılayamaması gibi yazılımsal kullanılabilirlik problemleri de tespit edilmiştir. Tüm bu problemler katılımcıların oyun performansını ve memnuniyet düzeylerini olumsuz etkilemişlerdir.

S4. BBA ara yüzü ile etkileşimin anlaşılmasına ve kullanılmasına yardımcı olmak için bir BBA sisteminde neler yapılabilir?

EEG cihazındaki kullanılabilirlik problemlerinin çözülmesi BBA ara yüzü ile etkileşimin daha iyi anlaşılmasını sağlamak için iyi bir çözüm olabilir. EEG başlık katılımcıların kafasına test gözlemleyicisi yardımıyla yerleştirilmiştir ve katılımcıların bazıları bir yardım almadan cihazı doğru bir şekilde yerleştirmenin zor olacağını vurgulamışlardır. Cihazın bu tip fiziksel kullanılabilirlik problemlerini çözmek için tüm kafa tiplerine ayarlanabilir bir şekilde kavuk ya da bere şeklinde geliştirilmesi uygun olacaktır. Yine yazılımsal hassasiyet problemleri için de cihazın mimikleri hassas bir şekilde algılamasını sağlayacak algoritmaların uygulanması gereklidir.

5.2. Kısıtlar ve Gelecek Çalışma Önerileri

Bu çalışma ile ilgili bazı kısıtlarda vardır. Öncelikli olarak uzman ve deneyimsiz katılımcı sayılarının az olması bir kısıt olarak söylenebilir. Gelecek çalışma olarak daha fazla katılımcı örneklemi ile aynı test gerçekleştirilerek çıkabilecek sonuçların karşılaştırılması gerçekleştirilebilir. Benzer şekilde çalışmanın sağlıklı kullanıcılar yerine bir takım motor hareketlerini kullanamayan katılımcılarla birlikte gerçekleştirilerek kullanıcı deneyimi ve kullanılabilirlik sonuçları araştırılabilir

Ayrıca kullanılan cihazın mimik hassasiyetinin az olması ve her kafa şeklinde aynı sonuçların alınamamasından dolayı NeuroSky MindWave gibi başka düşük maliyetli

cihazlar ile aynı test aşamaları gerçekleştirilerek Emotiv Epoc+ cihazıyla kıyaslanması ile ilgili yeni bir çalışma gerçekleştirilebilir.

Bu çalışma genel anlamda bir hafıza/dikkat oyun türüne dayanıyor ve bulunan sonuçlar değişik oyun türlerine genelleştirilemeyebilir. Oyunun türü, etkileşim tarzı vb. değerlendirmenin sonucunu etkileyebilecek seçeneklerdir. Seçeneklerin sayısı ve sonuçta ortaya çıkan seçeneklerin kombinasyonları, bu seçeneklerin değerlendirilmesinden çok daha büyük olduğundan, herhangi bir sonuç hakkında genelleme yapmak zordur (Van de Laar ve diğ., 2013). Ancak yine de farklı oyun türlerinin kontrolünde cihazın kullanımının değerlendirilmesi faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

Ahn M., Lee M., Choi J., Jun S.A, Review of Brain-Computer Interface Games and an Opinion Survey from Researchers Developers and Users, *Sensors*, 2014, **14**(8), 14601-14633.

Allocate Games, Pyramid Hidden Colors, Google Play Store, https://play.google.com/store/apps/details?id=com.allocate.eeg&hl=tr, (Ziyaret tarihi: 30 Eylül 2019).

Amiri S., Rabbi A., Azinfar L., Fazel-Rezai R., A Review of P300, SSVEP and Hybrid P300/SSVEP Brain- Computer Interface Systems, Editörler: Fazel-Rezai R, *Brain-Computer Interface Systems*, IntechOpen, Rijeka, 195-213, 2013.

Argunşah A. Ö., Beyinden Bilgisayara Bir Yol: Beyin Bilgisayar Arayüzü, http://www.emo.org.tr/ekler/a130f1dc6f0c829_ek.pdf?dergi=429,(Ziyaret tarihi: 27 Kasım 2019).

Atasoy H., Yıldırım S., Yıldırım E., Kutlu Y., EEG Sinyallerinden Fraktal Boyut ve Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Duygu Tanıma, *Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu*, Bursa, Türkiye, 27-29 Kasım 2014.

Aydemir Ö., Kayıkçıoğlu T., EEG Tabanlı Bilgisayar Arayüzleri, *VI. Akademik Bilişim Konferans Bildirileri*, Şanlıurfa, Türkiye ,11-13 Şubat 2009.

Bargas-Avila J., Hornbæk K., Old Wine in New Bottles or Novel Challenges: a Critical Analysis of Empirical Studies of User Experience, *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, Association for Computing Machinery, New York, USA, 2689-2698, 2011.

Barr P., Noble J., Biddle R., Video game values: Human–computer Interaction and Games, *Interacting with Computers*, 2007, **19**(2), 180-195.

Bevan N., What is the difference between the purpose of usability and user experience evaluation methods?, *UXEM'09 Workshop – INTERACT*, Uppsala, Sweden, 24-28 Ağustos 2009.

Boss D. P. O., Reuderink B., Van De Laar B., Gürkök H., Mühl C., Poel M., Heylen D., Nijholt A., Human-Computer Interaction for BCI Games Usability and User Experience, *International Conference and Cyberworlds*, Singapur, 20-22 Kasım 2010.

Brooke J., SUS - A Quick and Dirty Usability Scale, Editörler: Jordan P. W., Thomas B., Weerdmeester B. A., McClelland I. L., *Usability Evaluation in Industry*, Taylor & Francis, London, 189-194, 1996.

Caulton P., Wylie C. G., Will B., Brain Interaction for Mobile Games. *15th International Academic MindTrek Conference*, Tampere, Finland, 28-30 Eylül 2011.

Cengiz A., Kürşat Ç., What is Human Computer Interaction?, METU, http://hci.cc.metu.edu.tr/en/what-human-computer-interaction, (Ziyaret tarihi: 15 Nisan 2019).

Chu K., Wong C. Y., Player's Attention and Meditation Level of Input Devices on Mobile Gaming, *3rd International Conference on User Science and Engineering,* Malaysia, 2-5 Eylül 2014.

Chuang J., Hamilton N., Charles W., Benjamin J., I Think, Therefore I Am: Usability and Security of Authentication Using Brainwaves, Editörler: Adams A. A., Brenner M., Smith M., *Financial Cryptography and Data Security*, Springer Berlin Heidelberg ,Berlin, 1-16, 2013.

Culau L., Pereira R., Technical Report: Exploring the usability and acceptance of an EEG headset in Game Playing, ResearchGate, https://www.researchgate.net/publication/331471069_Exploring_the_usability_and_acceptance_of_an_EEG_headset_in_Game_Playing, (Ziyaret tarihi: 10 Nisan 2019).

Çağıltay K., Acartürk C.,İnsan Bilgisayar Etkileşimi ve Odtü'de Yürütülen Çalışmalar, *Akademik Bilişim Konferansı*, Denizli, Türkiye, 9-11 Şubat 2006.

Çağıltay K., E-dönüşümü kullanabilmek? İnsan Bilgisayar Etkileşimi, Kullanılabilirlik ve e-Devlet Projeleri, *2. Polis Bilişim Sempozyumu*, Ankara, Türkiye, 14-15 Nisan 2005.

Çağıltay K., İnsan Bilgisayar Etkileşimi ve Eğitim Teknolojileri, Editoörler: Çağıltay K., Göktaş Y., *Öğretim Teknolojilerinin Temelleri: Teoriler Araştırmalar Eğilimler*, 2. baskı, Pegem Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 297-314, 2016.

Çağıltay K., *Teoriden Pratiğe İnsan Bilgisayar Etkileşimi ve Kullanılabilirlik Mühendisliği*, 2. baskı, Seçkin Yayıncılık, Ankara, Türkiye, 2011.

Desurvire H., Caplan M., Toth J. A., Using Heuristics to Evaluate the Playability of Games., *Conference on Human Factors in Computing Systems*, Vienna, Austria, 24-29 Nisan 2004.

Dix A., Human-Computer Interaction, Editors: Liu L., Ozsu M. T., *Encyclopedia of Database Systems*, 2 nd ed., Springer Us, Boston,

Dumas J. S., Redish J. C., *A Practical Guide to Usability Testing*, 1 st ed., Intellect Books, Oregon, 1999.

Federoff, M. A., Heuristics and usability guidelines for the creation and evaluation of fun in video games. PhD Thesis, Indiana University, University Graduate School, Bloomington, 2002.

Feng L.,Wei W., An Empirical Study on User Experience Evaluation and Identification of Critical UX Issues, *Sustainability*, 2019, **11**(08), 1-19.

Fischer G., User Modeling in Human--Computer Interaction. User Modeling and User-Adapted Interaction, *User Modeling and User Adapted Iteraction*, 2001, **11**(1-2), 65-86.

Gürkök H., Nijholt A., Brain–Computer Interfaces for Multimodal Interaction: A Survey and Principles, *International Journal of Human–Computer Interaction*, 2012, **28**(5), 292-307.

Hairston W. D., Whitaker K. W., Ries A. J. , Vettel J. M., Bradford J.C., Kerick S. E., McDowell K., Usability of Four Commercially-Oriented EEG Systems, *Journal of Neural Engineering*, 2014, **11**(4), 1-14.

Hassenzahl M., Burmester M., Koller F., AttrakDiff: Ein Fragebogen zur Messung wahrgenommener hedonischer und pragmatischer Qualitat, Editors: Ziegler J., Szwillus G., *Mensch & Computer 2003:Interaktion in Bewegung*., 1 st ed, Vieweg-Teubner, Stutgart, Germany, 187-196, 2003.

Hassenzahl M., Monk A., The Inference of Perceived Usability From Beauty, *Human-Computer Interaction*, 2010, **25**(3), 235-260.

Hassenzahl M., Tractinsky N., User Experience – a Research Agenda. *Behaviour & Information Technology*, 2006, **25**(2), 91-97.

ISO 9241-11, Ergonomic Requirements for Office Work with Visual Display Terminals (VDTs)-Part 11: Guidance on Usability, *International Organization for Standardization*, Switzerland, 1998.

ISO FDIS 9241-210, Ergonomics of Human-System Interaction- Part 210: Human-centred Design Process for Interactive Systems (FDIS-Final Draft International Standard), *International Organization for Standardization*, Switzerland, 2009.

Jeff S., 5 Ways to Interpret a Sus Score, MeasuringU, https://measuringu.com/interpret-sus-score/, (Ziyaret tarihi: 30 Ekim 2019).

Jeffrey R., Chisnell D., *Handbook of Usability Testing: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*, New York John Wiley Sons, New York, 1994.

Lang M., Investigating the Emotiv EPOC for Cognitive Control in Limited Training Time, PhD Thesis, University of Canterbury, University Graduate School, Christchurch, 2012.

Law E. L. C., Roto V., Hassenzahl M., Vermeeren A. P., Kort J., Understanding, Scoping and Defining User Experience: A Survey Approach, *CHI'09*, Boston, Massachusetts, 4-9 Nisan 2009.

Lazar J., Feng J. H., Hochheiser H., *Research Methods in Human-Computer Interaction*, 2nd ed., Morgan Kaufmann, Cambridge, 2017.

Lewis J. R., Utesch B. S., Maher D. E., Investigating the Correspondence Between UMUX-LITE and SUS Scores, *4 th International Conference of Design, User Experience, and Usability,* Los Angeles, USA, 2-7 Ağustos 2015.

Lotte F., Brain-Computer Interfaces for 3D Games: Hype or Hope?, *6th International Conference on Foundations of Digital Games*, Bordeaux, France, 28 June- 1 July 2011.

Maskeliunas R., Damasevicius R., Martisius I., Vasiljevas M.,Consumer-Grade EEG Devices: Are They Usable for Control Tasks?, *PeerJ, 2016*, **4**, e1746.

McMahan T., Parberry I., Parsons T. D., Modality specific assessment of video game player's experience using the Emotiv, *Entertainment Computing*, 2015, **7**, 1-6.

Muhammed A., Beyin Bilgisayar Arayüzü Uygulamaları Nelerdir?, http://www.muhendisalemi.com/beyin-bilgisayar-arayuzu-bba-uygulamalari-nelerdir/ ,(Ziyaret tarihi: 14 Kasım 2019).

Newzoo, Newzoo Global Mobile Market Report, 2019.

Nielsen J., *Usability Engineering*, 1 st ed., Elsevier, Boston, 1994.

Olejniczak P., Neurophysiologic Basis of EEG, *Journal of Clinical Neurophysiology*, 2006, **23**(3), 186-189.

Oude Bos D., Reuderink B., (2008). BrainBasher: a BCI Game, Editörler: Markopoulos P., Hoonhout J., Soute I., Read J., *Extended Abstracts of the International Conference on Fun and Games 2008,* Eindhoven University of Technology, Eindhoven, Netherlands, 36-39, 2008.

Özkoçak Y., Türkiye'de Akıllı Telefon Kullanıcılarının Oyalanma Amaçlı Tercih Ettikleri Mobil Uygulamalar, *Global Media Journal: Turkish Edition*, 2016, **6**(12), 106-130.

Pew, R., An Unlikely HCI Frontier: The Social Security Administration in 1978. *Interactions*, 2007, **14**(3), 18-21.

Pfurtscheller G., Da Silva F. H. L., Event-related EEG/MEG Synchronization and Desynchronization: Basic Principles, *Clinical Neurophysiology*, 1999, **110**(11), 1842 - 1857.

Pinelle D., Wong N., Heuristic Evaluation for Games: Usability Principles for Video Game Design, *CHI '08*, Florence, Italy, 5-10 Nisan 2008.

Rebolledo-Mendez G., Dunwell I., Martinez-Miron E. A., Vargas-Cerdan M. D., De Freitas S., Liarokapis F., Garcia-Gaona A. R., Assessing NeuroSky's Usability to Detect Attention Levels in an Assesment Exercise, *International Conference on Human-Computer Interaction*, San Diego, USA, 19-24 Temmuz 2009.

Rivero L., Conte, T., A Systematic Mapping Study on Research Contributions on UX Evaluation Technologies, *XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems,* Joinville, Brazil, 23-27 Ekim 2017.

Rollings A., Morris D, Game Architecture and Design: A New Edition, *Livroj,* 2004, 116.

Russel J. A., Weiss A., Mendelsohn G. A., Affect Grid: A SİngIe-Item Scale of Pleasure and Arausal, *Journal of Personality and Social Psychology*, 1989, **57**(3), 493-502.

Sauro J., Lewis, J. R., *Quantifying the User Experience: Practical Statistics for User Research,* 2 nd ed., Morgan Kaufmann, Cambridge, 2016

Sauro J., Lewis J. R., When Designing Usability Questionnaires, Does It Hurt to Be Positive?, *CHI 2011,* Vancouver, Canada, 7-12 Mayıs 2011..

Sourina O., Liu Y., Nguyen M. K., Real-time EEG-based Emotion Recognition for Music Therapy, *Multimodal User Interfaces* , 2012, **5**(1-2), 27-35.

Sumak B., Spinder M., Pusnik M., Design and Development of Contactless Interaction with Computers Based on the Emotiv EPOC+ Device, *40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO)*, Opatija, Croatia, 22-26 Mayıs 2017.

Türkiye Oyun Sektörü 2018 Raporu, Oyun Ajansı, 2018.

URL-1: https://www.biosemi.com/index.htm, (Ziyaret tarihi: 12 Ekim 2019).

URL-2: https://www.emotiv.com/ ,(Ziyaret tarihi: 12 Ekim 2019).

URL-3: https://www.advancedbrainmonitoring.com/xseries/x10/ ,(Ziyaret tarihi: 10 Ekim 2019).

URL-4: http://www.quasarusa.com/products_dsi.htm, (Ziyaret tarihi: 30 Ekim 2019).

URL-5: http://neurosky.com/, (Ziyaret tarihi: 13 Ekim 2019).

URL-6: https://www.productplan.com/glossary/user-experience/, (Ziyaret tarihi: 29 Ekim 2019).

URL-7: https://www.es.ele.true.nl/education/ci/project/files/lab4/UserManual.pdf, (Ziyaret tarihi: 13 Ekim 2019).

Ülger G., Playability Heuristics for Mobile Games Using Touchscreen Displays, Yüksek Lisans Tezi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.

Van de Laar B., Gürkök H., Bos D. P. O., Poel M., Nijholt A., Experiencing BCI Control in a Popular Computer Game, IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 2013, **5**(2), 176-84.

Vecchiato G., Astolfi L., Fallani F. D., Toppi J., Aloise F., Bez F., Francesco W., Daming K., Wanzeng D., Jounging C., On the use of EEG or MEG Brain Imaging Tools in Neuromarketing Research, *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2011, **2011**(3), 3.

Vermeeren A. P., Law E. L.C., Roto V., Obrist M., Hoonhout J., Väänänen-Vainio-Mattila K., User Experience Evaluation Methods: Current State and Development Needs, *6th Nordic Conference on Human-Computer Interaction: Extending Boundaries*, Reykjavik, Iceland, 16-20 Ekim 2010.

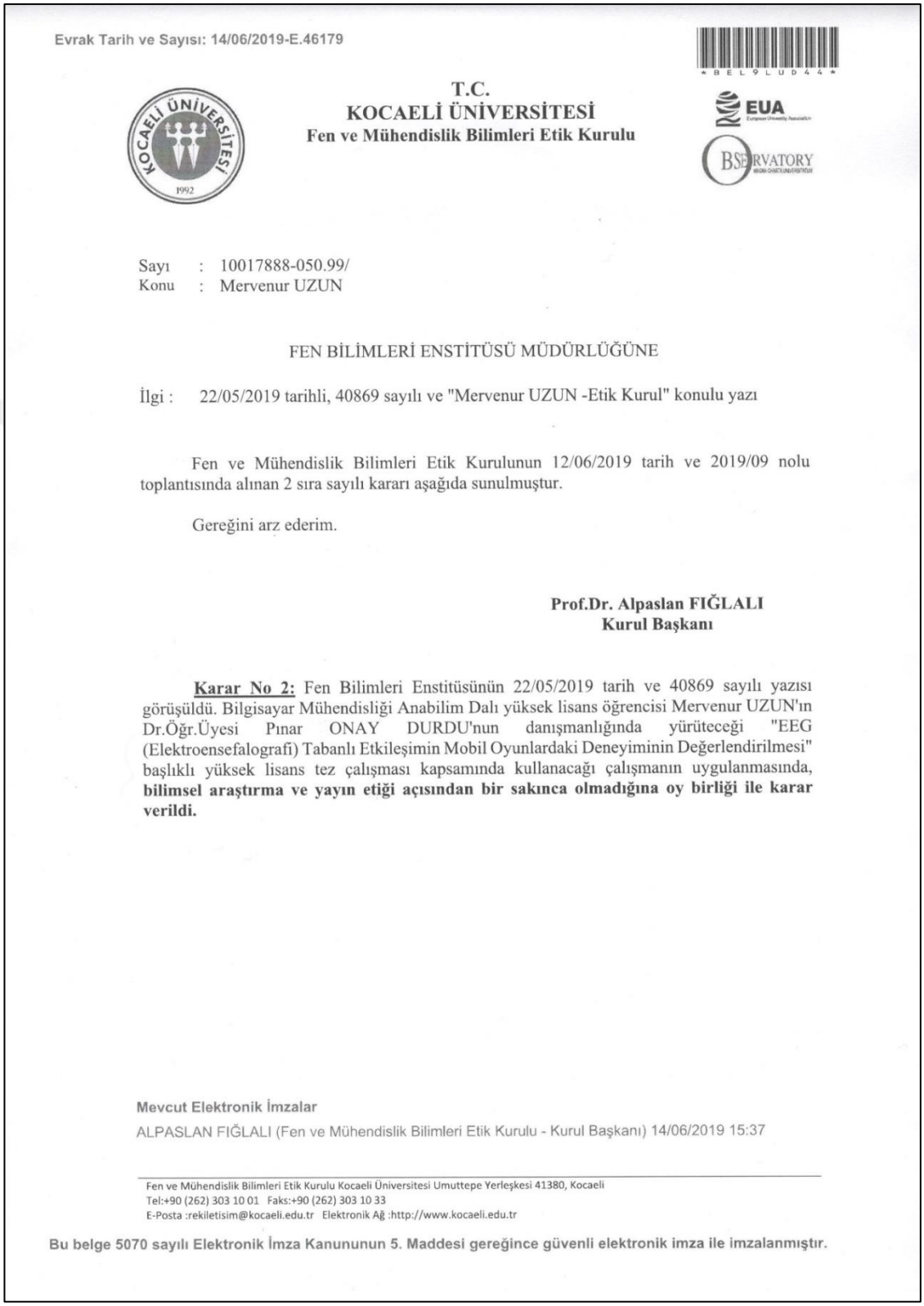
Vidal J. J., Toward Direct Brain-Computer Communication, A*nnual Review of Biophysics and Bioengineering*, 1973, **2**(1), 157-180.

Wobbrock J. O., Kientz J. A., Research Contributions in Human-computer Interaction, *Interactions*, 2016, **23**(3), 38-44.

Wolpaw J. R., Birbaumer N., McFarland D. J., Pfurtscheller G., Vaughan T. M. Brain–Computer Interfaces for Communication and Control, *Clinical Neurophysiology*, 2002, **113**(6), 767-791.

EKLER

Ek-A



Evrak Tarih ve Sayısı: 14/06/2019-E.46179

T.C.
KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu

Sayı : 10017888-050.99/
Konu : Mervenur UZUN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

İlgi : 22/05/2019 tarihli, 40869 sayılı ve "Mervenur UZUN -Etik Kurul" konulu yazı

Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulunun 12/06/2019 tarih ve 2019/09 nolu toplantısında alınan 2 sıra sayılı kararı aşağıda sunulmuştur.

Gereğini arz ederim.

Prof.Dr. Alpaslan FIĞLALI
Kurul Başkanı

Karar No 2: Fen Bilimleri Enstitüsünün 22/05/2019 tarih ve 40869 sayılı yazısı görüşüldü. Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı yüksek lisans öğrencisi Mervenur UZUN'ın Dr.Öğr.Üyesi Pınar ONAY DURDU'nun danışmanlığında yürüteceği "EEG (Elektroensefalografi) Tabanlı Etkileşimin Mobil Oyunlardaki Deneyiminin Değerlendirilmesi" başlıklı yüksek lisans tez çalışması kapsamında kullanacağı çalışmanın uygulanmasında, **bilimsel araştırma ve yayın etiği açısından bir sakınca olmadığına oy birliği ile karar verildi.**

Mevcut Elektronik İmzalar
ALPASLAN FIĞLALI (Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu - Kurul Başkanı) 14/06/2019 15:37

Fen ve Mühendislik Bilimleri Etik Kurulu Kocaeli Üniversitesi Umuttepe Yerleşkesi 41380, Kocaeli
Tel:+90 (262) 303 10 01 Faks:+90 (262) 303 10 33
E-Posta :rekiletisim@kocaeli.edu.tr Elektronik Ağ :http://www.kocaeli.edu.tr

Bu belge 5070 sayılı Elektronik İmza Kanununun 5. Maddesi gereğince güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Şekil A.1. Etik kurul onay belgesi

Ek-B

EEG(Elektroensefalografi) Cihazının Mobil Oyunlarda Kullanılabilirlik Değerlendirmesi için Katılımcı Onam Formu

Sayın gönüllü,

Bir araştırma çalışmasına davet edilmektesiniz. Bu araştırmada yer almayı kabul etmeden önce, araştırmanın ne amaçla yapılmak istendiğini anlamanız ve kararınızı bu bilgilendirme çerçevesinde özgürce vermeniz gerekmektedir. Aşağıdaki bilgileri lütfen dikkatlice okuyunuz, sorularınız olursa sorunuz ve açık yanıtlar isteyiniz. Ancak araştırmaya katılmak isteyip istemediğinize karar vermek için lütfen biraz düşünün.

Bu araştırma çalışması Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Dr. Öğr Üyesi Pınar Onay Durdu ve araştırmacı yüksek lisans öğrencisi Mervenur Uzun tarafından hazırlanan " EEG(Elektroensefalografi) tabanlı etkileşimin Mobil Oyunlardaki Kullanıcı Deneyiminin Değerlendirilmesi" konulu tez çalışması için hazırlanmıştır.

Dr Öğr Üyesi Pınar Onay Durdu Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü pinar.onaydurdu@kocaeli.edu.tr 303 3570	Mervenur Uzun Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği mervenurergl@gmail.com

Yapılacak tez çalışmasının amacı kullanıcılara bir hafıza/dikkat oyunu oynatılarak EEG cihazının kullanıcı deneyimi değerlendirmesi ile ilgili veriler toplamaktır.

Araştırma Kocaeli Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği İnsan Bilgisayar Etkileşimi laboratuvarında gerçekleştirilecektir. Araştırmaya Kocaeli Üniversitesi bünyesinde bulunan, farklı deneyimlere sahip olan 18 yaş üzeri gönüllüler katılacaktır. Katılımınız tamamen gönüllülük esasına dayalıdır. Çalışmadan istediğiniz zaman neden göstermeden ayrılabilirsiniz. Çalışmanın tamamlanma süresi yaklaşık 30 dk – 60 dk alacaktır.

Araştırmaya katılmayı kabul ederseniz ilk olarak EEG cihazının kafanıza sorunsuz bir şekilde yerleştirilmesi sağlanacaktır. Sinyallerin alındığı onaylandıktan sonra gerekli kalibrasyon işlemlerinden sonra bir hafıza/dikkat oyunu oynarken cihazdan kayıtlar alınacaktır. Cihaz takıldıktan sonra gereksiz sinyallerin toplanmaması için çok fazla hareket etmemeniz gerekmektedir. Deney 3 temel oturumdan oluşmaktadır ve tüm deney oturumları boyunca daha sonra verileri değerlendirmek amacıyla kamera kaydınız alınacaktır. Deney süresince deney öncesi, deney anında ve deney

bittikten sonra cihazın kullanıcı deneyimi ve kullanılabilirliğini değerlendirmeye yönelik ilgili anketleri doldurmanız istenecektir. Tüm işlemler için gerekli süre yaklaşık 30dk – 60dk olacaktır.

Araştırmaya katılmanın herhangi bir riski bulunmamaktadır. EEG kaydı sırasında sadece beynin elektrik dalgalarının kaydı yapılır. Vücuda elektrik verilmez. ***EEG tamamen ağrısız ve zararsız bir inceleme yöntemidir***. EEG ile akıldan gecen düşünceler okunmaz ve zeka ölçülemez. EEG'nin zararı yoktur, her yaşta insana EEG çekilebilir. ***EEG'de radyasyon etkisi yoktur***.

Çalışma kapsamında kullanılacak anketlerdeki ifadeler "EEG (Elektroensefalografi) tabanlı mobil oyun oynama deneyiminiz hakkındaki duygu ve düşüncelerinizi saptamaya" yönelik bilimsel bir araştırma ile ilgilidir.

Gizlilik: Çalışmadaki anket kapsamında kişisel bilgilerinize yönelik cevaplamanız gereken herhangi bir soru bulunmamaktadır.

Bilgilere giriş: Elde edilen bilgiler yalnızca çalışma kapsamındaki araştırmacılar tarafından analiz edilecek ve tüm katılımcılara ait bulgular derlenerek sunulacaktır

Çalışma ve sonuçları ile detaylı bilgi almak isterseniz yukarıdaki iletişim bilgilerini kullanabilirsiniz

Araştırma çalışmamıza katılım davetimizi kabul ederek anketimizi yanıtladığınız için teşekkür ederiz.

Çalışmaya katılmayı kabul ediyorum.

İmza

:_____

Ek-C

Kullanıcı Demografik Bilgi Anketi

1. Cinsiyet: ○ Kadın ○ Erkek

2. Yaş: ……..

3. Bölümünüz:

Bilgisayar Mühendisliği Lisans Programı:

Bilgisayar Mühendisliği Yüksek Lisans Programı:

Bilgisayar Mühendisliği Doktora Programı:

4. Daha önce uygulamalarla etkileşimde bulunmak için elektroensefalogram(EEG) ekipmanı kullandınız mı?

- Evet
- Hayır

Cevabınız evet ise hangi amaçla kullandığınızı açıklayınız.

……
……
……
……

5. Herhangi bir göz rahatsızlığınız var mı ?

- Miyop
- Hipermetrop
- Astigmat
- Herhangi bir rahatsızlığım yok
- Diğer:
  ……

6. Herhangi bir nörolojik rahatsızlığınız var mı ?

- Baş ağrısı(migren)
- Epilepsi(sara)
- Parkinson
- Uyku bozuklukları
- Kas hastalıkları
- ALS(Amiyotrofik Lateral Skleroz)
- Diğer:……..

7. Bilgisayar kullanım sıklığınız:

- Her gün
- Haftada birkaç gün
- Günde 2-3 saat
- Hiç

8. Bilgisayar oyunlarını oynama sıklığınız:

- Haftada birkaç gün birkaç saat
- Her gün 1-2 saat

9. Konsol oyunları oynama sıklığınız:

- Haftada birkaç gün
- Günde 1-2 saat
- Hiç

10. Hangi oyun türlerini sıklıkla tercih ediyorsunuz? Birden fazla seçebilirsiniz.

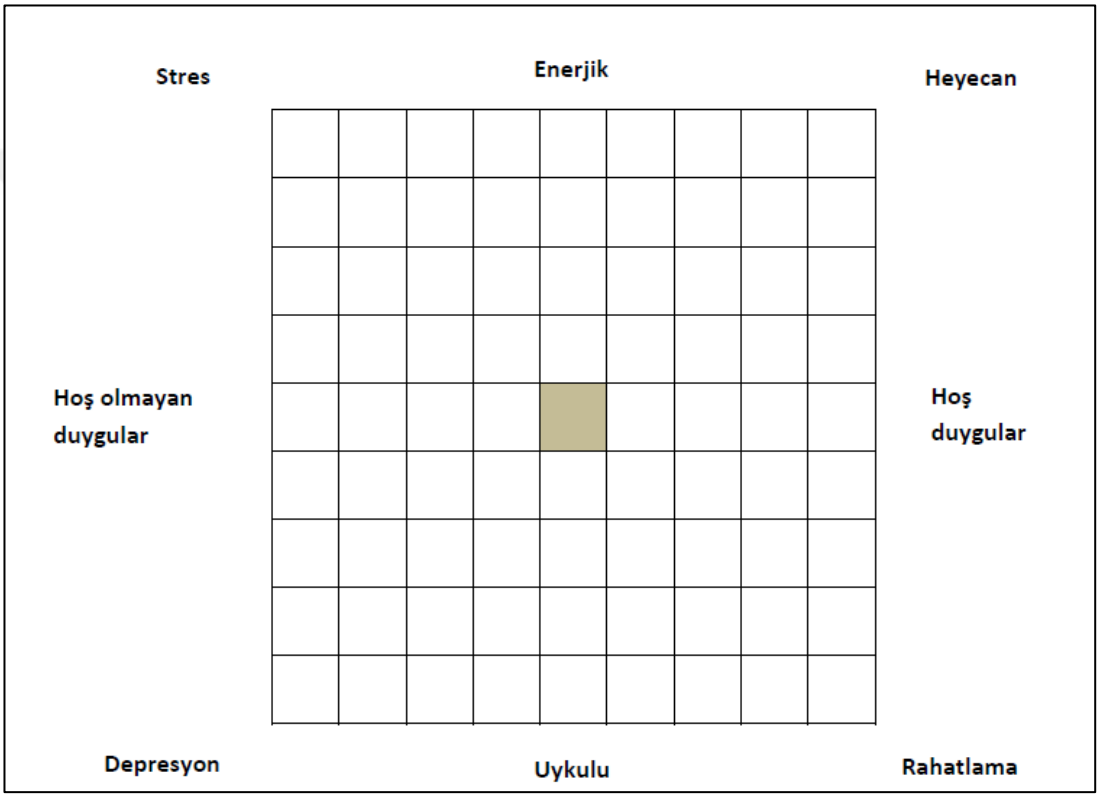
	Oyun Türü:	**Örnek:**
[ ].	Hareket/Serüven	Pubg, Dinasour Hunt 2018
[ ].	FRP (Fantasy Role Playing)	Pillar of Eternıty , Final Fantasy, Mass Effect, Diablo, Pokemon Red/Blue
[ ].	Bulmaca	Candy Crush, Tetris, 2048
[ ].	Bilgi yarışması (Quiz)	Hadi, Jeopardy, Trivial Quiz
[ ].	Yarış	Need for Speed, Hill Climb Racing
[ ].	Shooter	Quake, Pubg ,Duke Nukem
[ ].	SIM (Simulasyon)	Idle Miner Tycoon, SimCity, Rollercoaster Tycoon
[ ].	Spor	Fıfa Futboll ,NBA Jam
[ ].	Strateji	2048, Age of Empire
[ ].	Diğer :_____	_____

Ek-D

Duygu Durumu Değerlendirilmesi için Affect Grid Anketi

Şu andaki duygusal durumunuzu tanımlamak için aşağıdaki AffectGrid haritasını kullanınız.

Haritanın merkezindeki gri olarak işaretlenmiş alan nötr, ortalama ya da günlük sıradan bir duyguyu temsil etmektedir. Olumlu ya da olumsuz değildir. Haritadaki alanların temsil ettiği duygu durumları çevresinde etiketlenmiştir.



Şekil D.1. Affect Grid anketi

Ek-E

EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun kullanıcı deneyimi değerlendirilmesi için Attrakdiff Ölçeği

Attrakdiff ölçeği etkileşimli ürünlerin hedonik (zevk verici) ve pragmatik (faydacı) özelliklerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Bu doğrultuda aşağıdaki kelime çiftlerinin yardımıyla EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun için düşündüğünüz ifadeye en yakın seçeneği işaretleyiniz.

Tablo E.1. AttrakDiff ölçeği

Kafa karıştırıcı	○	○	○	○	○	○	○	Teorik
Kullanışsız	○	○	○	○	○	○	○	Pratik
Öngörülemeyen	○	○	○	○	○	○	○	Tahmin edilebilir
Karmaşık	○	○	○	○	○	○	○	Basit
Donuk	○	○	○	○	○	○	○	Cezbedici
Pejmürde	○	○	○	○	○	○	○	Zarif
Ucuz	○	○	○	○	○	○	○	Değerli
Yaratıcı olmayan	○	○	○	○	○	○	○	Yaratıcı
Kötü	○	○	○	○	○	○	○	İyi
Çirkin	○	○	○	○	○	○	○	Güzel

Ek-F

Az önce oynadığınız EEG başlık ile etkileşimi sağlanan mobil oyun ile ilgili aşağıdaki verilen ifadelere katılımınızı 1 Kesinlikle Katılmıyorum – 5 Kesinlikle Katılıyorum aralığında olacak şekilde işaretleyiniz!

Tablo F.1. SKÖ ölçeği

		Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsız	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
#	**İfadeler**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu sık sık oynamak istediğimi düşünüyorum.	○	○	○	○	○
2	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu gereksiz yere karmaşık buldum.	○	○	○	○	○
3	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynamanın kolay olduğunu düşünüyorum.	○	○	○	○	○
4	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynamak için yardıma ihtiyacım olduğunu düşünüyorum.	○	○	○	○	○
5	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun sistemindeki çeşitli fonksiyonların iyi entegre olduğunu gördüm.	○	○	○	○	○
6	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun sisteminde çok fazla tutarsızlık olduğunu düşünüyorum.	○	○	○	○	○
7	Çoğu insanın EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu çok hızlı bir şekilde oynamayı öğreneceğini hayal ediyorum.	○	○	○	○	○
8	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunda etkileşim sağlayan Emotiv başlığı çok ağır/kullanışsız buldum.	○	○	○	○	○
9	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyunu oynarken kendimi çok güvende hissettim.	○	○	○	○	○
10	EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun ile etkileşim içine girmeden önce bir çok şeyi öğrenmem gerekiyordu.	○	○	○	○	○

Ek-G

Açık uçlu değerlendirme soruları

1. EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun sırasında sahip olduğunuz kullanıcı deneyimi konusunda görüşleriniz nelerdir?
2. EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun ile olan deneyiminizi geliştirmek için neler yapılabilir?
3. EEG başlık ile etkileşim sağlanan mobil oyun ile ilgili olduğunu düşündüğünüz olumlu veya olumsuz düşüncelerinizi yazınız.

Ek-H

Tablo H.1. Açık uçlu değerlendirme sorularına verilen cevaplar

Kullanıcılar	1.soru	2.soru	3.soru
U1	Eğlenceli ve hoş bir deneyimdi.	Treshold değerlerinin daha iyi ayarlanması gerekir.	Oyun oynanış ve inputlar açısından gayet iyi tasarıma sahip. Oyun genel olarak eğlenceli ve sürükleyici.
U2	Göz kırpma verisi tutarlı fakat diğer mimik verileri çok tutarsızdı.	Mimik verilerinin tutarlılığı arttırılmalı.	Oyun kendi içinde zevkli ve orijinal. Fakat EEG başlık ile etkileşimi tutarsız olduğu için oyunu oynamak zor. Daha tutarlı girdi alımı sağlanması gerekiyor.
U3	Birçok kez yanlış komut uygulandı bu yüzden oyun deneyimimi kötü etkiledi. Başlık kurulması zor bir cihaz. Oyunu oynamak yorucu.	İstenmeyen komutların düzeltilmesi. Daha basit kurulan hafif bir cihaz kullanılması daha iyi olurdu.	Teoride fikir olarak güzel fakat pratikte daha çok gelişmesi gerekiyor.
U4	Yüzüm yoruldu.	Daha çok mimik ve kalibrasyon	Mimikler yüz yorucu, kafa boşaltmaya ve her şeyden biraz uzaklaşmaya iyi geliyor.
D2	EEG başlık kullanımından keyif aldım. Fakat başlığın algılamasının iyileştirilmesi gerekiyor.	Başlığın refleksleri iyi algılaması gerekiyor. Göz kırpma iyiydi fakat normla bir refleks olduğu için gözlerimi sulandırdı bu yüzden seçimlerde zorlandım.	Neredeyse hiç hareket etmeden eğlenceli bir oyun deneyimi yaşadım. Özellikle hareket kısıtlaması olan bireyler için güzel bir seçenek. Başlığın kurulumu ve kontrolü zor. Yardım almadan kurulum yapmak imkansız gibi. Aynı anda birkaç mimiği algılaması veya yapılan mimiği algılamaması kontrolü zorlaştırıyor.
D3	Farklı alanlarda kullanılarak engelli insanların günlük hayatlarını kolaylaştıracağını düşünüyorum.	Deneme süresi artırılabilir.	Bu tarz oyunların artırılması gerektiğini düşünüyorum. Oyunu çok beğendim. Oyunu bir süre sonra kendini tekrar etmesi olumsuz özelliklerinden biri.
D4	Cihazın tüm kafa tiplerine ayarlanabilir olması gerekiyor.	Oyunun zorluğunu artırmak gerekebilir.	Stresi atmak ve özgüven kazanmak için olumlu bir cihaz olduğunu düşünüyorum
D5	Oyun basit ancak cihazın algılama süresinden kaynaklı doğru seçimler yapılamıyor.	Daha iyi algılama sağlayacak ve daha zarif bir cihaz geliştirilebilir.	Doğru seçimleri algıladığı takdirde oyun zevkli olabiliyor. göz kırparak seçim değiştirmek gözü yoruyor ve sulandırıyor.
D6	EEG başlık kullanarak oyun oynamak eğlenceli ve heyecan verici. Fakat cihazın komutları algılamadaki tutarsızlıkları deneyimi can sıkıcı hale getirebilmektedir.	Başlık daha hassas olmalı, verilebilen komutların sayısı artırılabilir.	Fikir ilgi çekici ve eğlenceli görünüyor. Fakat cihaz hassasiyeti yeterli olmazsa can sıkıcı ve kullanışsız bir deneyim.

D7	Eğer mimikleri daha iyi bir şekilde algılayabilseydi daha keyifli bir deneyim olabilirdi.	Oyun eğlenceli renkler canlı daha fazla mimik eklenebilirse başarılı olabilir.	Oyun çözmesi basit renkler canlı anlaşılır kullanıcı dostu ve keyifli bir oyun. Olumsuz olarak yeteri kadar mimik çalışmaması. Kaş mimiği eklenebilir.
D8	Eğlenceli ve oynama isteği uyandırıyor.	EEG başlığın daha kullanışlı olması gerektiğini düşünüyorum.	Hareketleri çok hızlı algılaması olumsuz. Olumlu yön ise eğlenceli olması.

KİŞİSEL YAYINLAR VE ESERLER

[1] **Ergül M.**, Onay Durdu P., Ölçme, Seçme ve Yerleştirme Merkezi (ÖSYM) Web Sitesinin Kullanılabilirlik Değerlendirilmesi, *11th International Computer Instructional Technologies Symposium (ICITS 2017)*, Malatya, Türkiye, 24-26 Mayıs 2017.

ÖZGEÇMİŞ

1994 yılında Giresun'un Tirebolu ilçesinde doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Tirebolu'da tamamladı. 2012 yılında girdiği Kocaeli Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü'nden 2016 yılında bilgisayar mühendisi olarak mezun oldu. 2016 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı'ndaki yüksek lisans eğitimine devam etmektedir.