

**RGB-D VERİLERİNE DAYANARAK HAREKET
YAKALAMA TABANLI YERİNDE DİZ ÇEKME EGZERSİZ
OYUNU: KNEE-UP**

**KNEE UP: AN EXERCISE GAME FOR STANDING KNEE
RAISES BY MOTION CAPTURE USING RGB-D DATA**

DAMLA KIZILTAŞ

DR. ÖGR. ÜYESİ UFUK ÇELİKCAN

Tez Danışmanı

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Bilgisayar Grafiği Anabilim Dalı için Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak hazırlanmıştır.

2018

Damla KIZILTAŞ'ın hazırladığı “**RGB-D Verilerine Dayanarak Hareket Yakalama Tabanlı Yerinde Diz Çekme Egzersiz Oyunu: Knee-Up**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **BİLGİSAYAR GRAFİĞİ ANABİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

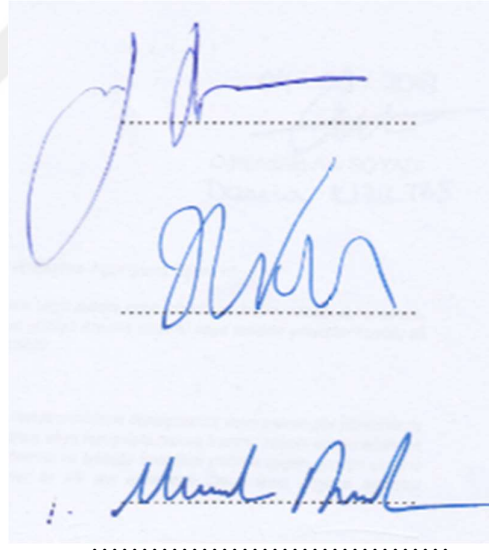
Prof. Dr. Haşmet GÜRÇAY
Başkan



Dr. Öğr. Üyesi Ufuk ÇELİKCAN
Danışman



Prof. Dr. Hayri SEVER
Üye



Prof. Dr. Hakan TÜZÜN
Üye

Dr. Öğr. Üyesi Murat AYDOS
Üye

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Bilişim Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. Pınar DUYGULU ŞAHİN
Bilişim Enstitüsü Müdürü

YAYIMLAMA VE FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezimin/raporumun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kağıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma iznini Hacettepe Üniversitesine verdiğimi bildiririm. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet haklarım bende kalacak, tezimin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları bana ait olacaktır.

Tezin kendi orijinal çalışmam olduğunu, başkalarının haklarını ihlal etmediğimi ve tezimin tek yetkili sahibi olduğumu beyan ve taahhüt ederim. Tezimde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederim.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan "*Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge*" kapsamında tezim aşağıda belirtilen koşullar haricince YÖK Ulusal Tez Merkezi / H.Ü. Kütüphaneleri Açık Erişim Sisteminde erişime açıktır.

- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulu kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren 2 yıl ertelenmiştir. ⁽¹⁾
- o Enstitü / Fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile tezimin erişime açılması mezuniyet tarihimden itibaren ... ay ertelenmiştir. ⁽²⁾
- o Tezimle ilgili gizlilik kararı verilmiştir. ⁽³⁾

04.10.2018

Öğrencinin Adı SOYADI

Danla KIZILTAŞ

⁽¹⁾ "Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge"

(1) Madde 6. 1. Lisansüstü teze ilgili patent başvurusu yapılması veya patent alma sürecinin devam etmesi durumunda, tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu iki yıl süre ile tezin erişime açılmasının ertelenmesine karar verebilir.

(2) Madde 6. 2. Yeni teknik, materyal ve metodların kullandığı, henüz makaleye dönüşmemiş veya patent gibi yöntemlerle korunmamış ve internetten paylaşılması durumunda 3. şahıslara veya kurumlara haksız kazanç imkanı oluşturabilecek bilgi ve bulguları içeren tezler hakkında tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulunun gerekçeli kararı ile altı ayı aşmamak üzere tezin erişime açılması engellenebilir.

(3) Madde 7. 1. Ulusal çıkarları veya güvenliği ilgilendiren, emniyet, istihbarat, savunma ve güvenlik, sağlık vb. konulara ilişkin lisansüstü tezlerle ilgili gizlilik kararı, tezin yapıldığı kurum tarafından verilir. Kurum ve kuruluşlarla yapılan işbirliği protokolü çerçevesinde hazırlanan lisansüstü tezlere ilişkin gizlilik kararı ise, ilgili kurum ve kuruluşun önerisi ile enstitü veya fakültenin uygun görüşü üzerine üniversite yönetim kurulu tarafından verilir. Gizlilik kararı verilen tezler Yükseköğretim Kuruluna bildirilir.

Madde 7.2. Gizlilik kararı verilen tezler gizlilik süresince enstitü veya fakülte tarafından gizlilik kuralları çerçevesinde muhafaza edilir, gizlilik kararının kaldırılması halinde Tez Otomasyon Sistemine yüklenir

* Tez danışmanının önerisi ve enstitü anabilim dalının uygun görüşü üzerine enstitü veya fakülte yönetim kurulu tarafından karar verilir.

ÖZET

RGB-D VERİLERİNE DAYANARAK HAREKET YAKALAMA TABANLI YERİNDE DİZ ÇEKME EGZERSİZ OYUNU: KNEE-UP

Damla KIZILTAŞ

Yüksek Lisans, Bilgisayar Animasyonu ve Oyun Teknolojileri Bölümü

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Ufuk ÇELİKCAN

Haziran 2018, 67 sayfa

Bu çalışmada yerinde diz çekme egzersiz hareketi yolu ile diz sağlığını destekleyen Knee Up egzersiz oyunu tasarlanmış ve uygulanmıştır. Egzersiz oyunu kullanıcıların evde egzersiz yapmasına ve bir oyun ortamında bu egzersizi gerçekleştirmesine izin verir. RGB-D verileri kullanılarak hareket yakalama ile, kullanıcının iskelet eklemlerinin tahmini konumları gerçek zamanlı olarak alınır ve işlenir. Oyun için, 3B sanal ortamlar oyunlaştırma elemanları ile oluşturulmuştur, böylece kullanıcılar daha etkileşimli ve ilgi çekici egzersiz seanslarından zevk alabilmektedirler. Oyun, kurallara dayalı bir tanıma algoritması aracılığıyla gerçekleştirilen yerinde diz çekme egzersizlerinin kalitesini değerlendirmeyi ve karşılığında geri bildirim sağlamayı kolaylaştırır. Knee Up egzersiz oyununun kullanılabilirlik ve oyunlaştırma özelliklerini değerlendirmek için bir kullanıcı çalışması yapılmıştır. Çalışma sonuçları, Knee UP egzersiz oyununun kullanılabilirlik, katılım, oyunu öğrenme kolaylığı ve egzersizin sürdürülebilirliğini genel olarak iyi karşılandığını göstermektedir; ve kural tabanlı tanıma algoritmasının tatmin edici derecede iyi çalıştığını doğrulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Egzersiz Oyunu, Diz Egzersizi, Hareket Analizi, RGB-D, Kinect

ABSTRACT

KNEE UP: AN EXERCISE GAME FOR STANDING KNEE RAISES BY MOTION CAPTURE USING RGB-D DATA

Damla KIZILTAŞ

Master of Science, Computer Animation and Game Technologies

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Ufuk ÇELİKCAN

June 2018, 67 pages

In this work, Knee Up exergame that promotes knee health via standing knee raises exercise is designed and implemented. It allows users to exercise at home and perform the exercise in a gaming environment. By motion capture using RGB-D data, estimated positions of the user's skeletal joints are acquired and processed in real-time. For the game, 3D virtual environments have been created with gamification elements so that users can enjoy more interactive and engaging exercise sessions. The game facilitates to evaluate the quality of performed standing knee raises exercises through a rule-based recognition algorithm and, in return, to provide timely feedback. A formal user study was conducted in order to evaluate the usability and gamification aspects of Knee Up. Study results demonstrate that Knee Up is generally well-received in terms of usability, engagement, ease of learning to play, and exercise sustainability; and validate that the rule-based recognition algorithm works satisfactorily well.

Keywords: Exergame, Knee Exercise, Motion Analysis, RGB-D, Kinect

TEŞEKKÜR

Tez alıŐmamın her aşamasında değerli katkı ve eleŐtirileriyle yol gÖsteren danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Ufuk ELİKCAN'a, tez alıŐmasının geliŐtirilmesinde olumlu katkıları nedeniyle jüri üyelerine, bana her konuda destek olan aileme sonsuz teŐekkürü bir bor bilirim.



İÇİNDEKİLER

ETİK.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
EKLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Problemin Tanımı.....	1
1.2 Tez Çalışmasının Amacı ve Hedefi.....	3
1.3 Tez Çalışmasıyla İlgili Uygulama Alanları.....	4
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	5
2.1 Kinect Tabanlı Hareket İzleme.....	5
2.1.1 Kinect Tabanlı Hareket İzleme Uygulamaları.....	6
2.2 Kinect Tabanlı Uygulamalarda Adaptasyon ve Otomasyon.....	8
2.3 Egzersiz Oyunları ve Gerçek Zamanlı Geri Bildirim.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	12
3.1 Egzersiz Oyunları.....	12
3.2 Kinect Sensör.....	14
3.2.1 Genel Özellikleri.....	14
3.2.2 Çalışma Prensipleri.....	14
3.3. Unity Oyun Motoru.....	17
3.3.1 Genel Özellikleri.....	17
3.3.2 Unity Oyun Motoru ile Oyun Geliştirme.....	17
3.4 Çalışma Yöntemi.....	19
4. GELİŞTİRİLEN UYGULAMA.....	21
4.1 RGB-D Verisinden Çevrimiçi İnsan Hareketi Yakalama.....	21
4.2 Sistem.....	22
4.3 Oyun ve Oyunun Elementleri.....	23
4.4 Kural Tabanlı Tanıma Algoritması.....	24
5. İSTATİKSEL DEĞERLENDİRME.....	30
5.1 İstatiksel Veri Toplama.....	30
5.2 Ölçüm Değerlerinin İstatiksel Analizi.....	30
5.3 Anket Verilerinin İstatiksel Değerlendirilmesi.....	38

6. SONUÇLAR VE GELECEKTE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR.....	48
KAYNAKLAR	49
EK-1 KATILIMCI OYUN DENEYİM ANKETİ.....	52
ÖZGEÇMİŞ	54



ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1. (a) Sistemin Unity görünümü (b) Sistemin gerçek zamanlı görünümü	1
Şekil 1.2. Rehabilitasyon oturumu	3
Şekil 2.1. X-ışınlarını ve taramalarını fiziksel temas olmadan görüntülemek ve değiştirmek için Windows tabanlı sistemde Kinect sensörünün kullanımı.....	7
Şekil 2.2. Mevcut olan en gerçekçi, düşük maliyetli sanal askeri eğitim sistemi	7
Şekil 2.3. The Fruit Catcher Mini Oyunu	9
Şekil 2.4. 360 Steps egzersizinin geri bildirimi	10
Şekil 2.5. (a) Kullanıcının doğru hareketinin ekran çıktısı ve (b) Kullanıcının yanlış hareketinin çıktısı.....	11
Şekil 3.1. EyeToy: Kinetic oyun kapağı	13
Şekil 3.2. Kinect birinci nesil sensör, derinlik algılaması için yapılandırılmış üçgen trigonometrisini kullanmaktadır	15
Şekil 3.3. Unity oyun motoru ana ekranı	18
Şekil 4.1. (a) Eklem hiyerarşisi ve (b) İnsan vücudu düzlemleri	22
Şekil 4.2. (a) Giriş ekranı ve (b) Yeni kullanıcı ekleme ekranı	23
Şekil 4.3. Oyun sırasında doğru (✓) ve yanlış (✗) YDÇH performans örnekleri	24
Şekil 4.4. YDP'nin oyun içinde görünümü.....	25
Şekil 4.5. (a) θ açısı, (b) ϕ açısı, (c) ψ açısı	29
Şekil 5.1. Başarı oranları. (a) Kadın katılımcılar ve (b) Erkek katılımcılar.....	30
Şekil 5.2. (a) Sol dizin en yüksek noktadaki koordinatları ve (b) Sağ dizin en yüksek noktadaki koordinatları	31
Şekil 5.3. Her bir katılımcının doğru şekilde uyguladıkları beş YDÇH için kaldırılan dizin en yüksekteki pozisyonundan elde edilen açı aralığı.....	32
Şekil 5.4. Kadın ve erkek yaş grafiği.....	39
Şekil 5.5. Fiziksel egzersiz yapma sıklığı.....	40
Şekil 5.6. Bilgisayar oyunları oynama sıklığı	40
Şekil 5.7. Bir kontrolör dışındaki bir cihazla oyun oynama sıklığı.....	41
Şekil 5.8. Fiziksel terapi ücretleri hakkında düşünceler	42
Şekil 5.9. Oyunun eğlenceli olup olmaması	42
Şekil 5.10 Oyunun oynanabilirlik seviyesi	43
Şekil 5.11 Oyunun daha çok oynanması için motive edici olup olmadığı	44
Şekil 5.12. Oyundaki egzersiz hareketlerinin katılımcıyı iyi hissettirmesiyle ilgili düşünceler.....	44
Şekil 5.13. Oyunun nasıl oynandığını anlamadaki zorluk seviyesi.....	45
Şekil 5.14. Oyun kontrolünün zorluğuyla ilgili düşünceler	46
Şekil 5.15. Oyunu oynamanın katılımcıya daha önce YDÇH'yi yanlış yaptığını fark ettirmesi.....	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. İki Kinect versiyonunun özelliklerinin karşılaştırılması	16
Çizelge 4.1. YDP kuralları	26
Çizelge 5.1. Sağ bacak hareketi için ilişki testi.....	33
Çizelge 5.2. Sol bacak hareketi için ilişki testi	34
Çizelge 5.3. θ açısının cinsiyete göre farklılık testi	35
Çizelge 5.4. ϕ açısının cinsiyete göre farklılık testi.....	36
Çizelge 5.5. θ açısı için hesaplamalar	37
Çizelge 5.6. ϕ açısı için hesaplamalar.....	37
Çizelge 5.7. ψ açısı için hesaplamalar	38
Çizelge 5.8. " Oyunda hangi özellikler olsun isterdiniz?" sorusuna verilen yanıtların kadın ve erkeğe göre dağılımı.	47
Çizelge 5.9. "Oyunu oynarken en çok hangi aşamada zorlandınız?" sorusuna verilen yanıtların kadın ve erkeğe göre dağılımı.....	47

EKLER DİZİNİ

Sayfa

EK-1. KATILIMCI OYUN DENEYİM ANKETİ	52
--	-----------



SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

3B	Üç Boyut
2B	İki Boyut
SDK	Software Development Kit (Program Geliştirme Kiti)
GUI	Graphical User Interface
API	Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)
YDÇH	Yerinde Diz Çekme Hareketi
YDP	Yerinde Duruş Pozisyonu

1. GİRİŞ

1.1 Problemin Tanımı

Fiziksel egzersizler, bireylerin vücut sağlığını korumalarına, daha iyi hissetmelerine ve günlük yaşam hareketlerini düzgün bir şekilde yerine getirmelerine yardımcı olmada önemli bir role sahiptir. Özel terapi merkezlerinde gözetim altında egzersiz yapmanın pahalı olması göz önüne alındığında, çoğu birey evde genellikle ev egzersiz seansları ile fiziksel egzersizler yapmaktadır. Ancak, tekrarlama ve monotonluk motivasyonu azaltabilmekte, bireyin doğru ve etkili bir şekilde egzersiz yapmasını engelleyebilmektedir.

Geleneksel ev egzersiz programlarında, egzersiz hareketleri bireylere ya resim ya da video aracılığıyla sunulur [1] [2]. Bu tür yaklaşımlarda, bireyin hareketleri gözlem altında olmadığı için programın etkinliğini belirlemek zorlaşır. Ek olarak, birey egzersiz seansı ile ilgili geribildirim almaz. McCallum [3], yanlış egzersiz hareketlerinin vücutta yaralanmaya veya yanlış kas hareketlerine neden olabileceğini göstermiştir.



(a)

(b)

Şekil 1.1. (a) Sistemin Unity görünümü [1] (b) Sistemin gerçek zamanlı görünümü [2]

Egzersiz programını bir oyun arayüzü ile sunmak, egzersiz hareketlerinin doğru ve ilgi çekici bir şekilde yapılmasını sağlamaya yardımcı olur. Egzersiz oyunu, kısa, egzersiz aktivitesini daha eğlenceli hale getirerek insanları daha düzenli egzersiz yapmaya teşvik eden klinik veya ev tabanlı egzersiz programı içeren ciddi bir oyun türüdür [4]. Çalışmalar, egzersiz oyununa entegre edilen oyun elemanlarının insanları düzenli fiziksel egzersiz yapmaya yönlendirdiğini göstermektedir [5].

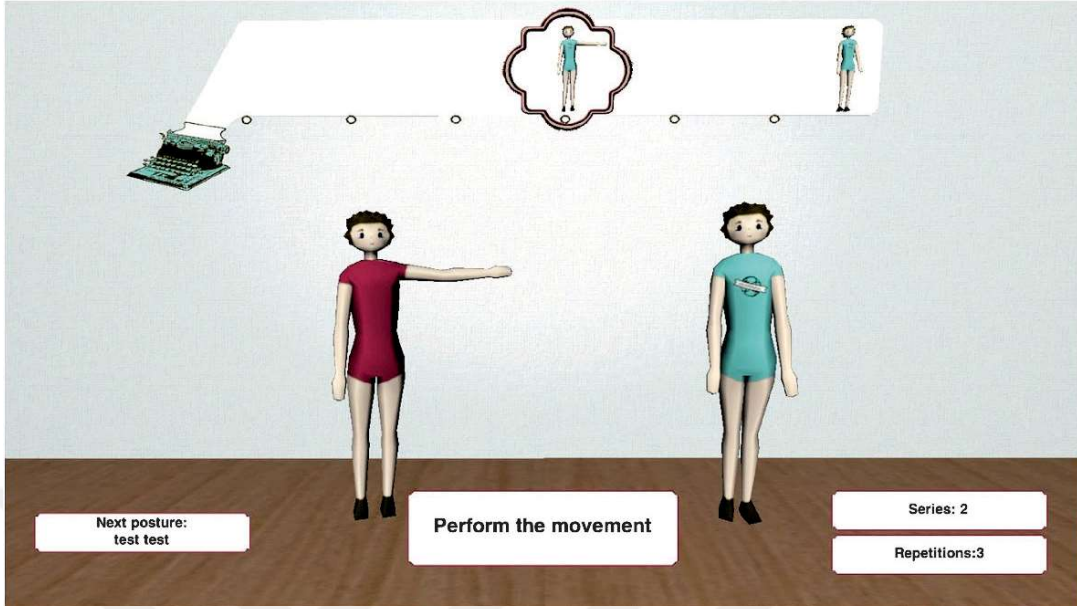
Bir egzersiz oyunu için ana zorluk, söz konusu olan sınıflandırılmış insan vücudu hareketleri için bir hareket tanımlama dili geliştirmektir [6]. Bir başka zorluk da bu oyunların ev kullanıcıları için erişilebilen cihazlarla oynanabilir olmasını sağlamaktır. Günümüzde, ev

oyun konsollarının uygun fiyatlarla yaygınlığı, bu cihazları egzersiz oyun geliştiricileri için iyi bir alternatif haline getirmektedir.

2000'lerin başından itibaren, egzersiz oyunları daha popüler hale gelmiştir. Exergaming, 2003 yılında ticari spor pazarı için hedeflenen Oyun Bisikleti adı verilen etkileşimli bir oyun bisikleti şeklinde kitlesel ilgiyi bir araya getirmiştir. Takip eden yıllarda, video oyunu teknolojisi ile çalışan bir spor ve egzersiz ekipmanı olarak pazarlanmıştır. 2005 yılında spor ve egzersiz ekipmanları olarak tanıtılan EyeToy: Kinetic, çok fonksiyonlu ev egzersizleri için bir yenilik olmuştur. Oyunun kontrolörü, oyuncuların fiziksel hareketlerini dijital hale getirmiştir. 2006'da Gamercize, geleneksel fitness ekipmanlarını oyun konsollarıyla birleştirmiştir [7].

2010'ların başında, Microsoft'un oyun konsolları ve PC'leri ile birlikte çalışan Microsoft'un Kinect cihazının (2010) ortaya çıkmasıyla birlikte, insan vücudu hareketleri etkileşimli olarak oyunlara entegre edilmiştir. Kinect ile birlikte Microsoft, bowling, boks, atletizm, masa tenisi, plaj voleybolu ve futbol olan altı spor simülasyonundan oluşan Kinect Sports oyununu yayınlamıştır. Oyunda, oyuncular Kinect sensörünün önünde durur ve gerçek hayattaki spor hareketlerini simüle ederek yarışır. Ayrıca, oyun çok oyunculu bir seçenek sunar [8].

2011 yılında Microsoft, Kinect için bir Yazılım Geliştirme Kiti (SDK) yayınlamıştır. SDK, geliştiricilerin Kinect işlevselliğini bilgisayar tabanlı programlara entegre etmeye başlamalarına izin vermiştir. Saenz-de-Urturi ve diğ. [9] ve Saenz-de-Urturi ve Garca Zapirain Sato [10], gerçek zamanlı olarak yanlış hareketleri saptamak için SDK'dan yararlanan sistemler önermişlerdir; yaşlılar, duruş sağlığını geliştirmek için geliştirilen sanal bir 3D exergame aracılığıyla fiziksel aktiviteler gerçekleştirirler. Ayrıca Anton ve diğ. [11] tedavi edici egzersiz programlarını kolaylaştıran bir sistem önermişlerdir. Sistem ile, Kinect sensörü tarafından yakalanan 3B noktaların dönüştürülmüş koordinatları, vücut eklemlerinin konumları, eklemler arasındaki açılar ve uzuvlar arasındaki açılar olan 3 ölçüm türü için hesaplanır. Postür yakalandıktan sonra, karşılık gelen tanımlayıcılar üretilir ve postür sınıflandırması için kullanılır. Zhao ve diğ., Kinect ile insan hareketlerinin takibi ve tanınması ile ilgili son teknoloji araştırmaları hakkında özlü bir öğretici ve metodoloji sunmaktadır [1] [2] [12].



Şekil 1.2. Rehabilitasyon oturumu [11]

Egzersiz oyunlarının popülerliği, Nintendo Wii konsolunun başarısından dolayı son dönemlerde artış göstermiştir. Kinect ile Nintendo Wii ve Microsoft Xbox, oyunun temellerine odaklanarak ve önceki cihazlardan çok daha geniş bir nüfusa hitap ederek dışadönüklükte devrim yaratmışlardır [13]. Günümüzde birçok fizik tedavi merkezi, üniversite laboratuvarları ve birçok ev kullanıcısı dış kaynaklı kullanım uygulamalarını benimsemektedir [14] [15]. Donanım teknolojisinin geliştirilmesi ve araştırma çalışmalarındaki artış ile birlikte, fiziksel rehabilitasyon (iyileştirme) ve egzersiz programlarında egzersiz oyunları kullanımı daha başarılı ve motivasyon artırıcı görünmektedir.

1.2 Tez Çalışmasının Amacı ve Hedefi

Tez çalışmasının amacı, Knee Up adlı Kinect tabanlı bir egzersiz oyunu oluşturularak “Yerinde Diz Çekme Hareketi” (YDÇH) egzersiz hareketini tasarlamak ve uygulamaktır. Oyuncuya gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak ve oyuncunun ilerlemesini daha ayrıntılı değerlendirmek için detaylarını kaydetmek amacıyla oyuncunun “Yerinde Duruş Pozisyonu” (YDP) ve YDÇH’lerinin tanınması için kural tabanlı bir algoritma geliştirilmiştir. Algoritmada, statik poz ve dinamik hareketler için ayrı doğrulama kuralları kümesi oluşturulmuştur. Artan sürdürülebilirliği daha eğlenceli hale getirmek için oyunda çeşitli oyun öğeleri kullanılmıştır. Sistem geliştirirken aşağıdaki hedefler amaçlanmıştır:

- Oyuncunun YDP’sini gerçek zamanlı olarak doğru tanımak,

- YDÇH performansını gerçek zamanlı olarak doğru tanımak,
- YDÇH'nin nasıl doğru bir şekilde yapılacağını öğrenmeyi kolaylaştırmak,
- Oyunlaştırmayı kullanarak egzersizin sürdürülebilirliğini sağlamak,
- Oyuncuya gerçek zamanlı geri bildirim sağlamak,
- Oyuncunun seans geçmişini skor ve egzersiz verileri de dahil olmak üzere tutmak.

1.3 Tez Çalışmasıyla İlgili Uygulama Alanları

Temel diz egzersizlerinden olan YDÇH'nin simüle edilmesiyle beraber, bu hareketi yapan veya yapacak olan bireyler için alternatif bir egzersiz yöntemi ortaya çıkacaktır. Günümüzde egzersiz hareketlerinin 3B ortamlarda simüle edilmesi giderek yaygınlaşmaktadır. Ülkemizde de yavaş yavaş artan bu çalışmalar eşliğinde, bu tez çalışmasının, ileride klinik ortam tedavileri için de geliştirilecek olan uygulama ve oyunlar için öncü çalışma niteliğinde olması beklenmektedir. Ayrıca bu çalışmayla beraber, daha çok yetişkin bireylere hitap eden bu egzersiz hareketinin nizami olarak yapılabilirliğinin olgunlaşması sağlanmaktadır. Ev ortamı için uygun olan “Knee Up” oyunuyla, klinik ortam gerektirmeden hareketin nizami kontrolü yapılmaktadır. Bu bilgilere dayanarak çalışmanın, YDÇH'yi gerektiren her terapi yöntemi için bir araç olarak kullanılması öngörülmektedir. İleride başka egzersiz hareketleri için, 3B ortama sahip egzersiz oyunlarının geliştirilmesine de katkı sağlanacaktır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

2.1 Kinect Tabanlı Hareket İzleme

Kinect ikinci nesil sensörünün Microsoft tarafından uygulama ve oyun geliştiriciler için piyasaya sunulmasından itibaren, birçok Kinect tabanlı oyun ve uygulama geliştirilmiş, bu oyun ve uygulamalar sağıktan eğitime, askeriyeden mimariye kadar birçok farklı alanda sunulmuştur. Kinect SDK ile beraber, ilk olarak Xbox oyun konsolu için tasarlanmış olan Kinect sensör, bilgisayarla da uyumlu bir şekilde çalışır hale gelmiştir. Çeşitli oyun motorlarıyla da çalışabilmesi, Kinect tabanlı oyunların geliştirilmesinin ve sayılarının çoğalmasının önünü açmıştır. Kinect sensör temel olarak, insan hareketlerini algılaması üzerine, insan vücudundaki 25 noktanın 3B koordinatlarını algılayacak şekilde geliştirilmiştir. Kinect tabanlı egzersiz oyunlarında ise insan hareketleri, oyunda belirlenen harekete göre Kinect'den elde edilen koordinatlar kullanılarak oluşturulan kurallarla yapılmaktadır. Kinect sensör, insan hareketlerini izlemesiyle, ilgili noktaların verilerini çıkarmak için egzersiz oyunlarında önemli bir role sahiptir.

Kinect tabanlı oyunların çoğalmasıyla beraber, etki ettiği alanlara sunduğu uygulamaların kalitesi de artmaya başlamıştır. Bu uygulamaların temeli, Kinect tarafından sağlanan bilgileri kullanarak insan hareketlerini izleme ve tanıma üzerindedir [12]. İnsan hareketlerinin ayrıntılı bir şekilde Kinect tarafından izlenmesi ve tanınması, geliştiricilerin kodlamalarını da daha sağlam veri kaynakları üzerinde kurmasına olanak sağlamıştır. Gelişen teknolojiyle beraber kodlamanın daha etkin ve doğru yapılması ile daha kaliteli, gerçekçi model ve simülasyonların kullanımı kolaylaşmış, çok daha oynanabilir ve eğlenceli oyunlar geliştirilmeye başlanmıştır. Kinect ikinci nesil sensörünün hareket izleme yeteneği, bu gelişmelerin önünü açan en büyük etkenlerden biridir.

Bir egzersizin kalitesi, Kinect sensör tarafından sağlanan, insan vücudundan alınan noktaların mevcut fiziksel egzersizinin kurallarına göre incelenmesiyle değerlendirilmektedir [2]. Tüm fiziksel egzersiz uygulamaları tekrar üstüne kuruludur. Ancak bu egzersizlerde önemli nokta bir tekrarın baz alınmasıdır. Kullanıcının her bir tekrarı değerlendirilip, puanlaması veya değerlendirmesi, tek tekrar hareketi üzerinden yapılmaktadır. Böylece insan hareketlerini izlemede, daha kesin ve ayrıntılı veriler elde edilebilmektedir. Kinect dışında da hareket izleme ve algılama sensörleri mevcuttur. Ancak Kinect sensör en başında zaten bir hareket algılayıcı olarak piyasaya sürülmüş olup türünün ilk örneklerindedir. İkinci nesil Kinect sensörüyle beraber hareket izleme kalitesi

geliştiricilerin kullanabileceği seviyeye gelmiş ve egzersiz oyunları tasarlama sürecinde en büyük yardımcıları olmuştur.

Kinect sensör, oyuncunun vücuduna herhangi bir sensör takmadan hareketi izleme ve analiz etme imkanı vermektedir [16]. Fiziksel egzersizleri yaparken, özellikle ciddi oyunların piyasaya sürülmeye başlama zamanında, oyuncular genellikle oyuna entegre edilmiş ekipman veya aygıtlar kullanmışlardır. Günümüzde ise Kinect ikinci nesil sensörünün de kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber bu zorunluluk ortadan kalkmış, insan vücudu doğru bir şekilde modellenerek, simülasyonun hareketleri algılaması sağlanmıştır. Hareketler algılanırken, oyuncunun hiçbir ekipman veya aygıt kullanmasına gerek kalmamıştır. Böylece ekipman veya aygıttan bağımsız egzersiz oyunları geliştirilmeye başlanmış, egzersiz uygulamaları evlerde de yapılabilir hale gelmiştir. Bu gelişme, ileride fizik tedavi uygulamaları için kullanılacak olan egzersiz ve terapi oyunlarının klinik ortam dışında, evden de yapılabilecek şekilde tasarlanmasına olanak sağlayacak ve egzersiz süreçlerini çok daha eğlenceli ve motive edici kılacaktır.

2.1.1 Kinect Tabanlı Hareket İzleme Uygulamaları

Kinect sensör tarafından sağlanan yenilikçi insan hareket izleme ve tanıma teknolojisi, oyuncuların, bilgisayar tabanlı 3B uygulamaları ve oyunları deneyimleyebilmeleri için gerçek zamanlı olarak artırılmış nesnelere serbestçe etkileşim kurmalarına olanak tanır [8]. Oyuncuların hiçbir aygıta bağlı kalmadan yaptıkları hareketleri, bir model üstünde birebir görmeleri, ileride, ciddi oyunlar ve egzersiz oyunları dışında sanal gerçeklik ve artırılmış sanal gerçeklik uygulamaları için de öncü olacaktır.

Sağlık alanında da Kinect yavaş yavaş yaygınlaşmaktadır. Özellikle cerrahi operasyonlar için doktorların Kinect aracılığıyla operasyonların cerrahi kontrolleri yaptıkları bilinmektedir. Yaygın olarak kullanılmaya başlanan Windows tabanlı sistem Kinect için, cerrahların operasyon sırasında X-ışınları ve taramaları boyunca, ellerinin bir dalgasıyla, steril olmayan bir yüzeye (fare, klavye gibi) dokunmadan hareket etmelerini sağlamıştır [17].



Şekil 2.1. X-ışınlarını ve taramalarını fiziksel temas olmadan görüntülemek ve değiştirmek için Windows tabanlı sistemde Kinect sensörünün kullanımı [17]

Kinect sensör, askeri uygulamalara da bir hareket izleme aracı olarak katkıda bulunmaktadır. Askeri personelin acil durumlarda davranışlarını doğru şekilde eğitmek için onları bu durumlar altında bırakan simülasyonlara ihtiyaç vardır. Uygulama ve oyun geliştiricilerinin bu simülasyonları tasarlamasıyla beraber, oyuncuyu yani askeri personeli, bu 3B ortama tam olarak modelleyebilmek gerekmektedir. Birçok uygulamada da Kinect sensör tercih edilmektedir. Kinect sensör, Sanal Sürükleyici Taşınabilir Çevre Holodeck ile birlikte, durumsal farkındalık eğitimi verilmesini sağlayarak askerlere yardımcı olmaktadır [18].



Şekil 2.2. Mevcut olan en gerçekçi, düşük maliyetli sanal askeri eğitim sistemi [18]

Kinect sensör oyun sektöründe kullanıldıktan sonra, en popüler olmaya başladığı alan ise hareket izlemeyi temel alan, fiziksel egzersiz hareketleri veya insan vücudunun belirlenen hareketleri olmuştur. Günümüzde Kinect tabanlı uygulamaların büyük bir çoğunluğu, hareketlerin algılanması, kontrol edilmesi, geri bildirim verilmesi, doğruluğunun kontrolü gibi amaçlar üzerine kurulu uygulamalardır. Microsoft Kinect kullanılarak, herhangi bir denge tahtası olmadan, oyuncunun, oyun alanında serbestçe hareket etmesi sağlanmıştır [19]. Kinect sensör bu imkanı sağlarken, kuralları açılara göre belirlemek, uygulama ve oyun geliştiricilerinin tasarladıkları uygulamalarını daha kesin sonuçlar dahilinde yapmalarına olanak vermiştir. Böylece daha kaliteli uygulamalar yapılarak, oyuncunun bu uygulamayı sevmesi, hareketi daha motive olmuş bir şekilde yapması ve böylece Kinect'in geçerliliğinin artması amaçlanmıştır. Kinect'in uygulamalar üzerinde geçerliliğinin artmasıyla, daha çok oyun ve uygulama geliştirilecek, insan sağlığına ve gelişimine de önemli katkılar verilmiş olacaktır.

2.2 Kinect Tabanlı Uygulamalarda Adaptasyon ve Otomasyon

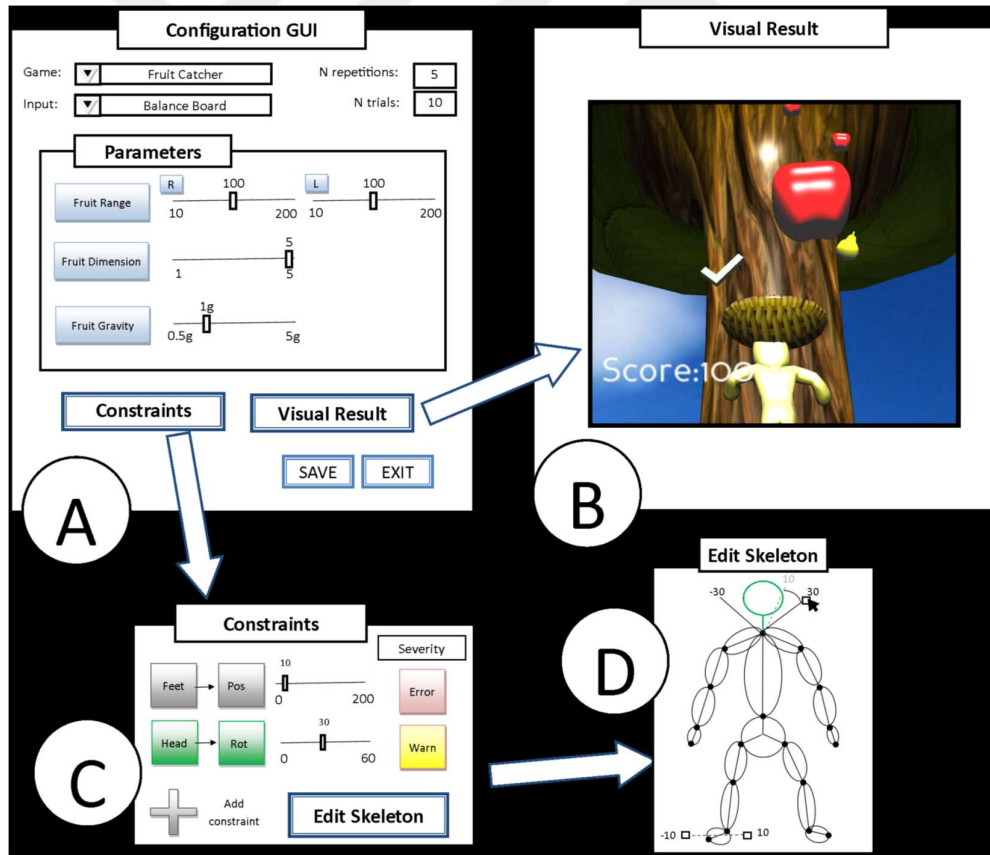
Uygulama ve oyun geliştiricileri, Kinect tabanlı uygulamaları geliştirirken, Kinect sensör tarafından algılanan insan vücudunun 25 eklem noktası için bazı kurallar geliştirmektedir. Bu kurallar oyun veya uygulamanın başında özellikle oyuncunun otomasyonu için çok önemlidir. Ancak tam olarak otomasyonu sağlanmış bir oyuncu modeli, 3B ortamda doğru şekilde simüle edilebilir. Oyunda otomasyon, genellikle oyuncunun ilk duruş hareketi kontrol edilerek yapılır, oyunda kullanılacak değerler bu ilk duruş pozisyonundaki değerlerden elde edilir.

Oyuncunun otomasyonu sağlandıktan sonra, uygulamanın ileri safhalarında, uyum sağlamasıyla beraber zorluk seviyesi, bölüm atlama gibi etkenler devreye sokulmaktadır. Oyun veya uygulama bu şekilde rekabetçi bir ortam sağlamakta ve oynanabilirliği artmaktadır. Otomasyonu doğru bir şekilde sağlanmış oyuncunun, oyunu eğlenceli bir şekilde oynayabilmesi için oyunun uyumlu olması gerekmektedir. Oyuncunun, oyunda aldığı değerlere göre zorluk seviyesinin belirlenmesi ve oyunun oyuncuya göre gerçek zamanlı entegre olarak, ilgili görevin zorlaştırılması veya kolaylaştırılması, oyunun uyumunu temsil eder.

Oyunun başında, oyuncu oyunla tanışık olmadığından, oyuna daha düşük bir seviyede başlamak ister. Birçok oyun, bu zorluk seviyeleri için bölüm sistemini kullanır. Diğer oyunlar ise bölüm kullanmaz. Ancak, oyun içinde ulaşılan özel noktalarla oyuncunun

yeteneklerini geliştirmeyi ve zorluk seviyesini arttırmayı amaçlar. Bir diğer oyun grubunda ise, oyuncunun yeteneklerine göre, oyundaki aksiyonlar kaydedilip analiz edilir ve oyun bu verilere göre zorlaştırılır veya kolaylaştırılır [20]. Oyunun uyumlu olması özellikle egzersiz oyunları için önemlidir. Hastanın ilgili egzersiz hareketini doğru yapması ve oyunun uyumunu sayesinde, hareket ile ilgili gelişim sağlaması beklenmektedir.

Oyuna, hem kullanıcının mevcut performansına ve ilerlemesine, hem de terapist tarafından belirlenen egzersiz planına göre değiştirmek için gerçek zamanlı adaptasyon uygulanmaktadır [21]. Adaptasyon, oyunda kullanılacak temel harekete, oyunun kurallarına, oyun içindeki görevlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu sebeple, oyun geliştirilirken kullanılacak parametreler doğru seçilmelidir. Şekil 2.1’de *The Fruit Catcher* mini oyunu ara yüzü gösterilmiştir. Burada terapist için oluşturulan konfigürasyon menüsü (A) parametre tanımını, (B) görsel sonucu, (C) kısıtlamaların tanımı ve (D) iskelet GUI’yi göstermektedir.

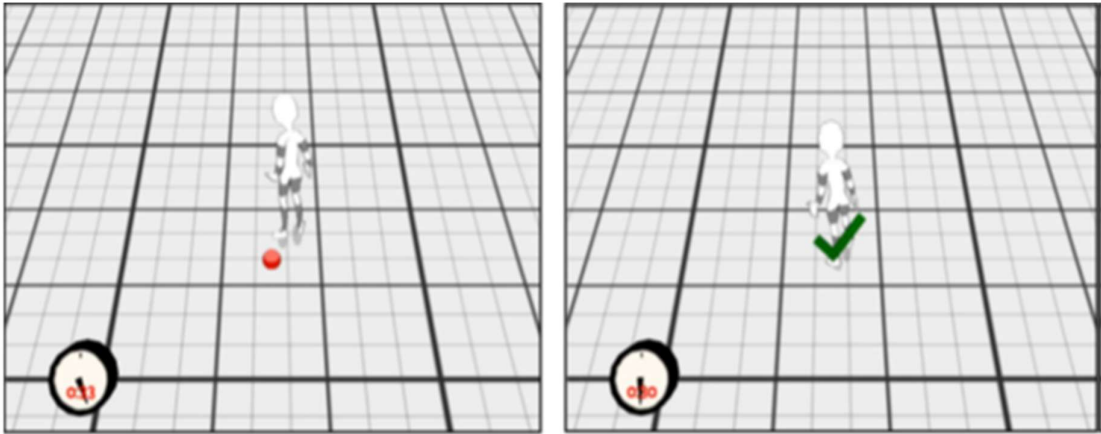


Şekil 2.3. The Fruit Catcher Mini Oyunu [21]

2.3 Egzersiz Oyunları ve Gerçek Zamanlı Geri Bildirim

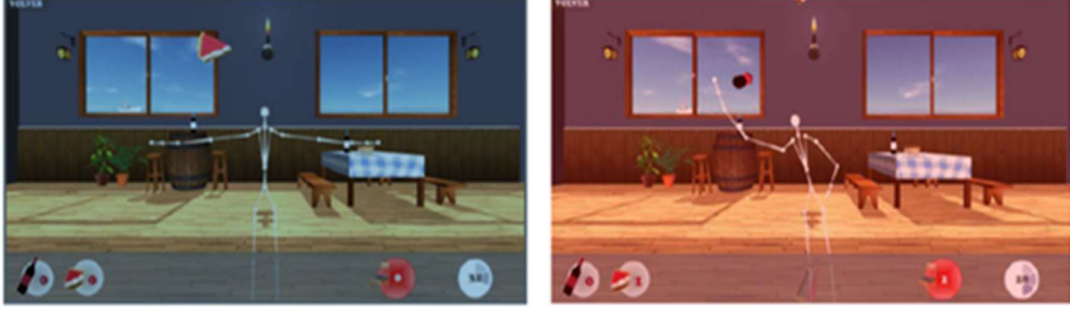
Egzersiz oyunlarının temeli, insanın doğru yapması gereken hareketlerini izleme, tanıma ve bu süreçle ilgili geri bildirim vermesine dayanmaktadır. Fiziksel hareket içeren oyunlar, kullanıcıya, yapılan hareketle ilgili bilgi vermeli ve bunu aynı zamanda doktor veya terapist için de veri halinde rapor edebilmelidir. Yapılacak geri bildirimler, genellikle kural tabanlı bir yaklaşım gerektirmektedir. Kinect sensör, bir fiziksel egzersiz oturumu kaydetmek ve evde fiziksel egzersiz yapan bireye, egzersiz performansı hakkında sürekli geri bildirim sağlamak üzere programlanabilir [1]. Fiziksel hareketin doğruluk kurallarını tanımlamak için bir dizi kural ögesi geliştirilmektedir. Elde edilecek veriler, gerçek zamanlı geri bildirim yapılmasını kolaylaştırmaktadır. Geri bildirim sayesinde yapılması gereken orijinal hareketin, orijinal doğru konumundan sapması hesaplanabilmektedir. Bu şekilde, oyuncuya, doktor veya terapistte daha güvenilir veriler sunulmaktadır.

Geri bildirim mekanizmaları, bir hedefin vurulup vurulmadığı veya bir hareketin başarıyla gerçekleştirilip gerçekleştirilmediği gibi eylemleri, yani oyuncuların eylemlerinin sonucunu açıkça gösterecek şekilde tasarlanmaktadır [13]. Kinect veya herhangi bir hareket algılama sensörü bulunan egzersiz oyunlarında, geri bildirim sağlanarak, uygulamanın oynanabilirliği arttırılmakta ve daha geniş kitlelere hitap etmesi amaçlanmaktadır. Oyunda üçüncü şahıs görünümü kullanılmıştır. Kullanıcı; avatarını, avatarının yanı sıra her defasında belli bir mesafede, bir kez ortaya çıkan hedefleri temsil eden kırmızı küreleri görmektedir (Şekil 2.2(a)). Kullanıcı hedeflere bastığında, yeşil bir işaret ve işitsel geri bildirim ile bilgilendirilmektedir (Şekil 2.2(b)).



Şekil 2.4. 360 Steps egzersizinin geri bildirimini [13]

Urturi ve Soto [10] çalışmalarında, kullanıcıların hareketlerini yakalamak ve onlara fiziksel duruşları hakkında ihtiyaç duydukları geri bildirim vermek için Kinect sensörü kullanmışlar. Bunun kullanıcıya olan çıktısını, daha farklı bir görselle belirtmişlerdir (Şekil 2.3).



(a)

(b)

Şekil 2.5. (a) Kullanıcının doğru hareketinin ekran çıktısı ve (b) Kullanıcının yanlış hareketinin çıktısı [10]

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde tez çalışmasının anlaşılmasını sağlamak amacıyla egzersiz oyunları, Kinect sensörü, Unity oyun motoru hakkında bazı bilgiler ve çalışma yöntemi özetlenmiştir.

3.1 Egzersiz Oyunları

Temel hareket egzersizleri, bireyler için günlük yaşamlarında her zaman kullanmaları gereken hareketlerdir. Vücudun tüm bölgeleri için uzmanlar tarafından sınırlamaları ve amaçları belirlenmiş fiziksel egzersiz hareketleri vardır. İnsanlar hareket kabiliyetlerinin gelişimi, tedavisi, doğruluğunun kontrolü gibi amaçlar doğrultusunda bu hareketleri yapmaktadırlar. Bazı hareketlerin uzman kontrolünde yapılması gerektiği gibi, bazı temel hareketler ise günün herhangi bir zamanı, herhangi bir yerde yapılabilecek hareketlerdir. Egzersiz hareketleri genellikle tekrarlı yapılan hareketlerdir. Vücudun belirli bölgeleri için belirlenmiş tekrarlı hareketler yapıldıkça, bir sonraki zorlayıcı aşamaya geçilir, bu yöntemle vücudun o bölgesinin gelişimi hedeflenmektedir. Örneğin, omuz bölgesi için genellikle evde tekrarları yapılabilen, herhangi bir uzman kontrolü gerektirmeyen temel omuz ve boyun egzersizleri yapılmaktadır. Buradaki önemli eksiklerden birisi ise bu şekilde klinik bir ortam gerektirmeyen hareketler için, doğruluk kontrolünün yapılamaması ve hatta gerçek zamanlı sonuçlar alınamamasıdır.

Farklı terimleri olmasına rağmen, çoğunluk tarafından kabul edilen terim olarak, sadece eğlence amaçlı olmayan oyunlar olarak tanımlanan egzersiz oyunları birçok alanda kullanılmaktadır [20]. Gelişen teknolojiyle beraber bilgisayar donanımlarının kapasitesi, gücü ve hızı artmıştır. Bu sebeple bilgisayar uygulamaları, hayatımıza daha etkin bir şekilde girmeye başlamıştır. Önceden bilgisayar uygulaması dendiğinde sadece oyun tabanlı uygulamalar düşünülürken, şu an oyunların hangi amaca hizmet ettiği alan bazında ayrılmaktadır. Örneğin eğitsel oyunlar, sağlık oyunları gibi.

Fiziksel egzersiz hareketlerinin bu uygulamalar dahilinde işlenmesiyle beraber, ilk olarak bir aparat veya aygıtla bağlı olarak, bilgisayar insan etkileşimini gerçekleştirebilecek sensör ve kameralar eşliğinde, gerekli yazılım uygulamaları sayesinde ciddi oyunlar ve egzersiz oyunları oluşturulmaya başlanmıştır. Önceleri, egzersiz oyunu vücudun hangi uzvuna hitap ediyorsa, kullanıcıların o bölgelerindeki hareketlerini algılayabilecek aparatlar kullanılmaktaydı. Örneğin, üst vücut egzersizleri için genellikle hareket algılama sensörleri bulunan eldivenler kullanılmıştır. Uygulamaların sayısının artması ve ekipman ve donanımların gelişimiyle, günümüzde sensörler sayesinde herhangi bir aparat veya aygıtla

bağlı kalmadan, insan hareketleri algılanabilmektedir. İnsan hareketlerini birebir izleme ve tanıma yapabilen kamera ve sensörlerle beraber uygulama ve oyun geliştiriciler için de kısıtlamalar ortadan kalkmıştır. Egzersiz oyunlarının temeli bu şekilde oluşmaya başlamıştır.

Yapılan çalışmalar, oyunlaştırmanın, insanların fiziksel egzersiz yapmasına yardımcı olduğunu göstermektedir [3]. İnsanların tekrarlı hareketleri yapması, egzersizi sıkıcı bir hale getirebilmektedir. Egzersiz oyunları bu noktada devreye girerek, oyun içi görev zorlaştırması ve kolaylaştırmasıyla rekabetçi bir ortam sağlamakta ve oyunu daha eğlenceli, oynanabilir kılmaktadır.

2000'lerin başından itibaren ise, egzersiz oyunları daha popüler hale gelmiştir. İlk egzersiz oyunu, ticari amaç güden, spor pazarı için etkileşimli bir oyun bisikleti olarak dünyaya tanıtılmıştır. 2005 yılında spor ve egzersiz ekipmanı olarak tanıtılan ve oyuncunun fiziksel hareketlerini oyun içinde kontrolör olarak kullanan "EyeToy: Kinetic", çok fonksiyonlu ev egzersizlerinin yapılabilmesine olanak sağlamıştır (Şekil 3.1). 2006'da Gamercize, geleneksel fiziksel egzersiz ekipmanlarını oyun konsollarıyla birleştirmiştir [22].



Şekil 3.1. EyeToy: Kinetic oyun kapağı [23]

2010'un başında, Microsoft'un Kinect cihazının tanıtımıyla, insan vücudu hareketi, oyunlara etkileşimli bir şekilde entegre edilmiştir. Kinect'in bilgisayar uyumlu çalışmasıyla beraber egzersiz tabanlı oyunlar geliştirilmeye ve çoğalmaya başlamıştır.

3.2 Kinect Sensör

3.2.1 Genel Özellikleri

2010 yılında Microsoft Kinect for Xbox One, Xbox 360 oyun konsolunun hareket sensörü olarak piyasaya sunulmuştur. Kinect'in bu ilk sürümünde RGB kamera, derinlik sensörü ve çoklu dizi mikrofon bulunmaktadır. Kinect sensör, 3B hareket yakalama ve tanıma, yüz tanıma ve ses tanıma özelliklerini desteklemektedir [24].

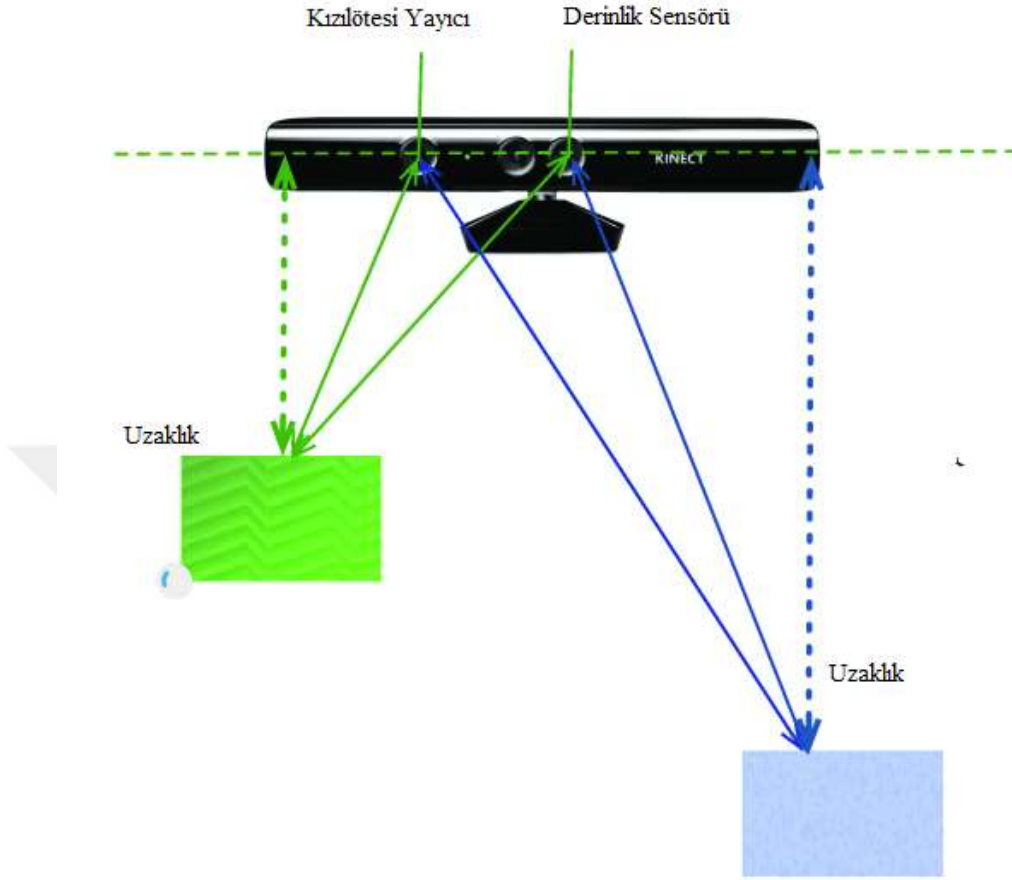
2012 yılında, Microsoft, ilgili uygulamaları geliştirmek üzere araştırmacılar için Windows PC'lerle uyumlu çalışabilen Kinect for Windows sürümünü pazara sunmuştur. Bu versiyondaki en büyük yenilik, PC uygulamaları için Yazılım Geliştirme Kiti'nin (SDK) tanıtımı olmuştur. SDK ile Windows 7 uyumlu PC'lerde uygulama geliştirilebilir hale gelmiştir.

2013 yılında Microsoft, Kinect'in yükseltilmiş versiyonu olan Xbox One için Kinect'i piyasaya sürmüştür. Bu versiyondaki en önemli yenilikler arasında, 1080P görüntü kalitesi, 6 gövde iskeletinin aynı anda izlenmesi ve izlemesi yapılan kemik sayısının 20'den 25'e artırılması yer almaktadır. İzlenen her birey için 3B (x, y, z) koordinat düzleminde 25 eklem noktası elde edilmektedir.

Kinect sensör, kullanıcıların bir hareketle veya sesli komutlarla bir bilgisayar veya oyun konsoluyula doğal olarak etkileşim kurmalarına olanak tanımaktadır. Bu özellikleri sayesinde uygulama ve oyun geliştiricileri, Kinect'i kullanarak oyunların ötesinde, insan hareket izleme uygulamaları geliştirmeye başlamıştır. Kinect SDK'nın de piyasaya sunulmasıyla, geliştiriciler, uygulamalarını C# ve C++ programlama dilleri kullanarak oluşturmaya başlamışlardır. Uygulamaların da olgunlaşmasıyla beraber, Kinect teknolojisi, insan hareketlerini gerçek zamanlı, dinamik olarak algılamayı, izlemeyi ve tanımayı mümkün kılmıştır [8].

3.2.2 Çalışma Prensipleri

Kinect ikinci nesil sensörünün, Kinect birinci nesil sensöre (Şekil 3.2) göre iki ana avantajı vardır. Bunlardan birincisi bilgisayarla da uyumlu çalışmasını sağlayan SDK'nın



Şekil 3.2. Kinect birinci nesil sensör, derinlik algılaması için yapılandırılmış üçgen trigonometrisini kullanmaktadır [7]

geliştirilmesi, ikincisi ise insan vücudunun 20 eklem noktası yerine, 5 yeni noktanın eklenerek 25 noktasının algılanmasıdır.

Kinect birinci nesil sensörle ikinci nesil sensörde donanımsal olarak da farklar vardır (Çizelge 3.1). Donanımlardan kaynaklı görüntü derinlik algılama teknikleri de değişmiştir. Normalde üçgenel hesaplamalar yapabilmek için iki kamera gereklidir. Ancak Kinect birinci nesil sensörde, her bir pikselin derinliğini hesaplamak için tek bir kızılötesi yayıcı ve tek bir derinlik sensörünün kullanılmasını sağlamak için yapılandırılmış bir ışık yöntemi kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1. İki Kinect versiyonunun özelliklerinin karşılaştırılması [8]

Özellik	Kinect birinci nesil	Kinect ikinci nesil
Derinlik Algılama Teknolojisi	Yapılandırılmış ışık ile üçgen trigonometrisi	Işıl kat ediş zamanı
Renkli Görüntü Çözünürlüğü	640x480 30 fps 1280x960 12 fps	1920x1080 30 fps (12 fps düşük ışık)
Kızılötesi Görüntü Çözünürlüğü	640x480 30 fps	512x424 30 fps
Derinlik Algılama Çözünürlüğü	640x480 30 fps 320x240 30 fps 80x60 30 fps	512x424 30 fps
Görüş Alanı	43 derece dikey 57 derece yatay	>43 derece dikey 70 derece yatay
Derinlik Algılama Mesafesi	0,4m - 3m (yakın mod) 0,8m - 4m (normal mod)	0,5m – 4,5m
İskelet İzleme	2 kullanıcı, 20 nokta	6 kullanıcı, 25 nokta
İzlenebilen Jestler	Yok	Eller (açma, kapama)
Unity Desteği	Kısmen	Var
Yüz Programlama Arayüzü (API)	Temel	Büyük ölçüde geliştirilmiş
Çalışma Tasarımı	Bir bilgisayarda, birden çok çalıştırılabilir, ancak her Kinect için bir uygulama kullanılabilir.	Bir bilgisayarda bir Kinect çalıştırılabilir, birçok farklı uygulama aynı Kinect'i kullanabilir.
Windows Store	Yayınlanmamış	Evet

Çizelge 3.1’de, birinci nesil Kinect sensör ve ikinci nesil Kinect sensörünün temel özelliklerinin karşılaştırılması yapılmıştır. İlgili çizelgelerden de anlaşılacağı üzere en temel değişikliklerden biri, derinlik algılama yönteminin değiştirilmiş olmasıdır. Kinect ikinci nesilde kullanılan yöntem, birincisinden çok farklıdır. Kinect ikinci nesilde derinlik, ışığın aldığı yol miktarı ile hesaplanmaktadır. Kinect ikinci nesil sensörü bir kızılötesi yayıcı ve derinlik sensörü ile donatılmıştır. Hedeften yansıyan ışık, derinlik sensörü tarafından

toplanmaktadır. Kızılötesi yayıcı ve derinlik sensörünün davranışlarını senkronize etmek için bir zaman jeneratörü kullanılmaktadır. Her bir pikselin derinliği, yayılan ışık ile yansıyan ışık arasındaki faz kaymasına bağlı olarak hesaplanmaktadır. Bu şekilde Kinect ikinci nesil sensörde, öncekinden daha kesin sonuçlar elde edilerek, insan hareketlerinin izlemesi yapılmaktadır.

3.3. Unity Oyun Motoru

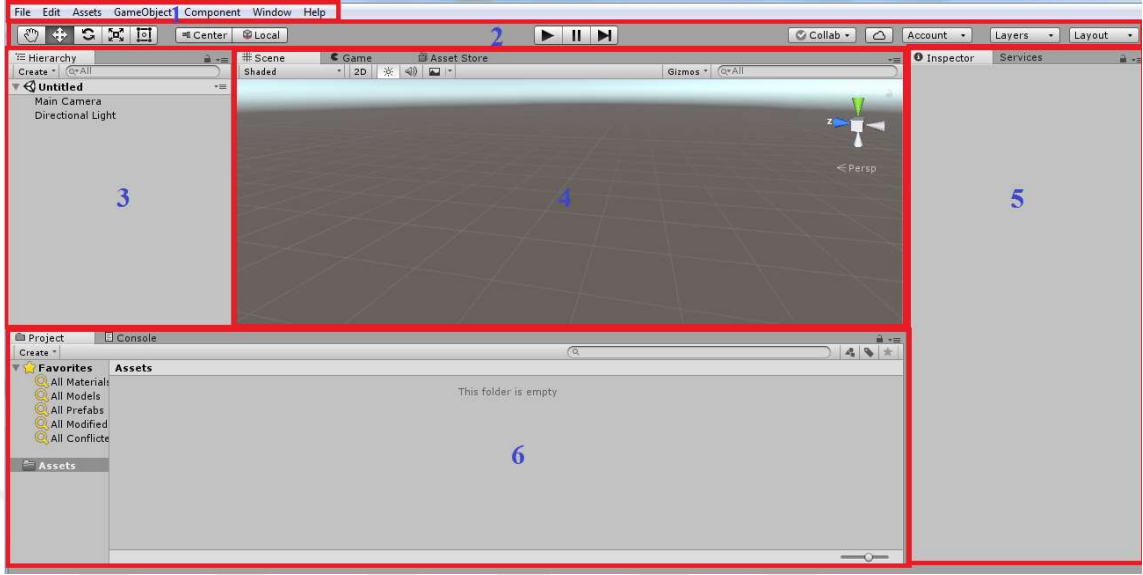
3.3.1 Genel Özellikleri

Unity, 2B ve 3B bilgisayar oyunları ve bilgisayarlar, konsollar ve mobil cihazlar için simülasyonlar geliştirmek üzere kullanılan, Unity Technologies şirketi tarafından geliştirilen bir oyun motorudur. İlk kez 2005 yılında Apple'ın Dünya Geliştiricileri Konferansı'nda OS X için duyurulmuştur, o zamandan beri 27 platform için uygun hale getirilmiştir. Unity, 2D ve 3D grafikleri, sürükle ve bırak işlevselliğini ve C# programlama dilini kullanarak komut dosyalarını destekleyen çok amaçlı bir oyun motorudur. Boo ve Javascript programlama dilleri de daha sonra desteklenmeye başlanmıştır.

Unity oyun motoru, Windows ve Xbox One'da Direct3D, Linux, MacOS ve Windows üzerinde OpenGL, Android ve iOS'ta OpenGL ES, Web üzerinde WebGL grafik API'lerini desteklemektedir. Ayrıca Unity, iOS ve MacOS'da Metal, Android, Linux ve Windows'da Vulkan, Windows ve Xbox One'da Direct3D 12 düşük seviyeli API'lerini desteklemektedir [25].

3.3.2 Unity Oyun Motoru ile Oyun Geliştirme

Unity oyun motoru, 2B ve 3B oyunları birçok platformda çalıştırabilecek kabiliyete sahiptir. Sürükle bırak gibi kullanıcı kolaylığı amaçlayan özellikleri mevcuttur. Grafik arayüzü de desteklemektedir. Unity ana ekranı, geliştiricinin kolaylıkla istediği sekmeye ulaşması için tasarlanmıştır. Unity oyun motorunun ana ekranı Şekil 3.3'te gösterildiği gibidir.



Şekil 3.3. Unity oyun motoru ana ekranı

Unity ana ekranını ayrı ayrı bileşenlerine göre incelendiğinde;

1. Sekmeler: En üstte yer alan bu kısımda, dosyalara erişim, projeyi kaydetme, yeni proje açma, kopyalama, düzenleme, proje için seçilen nesne ve modelleri ekleme, oyun objeleri ekleme gibi ana seçimler bulunmaktadır.
2. Araç Çubuğu: Araç Çubuğu, en önemli çalışma özelliklerine erişim sağlamaktadır. Araç çubuğunun sol tarafında, sahne görünümünü ve içindeki nesnelere ayrı ayrı düzenlemek için temel işlemler bulunmaktadır. Ortada ise oyun başlatma, duraklatma kontrolörleri vardır. Sağdaki kısımda ise, Unity Cloud Servislerine, Unity Hesabına erişim sağlanmaktadır. Ayrıca katman görünürlüğü menüsü ve düzenleyici menüsünü de içerir.
3. Hiyerarşi Bölmesi: Hiyerarşi Bölmesi, sahnedeki her nesnenin hiyerarşik bir metin gösterimini vermektedir. Hiyerarşi, oyunda kullanılan nesnelere, kameranın, modellerin vb. birbirine nasıl bağlandığını gösterir.
4. Sahne Bölmesi: Üzerinde çalışılan projeye göre 2B veya 3B olabilen perspektif burada görülmektedir. Çalışılan projenin, oyun ortamında görsel olarak düzenleme yapılmasına imkan vermektedir.
5. Denetçi Bölmesi: Denetçi Bölmesi, seçili nesnenin tüm özelliklerinin görüntülenmesini ve düzenlenmesini sağlamaktadır. Farklı nesne türleri, farklı özellikler kümesine sahip olduğundan, denetleyici penceresinin düzeni ve içeriği, seçilen nesneye göre değişim göstermektedir.

6. Proje Bölmesi: Proje Bölmesi, projede kullanılabilir varlıklar kitaplığının görüntülenmesini sağlamaktadır [26].

Unity platform desteğiyle, kod yazmak için IDE (Visual Studio, MonoDeveloper gibi) tarafından sağlanan metin editörüyle, grafiklerinin tatmin edici olmasıyla, güçlü dokümantasyon desteğiyle, oyunların kolay geliştirilebilmesiyle en çok tercih edilen oyun motorudur. Sonuç olarak Unity oyun motoru, oyun geliştirmeye başlamak için ideal bir platform olup başlangıçta oyun geliştirmeye başlamak isteyen geliştiriciler için tavsiye edilmektedir.

3.4 Çalışma Yöntemi

Tez çalışmasının hedef ve kapsamı belirlendikten sonra, tüm çalışma sürecinde, başından sonuna kadar aşağıdaki çalışma planı esas alınmıştır.

Literatür taraması:

- Bu zamana kadar yapılmış olan ciddi oyun ve egzersiz oyun çalışmalarının araştırılıp, incelenmesi,
- Fiziksel hareket egzersizi içeren egzersiz oyun çalışmalarının oyun prototiplerinin incelenip denenmesi,
- Bu zamana kadar geliştirilmiş, fiziksel hareket içeren oyun çalışmalarında, hareketi kavrayabilmek için hangi yöntemlerin kullanıldığının incelenmesi,
- Temel diz egzersizlerinden olan YDÇH'nin nizami yapılışının öğrenilmesi ve hareketin doğru yapıldığında hangi parametrelere bakılması gerektiğinin belirlenmesi,
- Öğrenilen bilgiler ışığında, YDÇH'nin nasıl simüle edileceğinin, hareketin doğru yanlış ayrımının ve doğrusu nasıl puanlandırılacağına, bunların hangi yöntem ve kurallarla yapılacağına belirlenmesi,
- YDÇH'yi en iyi algılayabilecek sensör, oyun motoru, ortam gibi parametrelerinin seçilmesi.

İlerleme ve oyun geliştirme:

- Literatür taraması sürecinin sonunda oyun motoru olarak seçilen Unity oyun motorunda, oyun ortamı oluşturmanın incelenmesi, oyunda kullanılacak olan parçaların belirlenmesi,
- Literatür taraması sürecinin sonunda YDÇH'yi algılayacak sensör olarak seçilen

Kinect ikinci nesil sensörün, Unity oyun motoru ile uyumlu çalışması için nelerin gerektiğinin araştırılması, ilgili SDK'nın yüklenerek, Unity oyun motoru ile çalışabilirliğinin test edilmesi,

- YDÇH'yi en iyi simüle edebilecek oyun yönteminin, puanlandırmasının, bölümlere ayrılmasının, ortamının belirlenmesi,
- Knee Up egzersiz oyunu için, oyuncuyu en iyi simüle edebilecek 3B avatar modelinin ve oyun için düşünülen parçaların belirlenmesi,
- Unity oyun motorunda oyun ortamının oluşturulması,
- Oyuncunun ilk duruşunun tanımlanması için Kinect sensörüyle belirlenen kemik noktaları üzerinden kuralların oluşturulması,
- YDÇH'nin doğru olarak algılanabilmesi için kuralların oluşturulması,
- Engellerin istenilen şekilde gelmeleri için kuralların oluşturulması,
- Bu kuralların tamamının, oyunu bir bütün yapacak şekilde derlenmesi,
- Yerinde diz çekme egzersiz oyununun "Knee Up" olarak isimlendirilmesi,
- "Knee Up" oyununun menü arayüzlerinin yapılması ve oyunun son halini alması.

Oyuncu deneyimleri ve sonuçlandırma:

- Oyunu oynayacakların belirlenip, oyunun oynatılması ve ilgili verilerin elde edilmesi,
- "Knee Up" egzersiz oyununu oynayan oyunculara yöneltilecek soruları içeren anketin hazırlanması,
- Oyunun 20 gönüllü üzerinde test edilmesi,
- Elde edilen verilerin yorumlanması.

Kurallar kümesi, 30 yaş üstü üç erkek, üç kadın olmak üzere altı test bireyi üzerinde test edilip, ilgili noktaların ve açıların minimum, maksimum noktaları bulunmuştur.

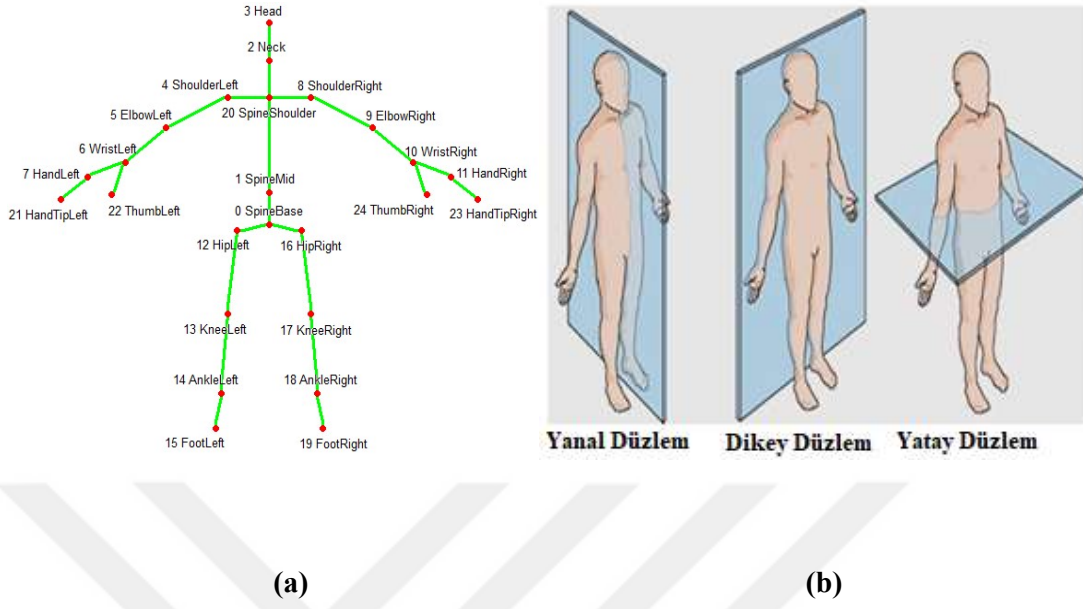
4. GELİŞTİRİLEN UYGULAMA

İnsan fiziksel egzersizlerinin temel hareketlerinden olan YDÇH, egzersiz oyunu için seçilmiştir. Yapılan araştırmalar sonucu, bu hareketin temelinin, dizin olabildiğince yukarı çekilmesi olduğu tespit edilmiştir. Hareketi doğru yapmak için, hangi açıların gerektiği belirlenmiş ve buna uygun noktalar Kinect sensörünün algıladığı insan vücudundaki 25 eklem noktasından çıkarılmıştır. Açıların elde edebilebileceği vektörleri oluşturmak için, YDÇH'nin doğru yapılmasını sağlayacak noktalar seçilmiştir. Tüm bu veriler ışığında kurallar kümesi oluşturulmuştur. Kurallar kümesi, 30 yaş üstü 3 erkek 3 kadın olmak üzere 6 test bireyi üzerinde test edilip, ilgili noktaların ve açıların minimum maksimum noktaları bulunmuştur.

Sonrasında Unity oyun motorunda 3B bir ortam oluşturularak, egzersiz oyunu içinde insanın hareketlerini tam olarak temsil edebilecek 3B bir avatar ve ortamın nesnelere seçilmiştir. SDK aracılığıyla, Kinect bilgisayarla uyumlu hale getirilmiş ve oyun geliştirilmeye başlanmıştır. Oyunun temel mantığı, oyuncuya, doğru YDÇH'yi yaptırabilmek, hareketi ile ilgili gerçek zamanlı geri bildirim verebilmek ve bunları kişiye özel dosyalarda kayıt altında tutabilmektir. Bu özelliklerin tamamı sağlanırken, aynı zamanda oyunun oynanabilir ve eğlenceli olması amaçlanmıştır.

4.1 RGB-D Verisinden Çevrimiçi İnsan Hareketi Yakalama

Hedefleri karşılamak için ilk olarak Kinect'ten gelen RGB-D veri akışı oyun ile çalışmaya entegre edilmiştir. Bu çalışma için, başlangıçta piyasaya sürülen Kinect'in donanım yükseltilmiş versiyonu olan Xbox One için Kinect kullanılmıştır. Şekil 4.1'de literatürden derlenen eklem hiyerarşisi ve insan vücudu düzlemleri verilmiştir. Sistem, yakalanan RGB-D verilerini işler ve üç boyutlu koordinatlarda 25 iskelet eklemının pozisyonlarını (Şekil 4.1(a)) tahmin ederek oyuncunun pozunu gerçek zamanlı olarak tanır. Eklem pozisyon verileri ile bu bağlantıları birleştiren vektörler belirlenir ve eklemler arasındaki mesafelerin yanı sıra vektörler arasındaki açıların elde edilmesi için kullanılır.



Şekil 4.1. (a) Eklem hiyerarşisi [22] ve (b) İnsan vücudu düzlemleri [27]

4.2 Sistem

Çevrimiçi insan hareket yakalama modülünü içeren sistem, oluşturulan kural tabanlı YDP ve YDÇH tanıma algoritmasının (4.4'te detaylandırılmıştır), iki boyutlu arayüz ekranlarının ve üç boyutlu sanal ortamların uygulanması, Unity grafik motoru kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Üç boyutlu sanal ortamlar test aşamasından ve oyundan oluşur. Manzara, avatar karakteri ve engel karakterleri de dahil olmak üzere bu ortamlar, düşük-poli (yani nispeten az sayıda poligondan oluşan) üç boyutlu modeller kullanılarak yaratılmıştır. Düşük Poli modelleri, Knee Up sınırlı grafik işleme kabiliyetine sahip düşük kaliteli çağdaş PC'lerde çalıştırıldığında bile, akıcı bir oyun deneyimi sunmaya yardımcı olur. Düşük-poli modelleri tercih etmenin bir başka nedeni, modern kullanıcıların hoş bulmaya eğilimli olduğu minimalist ve retro tarzı estetikleri sergileme yararını sunmalarıdır.

Uygulama başladığında, oyuncu giriş ekranı ile karşılaşır. Burada oyuncu ilk kez Knee Up ile yeni bir kullanıcı profili oluşturur (Şekil 4.2 (a) ve 4.2 (b)). Oyuncu profilleri, sistemde, her bir oyuncunun oturum geçmişini, genel ilerleme ve oturum puanları da dahil olmak üzere, benzersiz bir şekilde ilişkilendirmelerini sağlar. Geri dönen bir oyuncuya, giriş bilgilerini sağlamak için mevcut profillerine devam etmeleri istenir. İlk kez giriş yapan Knee Up oyuncusu, oyunu oynamaya başlamadan önce test aşamasına girer. Test aşaması iki amaca hizmet eder. Birincisi oyuncuya YDÇH'nin nasıl doğru bir şekilde yapılacağını öğretmektir. İkincisi, oyuncunun ilk YDP'sini kaydederek bu oyuncu profili için bir taban



(a)

(b)

Şekil 4.2. (a) Giriş ekranı ve (b) Yeni kullanıcı ekleme ekranı

çizgisi elde etmek ve kaldırılmış dizin tepe noktasındaki ölçümleri, oyuncunun YDÇH hareket aralığını değerlendirmek üzere elde etmektir. YDP ile tanıma algoritması için gerekli olan statik iskelet ölçümleri alınır. Bu bölümü geçmek için oyuncunun ana menüde tanımladığı kadar doğru YDÇH yapması gerekmektedir. Bu çalışmada gönüllü test deneklerinden doğru 10 YDÇH (diz başına 5) yapması beklenilmiştir.

4.3 Oyun ve Oyunun Elementleri

Oyunda, oyun elemanları YDÇH egzersizini oyuncular için daha eğlenceli ve motive edici hale getirmek amacıyla yoğun bir şekilde kullanılmıştır. Oyunun temel amacı, YDÇH'yi doğru şekilde yaparak engellere çarpmamaktır. Oyun, gerçekleştirilen YDÇH için gerçek zamanlı geri bildirim sağlar (Şekil 4.3). Çekiciliği arttırmak için, engeller 10 farklı çeşittedir, hayvan biçiminde ve hayvan şeklinde karakterize edilir. Engeller, oyuncunun Kinect'in önünde tam vücut hareketleriyle kontrol ettiği avatar karakterinin her iki tarafında rastgele görünür.



Şekil 4.3. Oyun sırasında doğru (✓) ve yanlış (✗) YDÇH performans örnekleri

Ufukta bir engel belirdiğinde, oyuncuya oyunun başlangıcında seçtiği iki farklı modda avatara doğru hareket etmeye başlar. İlk modda, sabit zaman aralıklarında ve sabit hızda hareket ederler. Zaman aralığı oynatıcı tarafından 60, 90 veya 120 saniyeye ayarlanabilir. İkinci modda, artan hız ve azalan ortaya çıkma zamanı ile hareket ederler. Maksimum hız başlangıç hızının dört katıdır ve ortaya çıkma süresi maksimum 1.5 saniyedir. Her 10 saniyede bir engel hızı $0.5v$ oranında azalırken, ortaya çıkma süresi 0.5 saniye düşer.

Diğer yandan, puanlama sadece engellerle etkileşimden bağımsız olarak YDÇH performansına dayanır. Her doğru ve uygun zamanda diz yükseltilmesi için skora 10 puan eklenir. Ayrıca YDÇH döngüsü uygun diz indirmesi ile tamamlandığında, 5 puan daha eklenir. Oyun sırasında, gerçek zamanlı skor bilgisi oyun arayüzü üzerinde görüntülenir ve oyuncunun profiline kaydedilir.

4.4 Kural Tabanlı Tanıma Algoritması

Tanıma algoritması Knee Up'ın temel omurgasını oluşturur. Tasarımı için aşağıdaki ana hedefler oluşturulmuştur:

- Algoritmanın, mümkün olduğunca az hesaplama kaynağına ihtiyaç duyması, yani sınırlı kaynaklara sahip, düşük ya da yüksek performanslı PC'ler de dahil olmak üzere çok çeşitli sistemlerde çalışabilmesi gerekmektedir.
- Algoritmanın hızlı olması gerekir, böylece sistem oyuncuya gerçek zamanlı geri bildirim sağlayabilir. Sistem, gerçek zamanlı olarak çalıştırılması gereken diğer modülleri içerdiğinden, algoritma bunlarla uyumlu olmalıdır.
- Algoritma, sınıflandırmada yüksek hassasiyet sergilemek zorundadır, böylece oyuncu tarafından alınan geri bildirim yalnızca gerçek zamanlı değil, aynı zamanda

doğrudur.

Yukarıdaki hedeflere ulaşmak için algoritmada kural tabanlı bir yaklaşım benimsenmiştir. Hem doğru YDP'yi hem de doğru YDÇH'yi tanımak için kullanılmıştır. Algoritma, YDP ve YDÇH için ayrı olarak tanımlanmış ve oyuna uygulanmıştır. Kurallar, özellikle bu iş için geliştirdiğimiz bir hareket tanımlama dili ile XML biçiminde kodlanmıştır.

YDP kuralları, sagittal düzlem üzerinde öngörülen on yedi eklem pozisyonunu ve dikey düzlem üzerine yansıtılan on eklem pozisyonunu kontrol eder (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. YDP'nin oyun içinde görünümü

Uygun bir YDP için, baş, omuz ucu, kalça eklemi, diz ve kemik ortası bir çizgide olmalıdır. Baş düz olmalı; omuzlar öne veya arkaya doğru eğilmemiş aynı seviyede olmalı ve ayaklar omuz genişliğinde açık olmalıdır. Ayrıca kollar vücudun yanlarından aşağıya doğru duracak şekilde olmalıdır [28]. YDP kurallarının tamamı, yanal ve dikey düzlemler için belirtilen eklem pozisyonlarına dayanarak Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. YDP kuralları

Yanal Düzlem üzerine Yansıtılmış (sadece dikey koordinat bileşenleri ile ilgili)	Dikey Düzlem üzerine Yansıtılmış (sadece yatay koordinat bileşenleri ile ilgili)
Head eklem pozisyonu, Neck ekleminden daha büyük olmalıdır.	HandLeft eklem pozisyonu, HipLeft ekleminden daha küçük olmalıdır.
Neck eklem pozisyonu, SpineShoulder ekleminden daha büyük olmalıdır.	HandRight eklem pozisyonu, HipRight bağlantısından daha büyük olmalıdır.
SpineShoulder eklem pozisyonu, SpineMid eklemlerden daha büyük olmalıdır.	KneeRight eklem pozisyonu KneeLeft ekleminden daha büyük olmalıdır.
SpineMid eklem pozisyonu, SpineBase ekleminden daha büyük olmalıdır.	AnkleRight eklem pozisyonu, AnkleLeft ekleminden daha büyük olmalıdır.
HipLeft eklem pozisyonu KneeLeft ekleminden daha büyük olmalıdır.	ShoulderRight eklem pozisyonu, KneeRight ekleminden daha büyük olmalıdır.
HipRight eklem pozisyonu KneeRight ekleminden daha büyük olmalıdır.	ShoulderRight eklem pozisyonu, AnkleRight eklemine eşit veya daha büyük olmalıdır.
KneeLeft eklem pozisyonu, AnkleLeft ekleminden daha büyük olmalıdır.	ShoulderLeft eklem pozisyonu, KneeLeft ekleminden daha küçük olmalıdır.
Diz eklemi pozisyonu, AnkleRight ekleminden daha büyük olmalıdır.	ShoulderLeft eklem pozisyonu, AnkleLeft eklemine eşit veya daha küçük olmalıdır.
ShoulderLeft eklem pozisyonu, ElbowLeft ekleminden daha büyük olmalıdır.	
ShoulderRight eklem pozisyonu, ElbowRight ekleminden daha büyük olmalıdır.	
ElbowLeft eklem pozisyonu, WristLeft ekleminden daha büyük olmalıdır.	
ElbowLeft eklem pozisyonu, WristLeft ekleminden daha büyük olmalıdır.	

YDÇH'ye başlarken oyuncunun kolları iki yanda olmalı ve bacakları düz olacak şekilde ayakta durmalıdır. Daha sonra, bel seviyesine ulaşacak şekilde bir diz yukarı kaldırılarak ve dizdeki açığı 90°'ye olabildiğince yakın tutularak harekete başlanır. Hareket, diz aşağı indirilerek tamamlandıktan sonra, oyuncu diğer diz için aynı işlemleri tekrar edecektir. Hareket sırasında, oyuncunun kalça kasları (gluteal) ve uyluk bölgesinin arka kısmında kalan kaslar (hamstring) gerilmelidir. Ayrıca dengeye yardımcı olmak için karın kaslarını sıkı tutmak önemlidir [29].

Yukarıdaki tanımlamaya dayanarak YDÇH'yi doğrulamak için, hareketin tanımına dayalı olarak dört kural oluşturulmuştur. Bu kurallardan ilki, vücut pozisyonunu bozmadan dizin göğsüne kadar kaldırılması gerektiğidir. İkinci kural YDÇH'yi yaparken karın kaslarını sıkı tutmaktır. Bu iki kural kasları sıkı tutarak dengeyi korumak için yaratılmıştır. Üçüncü kural, diz yukarı kaldırılırken, vücudun sağ veya sol tarafına değil, dizinin öne doğru kaldırılması için tasarlanmıştır. Sonuncu kural ise sadece YDÇH'nin tamamlandığını doğrulamaktır: Kaldırılan bacak yere indirilmelidir.

Yukarıda tarif edilen kurallar, yanal düzlemde, dikey düzlemde ve yatay düzlemde ve sağa-yukarı hareketleri için beş eklemi ayrı ayrı kapsar (Bkz. Şekil 4.1 (b)): iki omurga eklemi (SpineShoulder ve SpineBase), bir kalça eklemi (HipLeft veya HipRight), bir diz eklemi (KneeLeft veya KneeRight) ve bir ayak bileği eklemi (AnkleLeft veya AnkleRight). Bu eklemlerin konumları onları birleştiren vektörleri belirlemek için kullanılır.

Kuralların bir algoritmaya dahil edilmesi durumunda açısal aralıklar tanımlanmalıdır. Bu aralıkları belirlemek için, YDÇH'yi yapmak isteyen altı gönüllü ile bir dizi ön deneme yapılmıştır. Bu denemelerden elde edilen veriler, YDÇH sırasında doğru hareketin aralıklarını belirlemek için kullanılmıştır. Açısal sınırlar, oyunun tüm yetişkin yaş ve vücut tipi gruplar tarafından oynanabilmesini sağlayacak şekilde oluşturulmuştur.

Bu nedenle, denemeler sırasında gözlemlenen açısal değerlere ± 5 hata payı uygulanmıştır. Algoritmada açısal aralıkların sınırlarını uygun şekilde tanımlamak için $aralık_{min} = 5 \times yuvarlama((denemeler_{min}-5)/5)$ ve $aralık_{max} = 5 \times yuvarlama((denemeler_{max}-5)/5)$ kullanılmıştır.

A, B ve C eklemlerinin konumları ile belirtilen iki vektör \overline{AB} ve \overline{BC} için, algoritma, iki vektör arasındaki açığı skaler çarpım aracılığıyla, aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır. $\|AB\|$, A ve B eklemleri arasındaki öklid mesafesidir.

$$\alpha = \cos^{-1}\left(\frac{\overline{AB} \cdot \overline{BC}}{\|AB\| \cdot \|BC\|}\right)$$

YDÇH kurallarının algoritmik benzetimleri aşağıda verilmiştir. Tanımlamalar sadece sağ bacak ile YDÇH için verilir. Sol bacak YDÇH ile ilgili kurallar için, sağ tarafa özgül eklemler, sol taraftaki eklemler ile değiştirilir (örn. KneeRight - KneeLeft). Algoritma, YDÇH için hangi bacağın yükseltildiğini otomatik olarak algılar ve buna göre kurallı tanıma döngüsü başlatılır.

Algoritma Kural #1: θ açısı, SpineBase-SpineShoulder ve SpineBase-KneeRight vektörleri arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil 4.5 (a)). Deneme sonuçlarına göre, θ açısının aralığı 48.1° ile 104.9° arasındadır. Eklenen hata payı ile, ilk kuralda $45^\circ < \theta < 110^\circ$ olarak belirlenmiştir.

Algoritma Kural #2: ϕ açısı, KneeRight – HipRight ve KneeRight -AnkleRight vektörleri arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil 4.5 (b)). Deneme sonuçlarına göre, ϕ açısının aralığı 43.1° ile 93.8° arasındadır. Eklenen hata payı ile, ikinci kuralda $40^\circ < \phi < 100^\circ$ olarak belirlenmiştir.

Algoritma Kural #3: ψ açısı, HipRight – SpineBase ve HipRight - KneeRight vektörleri arasındaki açı olarak tanımlanır (Şekil 4.5 (c)). Deneme sonuçlarına göre, ψ açısının aralığı 89.5° ile 128.6° arasındadır. Eklenen hata payı ile, ikinci kuralda $85^\circ < \psi < 135^\circ$ olarak belirlenmiştir.

Algoritma Kural # 4: İlk üç kural yerine getirildikten sonra, algoritmanın YDÇH döngüsünün tamamlandığını doğrulamak için dördüncü bir kuralın kontrolüne ihtiyacı vardır, yani yükseltile bacak geri indirilmelidir. Bu nedenle, algoritma, döngünün tamamlandığını gösteren açısal aralıklar için ilk iki kuralda tanımlanmış olan θ ve ϕ açılarını kontrol eder. Altı katılımcı ile yapılan denemelerin sonucunda, bu açılardan her birinin, dördüncü kuralın yerine getirilmesi için 5° 'nin altında veya 140° 'nin üzerinde olması gerektiği belirlenmiştir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 4.5. (a) θ açısı, (b) ϕ açısı, (c) ψ açısı

5. İSTATİKSEL DEĞERLENDİRME

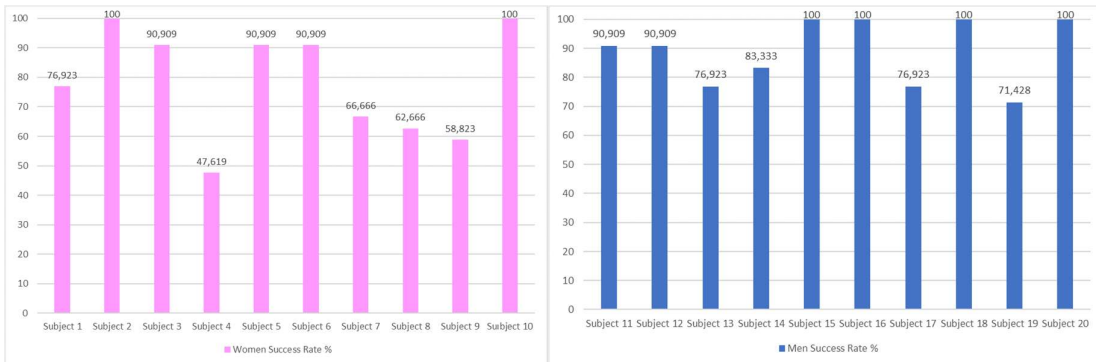
Knee Up sisteminin performansını ve kullanılabilirliğini değerlendirmek için bir kullanıcı çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma ayrıca, egzersiz oyunlarının insanlar üzerinde olumlu bir etkisi olup olmadığını test etmeyi amaçlamıştır. Bu çalışmaya on kadın ve on erkek gönüllü olarak katılmışlardır. Diz sakatlığına sahip bireyler bu çalışmadan hariç tutulmuştur.

5.1 İstatiksel Veri Toplama

Bu çalışmada, daha önce açıklandığı gibi, Knee Up egzersiz oyunu geliştirildikten sonra kullanıcıların Knee Up hakkında görüşlerinin alınması amacıyla rastgele 10 kadın ve 10 erkeğe uygulamaya katılıp katılmayacakları yüz-yüze sorulmuştur. Uygulamaya katılmayı 10 kadın ve 10 erkek kabul etmiştir. Öncelikle ankete katılanların oyun oynama sisteminin kurulduğu yerde Knee Up egzersiz oyununu oynamaları sağlanmıştır. Katılımcılarının verileri kendi dosyalarına kaydedilmiştir. Daha sonra kendilerinden hazırlanmış anket formlarını doldurmaları istenmiştir. Anket formlarında yer alan bilgiler ve egzersiz oyunu sırasında toplanan veriler, istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

5.2 Ölçüm Değerlerinin İstatiksel Analizi

Egzersiz oyununu oynamadan önce, her katılımcının diz hareket aralığı test aşamasında değerlendirilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, test aşamasını geçmek için, bir katılımcı YDÇH'yi her diz ile beşer kez doğru bir şekilde yapmalı ve 10 doğru YDÇH'yi tamamlamalıdır. Kadın ve erkek katılımcılar için doğru olarak yapılmış YDÇH'lerin oranı Şekil 5.1 (a) ve 5.1 (b)'de verilmiştir. Kadın katılımcıların ortalama başarı oranı %78,54 iken erkek katılımcılar için %89.04'tür.

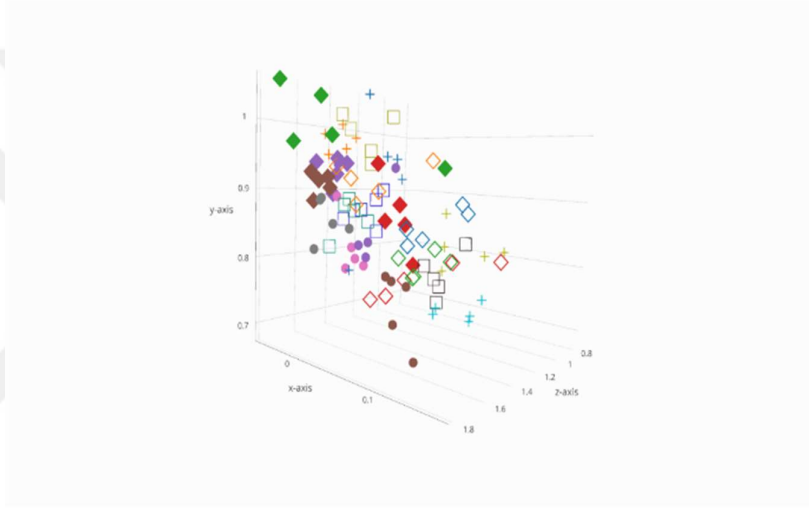


(a)

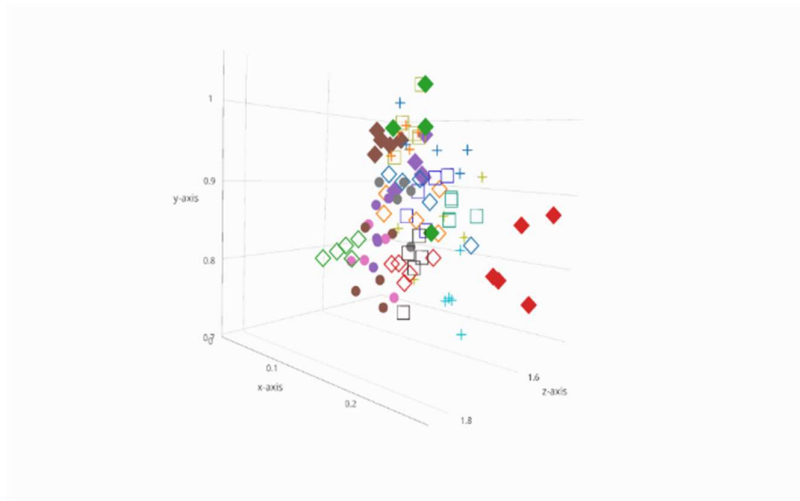
(b)

Şekil 5.1. Başarı oranları. (a) Kadın katılımcılar ve (b) Erkek katılımcılar

Bir katılımcı YDÇH 'yi doğru bir şekilde gerçekleştirdiğinde, dizin yükseldiği en üst noktada, dizin bulunduğu koordinatlardaki noktaların 3B grafiği Şekil 5.2'de gösterilmiştir. Bu noktalardaki θ , ϕ ve ψ açıları, bir katılımcının rahat bir şekilde yaptığı diz hareketinin aralığını gösterir. Her bir katılımcı için test kısmında kaydedilen bu açılar, Şekil 5.3'te verilmiştir. Şekilde, bir dikey çizgi, belirlenen diz ile doğru şekilde uygulanan beş YDÇH'nin farklı diz pozisyonlarının, dizin kaldırıldığı en yüksek noktadan elde edilen minimum ve maksimum açılarla sınırlandırmaktadır. Beş açılı hesaplamasının ortalaması da aynı satırda işaretlenir.

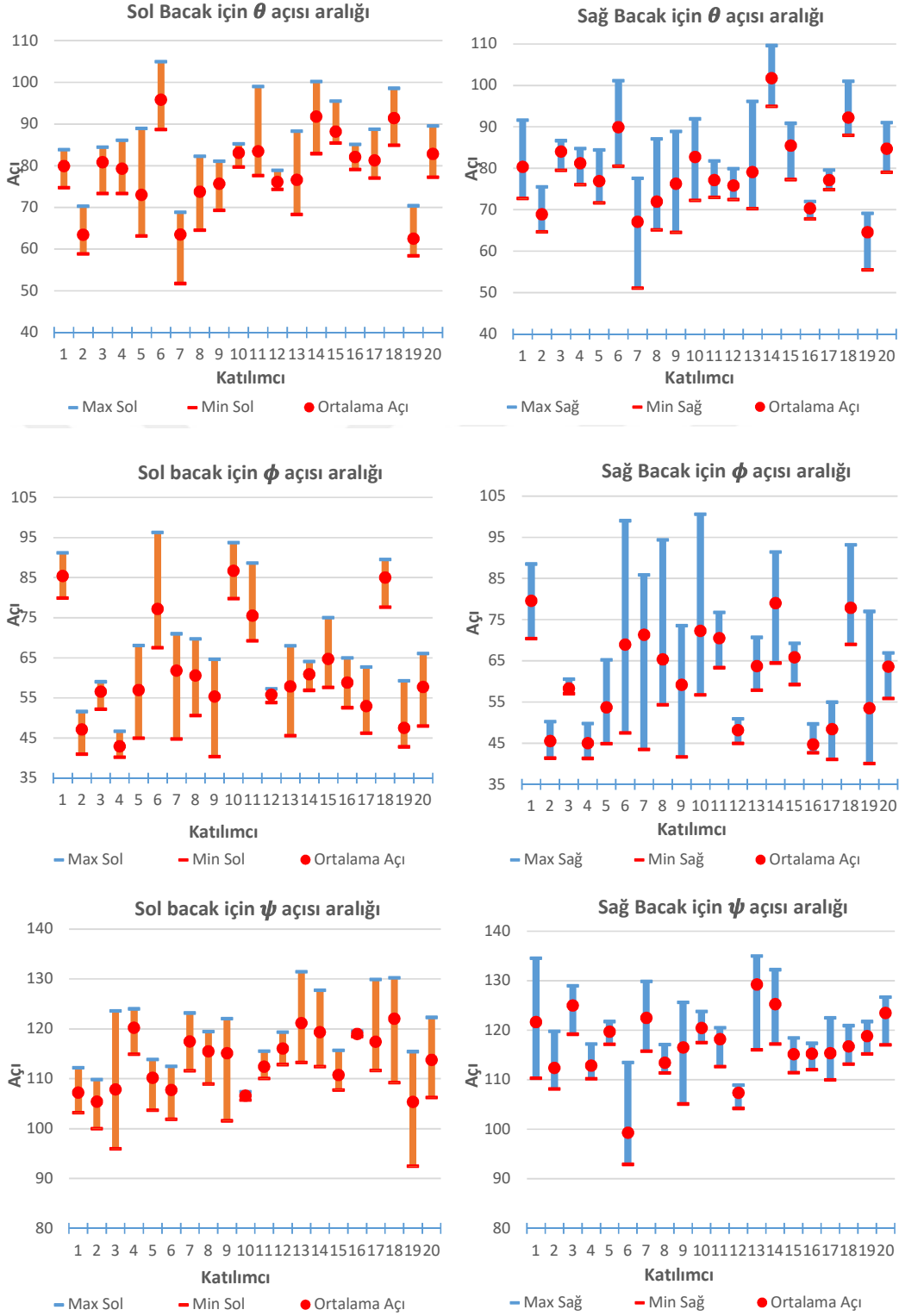


(a)



(b)

Şekil 5.2. (a) Sol dizin en yüksek noktadaki koordinatları ve (b) Sağ dizin en yüksek noktadaki koordinatları



Şekil 5.3. Her bir katılımcının doğru şekilde uyguladıkları beş YDÇH için kaldırılan dizin en yüksekteki pozisyonundan elde edilen açı aralığı

Her bir katılımcı için bir önceki bacak hareketi ile bir sonraki bacak hareketinin dizin kaldırıldığı tepe noktasındaki θ açısı ve ϕ açısı arasındaki ilişki testleri yapılmıştır. Bu testler için Pearson Korelasyonu kullanılmıştır. Pearson Korelasyonu, iki değişkenin kovaryanslarının,, standart sapmalarının çarpımına bölünmesiyle bulunur. İki değişken arasındaki doğrusal ilişkiyi ortaya çıkarmak ve bağımsızlık durumunu incelemek için kullanılır. Bir önceki sağ bacak hareketi ile bir sonraki sağ bacak hareketi arasındaki θ açısının ilişki testi Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Sağ bacak hareketi için ilişki testi

		sağ1	sağ3	sağ5	sağ7	sağ9
sağ1	Pearson Korelasyonu	1	,675**	,653**	,355	,460*
	Sig. (2-yönlü)		,001	,002	,125	,041
	N	20	20	20	20	20
sağ3	Pearson Korelasyonu	,675**	1	,827**	,738**	,755**
	Sig. (2-yönlü)	,001		,000	,000	,000
	N	20	20	20	20	20
sağ5	Pearson Korelasyonu	,653**	,827**	1	,610**	,725**
	Sig. (2-yönlü)	,002	,000		,004	,000
	N	20	20	20	20	20
sağ7	Pearson Korelasyonu	,355	,738**	,610**	1	,686**
	Sig. (2-yönlü)	,125	,000	,004		,001
	N	20	20	20	20	20
sağ9	Pearson Korelasyonu	,460*	,755**	,725**	,686**	1
	Sig. (2-yönlü)	,041	,000	,000	,001	
	N	20	20	20	20	20

** İlişki 0.01 düzeyinde önemlidir (2-yönlü).

* İlişki 0.05 düzeyinde önemlidir (2-yönlü).

Bir önceki sol bacak hareki ile bir sonraki sol bacak hareketi arasındaki arasındaki θ açısının ilişki testi Çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.2. Sol bacak hareketi için ilişki testi

		sol2	sol4	sol6	sol8	sol10
sol2	Pearson Korelasyonu	1	,665**	,727**	,694**	,523*
	Sig. (2-yönlü)		,001	,000	,001	,018
	N	20	20	20	20	20
sol4	Pearson Korelasyonu	,665**	1	,785**	,736**	,648**
	Sig. (2-yönlü)	,001		,000	,000	,002
	N	20	20	20	20	20
sol6	Pearson Korelasyonu	,727**	,785**	1	,707**	,685**
	Sig. (2-yönlü)	,000	,000		,000	,001
	N	20	20	20	20	20
sol8	Pearson Korelasyonu	,694**	,736**	,707**	1	,812**
	Sig. (2-yönlü)	,001	,000	,000		,000
	N	20	20	20	20	20
sol10	Pearson Korelasyonu	,523*	,648**	,685**	,812**	1
	Sig. (2-yönlü)	,018	,002	,001	,000	
	N	20	20	20	20	20

** İlişki 0.01 düzeyinde önemlidir (2-yönlü).

* İlişki 0.05 düzeyinde önemlidir (2-yönlü).

Yapılan testlere göre her bir katılımcının YDÇH'lerinin birbirleriyle ilişkili olduğu saptanmıştır.

θ açısının cinsiyet farklılıkları katılımcı testleri Çizelge 5.3'te gösterilmiştir. Buna göre YDÇH hareketi için sol bacak 10. harekette farklılık tespit edilmiştir. Bu farklılığın 20 kişi için ayrıştırıcı bir özellik olmadığı söylenebilir. Testler sonucu YDÇH cinsiyetler arası bir farklılık oluşturmamaktadır.

Çizelge 5.3. θ açısının cinsiyete göre farklılık testi

	Cinsiyet	Tekrar Sayısı	Ortalamalar	Standart Sapma	Ortalamanın Standart Hatası
sağ1	1	10	81,0796	8,26943	2,61502
	2	10	80,3459	11,74803	3,71505
sağ3	1	10	74,9442	11,14931	3,52572
	2	10	79,0165	11,10793	3,51263
sağ5	1	10	78,7040	11,24026	3,55448
	2	10	81,5650	11,38911	3,60155
sağ7	1	10	76,6334	8,35899	2,64335
	2	10	80,7548	12,64977	4,00021
sağ9	1	10	78,2554	8,03962	2,54235
	2	10	82,3878	11,94378	3,77695
sol2	1	10	75,4280	12,52858	3,96189
	2	10	79,0783	7,79418	2,46474
sol4	1	10	79,4033	11,35288	3,59009
	2	10	81,0715	11,41116	3,60853
sol6	1	10	79,0544	10,77701	3,40799
	2	10	83,0992	10,12332	3,20128
sol8	1	10	76,1103	9,92761	3,13939
	2	10	81,2768	9,88040	3,12446
sol10	1	10	74,2116	9,89551	3,12923
	2	10	83,6627	10,13214	3,20406

Cinsiyet 1: Kadın

Cinsiyet 2: Erkek

ϕ açısı için yapılan testlerde de cinsiyetler arasında bir farklılığa rastlanmamıştır. Bu katılımcı testleri Çizelge 5.4'de gösterilmiştir

Çizelge 5.4. ϕ açısının cinsiyete göre farklılık testi

	Cinsiyet	Tekrar Sayısı	Ortalamalar	Standart Sapma	Ortalamalar Standart Hatası
sağ1	1	10	67,1271	16,70688	5,28318
	2	10	59,0525	14,55407	4,60240
sağ3	1	10	58,3006	14,16364	4,47894
	2	10	61,4353	13,56707	4,29028
sağ5	1	10	65,2749	18,68553	5,90888
	2	10	61,4535	14,87293	4,70323
sağ7	1	10	59,1108	13,38699	4,23334
	2	10	63,2909	12,58654	3,98021
sağ9	1	10	59,5805	17,95206	5,67694
	2	10	62,2725	16,18997	5,11972
sol2	1	10	60,8910	14,43053	4,56333
	2	10	59,8118	9,65682	3,05375
sol4	1	10	64,2325	19,12141	6,04672
	2	10	60,6058	14,62805	4,62579
sol6	1	10	66,6505	16,76153	5,30046
	2	10	64,1093	12,64763	3,99953
sol8	1	10	60,2347	17,00412	5,37717
	2	10	60,8523	12,28776	3,88573
sol10	1	10	63,3110	15,69277	4,96249
	2	10	63,0730	12,46497	3,94177

Cinsiyet 1: Kadın

Cinsiyet 2: Erkek

Katılımcıların yaptığı 10 doğru YDÇH'de, dizin yükseldiği en tepe noktadaki θ , ϕ , ψ açılarının ortalamaları ($^{\circ}$ cinsinden) ve standart sapmaları, tüm katılımcılara, cinsiyet ve yaş farklılıklarına göre Çizelge 5.5-5.7'da sırasıyla verilmiştir.

Çizelge 5.5. θ açısı için hesaplamalar

İstatistikler	Kural 1 (θ)					
	Sağ Bacak		Sol Bacak		Her İki Bacak	
	Standart Sapma	Ortalama($^{\circ}$)	Standart Sapma	Ortalama($^{\circ}$)	Standart Sapma	Ortalama($^{\circ}$)
20 katılımcı	8,98	79,36	9,17	79,23	8,76	79,30
Sadece kadın katılımcılar	7,13	77,92	9,52	76,84	13,02	77,38
Sadece erkek katılımcılar	10,71	80,81	8,61	81,63	9,26	81,22
Yaş grubu (25-30)	7,06	76,29	8,03	74,49	7,39	75,39
Yaş grubu (31-36)	7,54	79,27	7,96	77,84	7,72	78,55
Yaş grubu (37-42)	5,13	71,52	10,52	75,62	7,33	73,57
Yaş grubu (43-48)	KATILIMCI YOKTUR					
Yaş grubu (49-54)	6,31	90,36	8,03	74,49	8,60	89,97
Yaş grubu (55-60) (bir katılımcı)	-	88,20	-	85,45	-	86,83

Çizelge 5.6. ϕ açısı için hesaplamalar

5	Kural 2 (ϕ)					
	Sağ Bacak		Sol Bacak		Her İki Bacak	
	Standart Sapma	Ortalama($^{\circ}$)	Standart Sapma	Ortalama($^{\circ}$)	Standart Sapma	Ortalama($^{\circ}$)
20 katılımcı	11,68	61,68	12,91	62,37	11,63	62,03
Sadece kadın katılımcılar	11,61	61,87	15,14	63,06	13,02	62,47
Sadece erkek katılımcılar	12,38	61,50	11,02	61,69	10,74	61,59
Yaş grubu (25-30)	14,23	62,14	16,33	62,41	15,14	62,27
Yaş grubu (31-36)	10,85	59,63	15,16	60,65	12,65	60,14
Yaş grubu (37-42)	14,43	54,77	4,51	57,88	8,88	56,32
Yaş grubu (43-48)	KATILIMCI YOKTUR					
Yaş grubu (49-54)	5,41	72,79	8,96	71,19	1,78	71,99
Yaş grubu (55-60) (bir katılımcı)	-	65,79	-	64,74	-	65,27

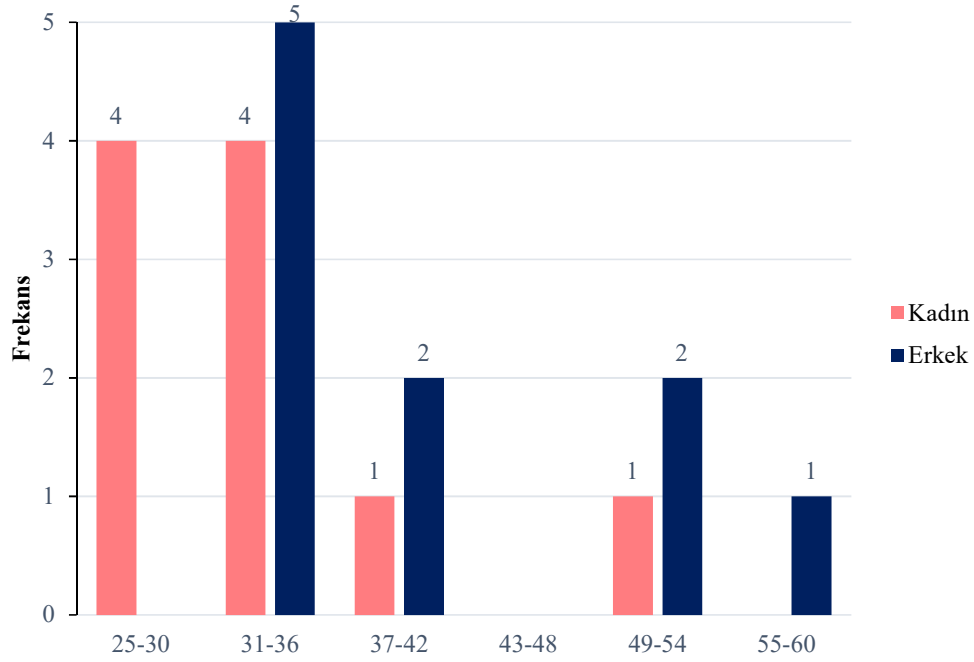
Çizelge 5.7. ψ açısı için hesaplamalar

İstatistikler	Kural 3 (ψ)					
	Sağ Bacak		Sol Bacak		Her İki Bacak	
	Standart Sapma	Ortalama(°)	Standart Sapma	Ortalama(°)	Standart Sapma	Ortalama(°)
20 katılımcı	6,73	117,40	5,56	113,50	4,68	115,45
Sadece kadın katılımcılar	7,41	116,35	5,24	111,30	4,57	113,82
Sadece erkek katılımcılar	6,19	118,46	5,19	115,70	4,41	117,08
Yaş grubu (25-30)	6,17	118,09	4,44	108,96	3,23	113,52
Yaş grubu (31-36)	6,21	118,32	6,14	114,47	4,22	116,40
Yaş grubu (37-42)	4,11	117,68	0,88	117,90	1,88	117,79
Yaş grubu (43-48)	KATILIMCI YOKTUR					
Yaş grubu (49-54)	13,42	114,22	3,23	113,13	9,48	113,68
Yaş grubu (55-60) (bir katılımcı)	-	115,12	-	110,71	-	112,92

5.3 Anket Verilerinin İstatiksel Değerlendirilmesi

Katılımcılardan egzersiz oyununu oynamaları ve ardından 1 ile 5 arasındaki Likert ölçeğinde 11 farklı soru / ifadeyi değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirilen sorular / ifadeler, toplanan cevaplarla birlikte aşağıdaki grafiklerde özetlenmiştir ve tartışılmıştır.

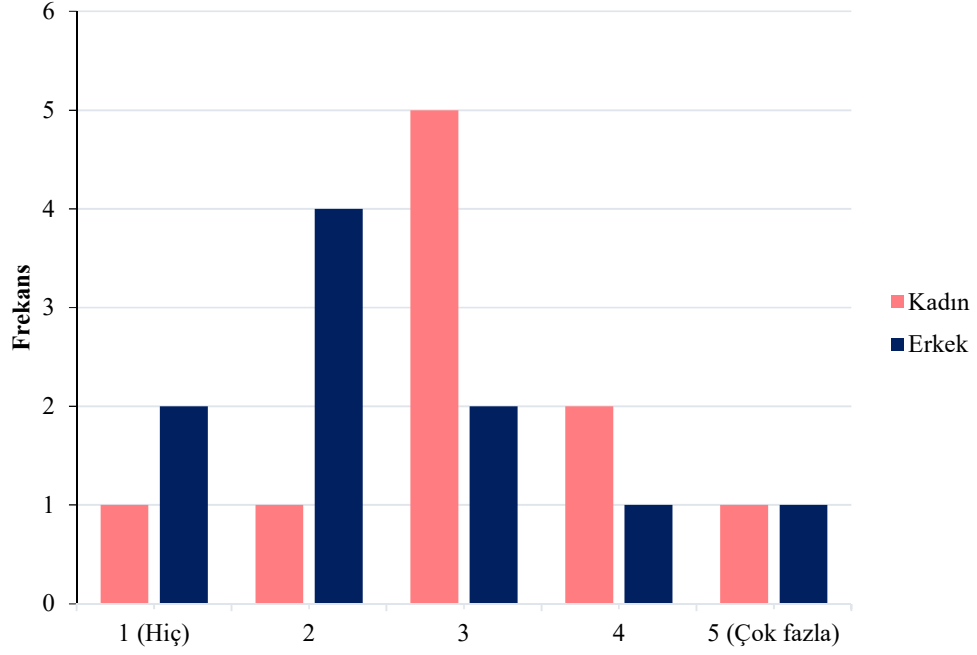
a) Deneye katılan kadın ve erkeklerin yaşlarına göre değerlendirilmesi: Kadın ve erkek katılımcıların yaş dağılımları Şekil 5.4'te verilmiştir. Kadın katılımcıların yaş, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri ile standart hata değerleri sırasıyla 27, 54, 34.2 ve 7.67 ve 2.42'dir. Erkek için karşılık gelen değerler sırasıyla 32, 57, 41 ve 9 ve 2.85'dir. 20 katılımcının yaş ortalaması 37,6'dır.



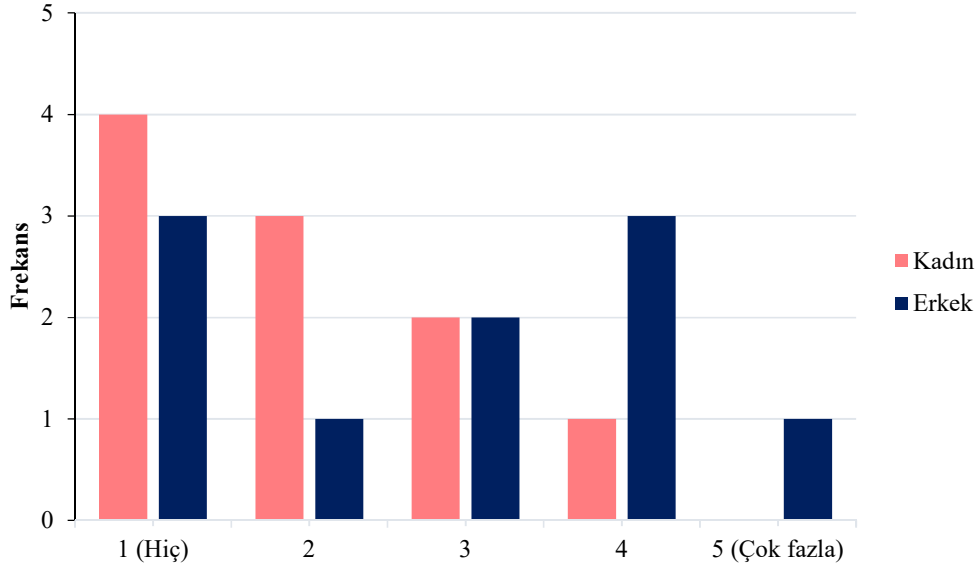
Şekil 5.4. Kadın ve erkek yaş grafiği

b) Deneye katılan kadın ve erkeklerin ne kadar sıklıkla fiziksel egzersiz hareketleri yaptıklarının değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılan ve rastgele seçilen kadın ve erkeklerin günde, uygulama sıklığı olarak, ne kadar sıklıkla fiziksel egzersiz hareketleri yaptıklarının frekans dağılımlarını gösteren histogram grafiği Şekil 5.5’de sunulmuştur. Buna göre uygulamaya katılan kadınların, erkeklere göre nispeten daha sıklıkla egzersiz yaptıkları ortaya çıkmaktadır.

c) Deneye katılan kadın ve erkeklerin ne kadar sıklıkla bilgisayar oyunu oynadıklarının değerlendirilmesi: Uygulamaya katılanların anket formlarında verdikleri cevaplara göre kadınların %40’ı ve erkeklerin %30’u hiç bilgisayar oyunu oynamamaktadır (Şekil 5.6). Ayrıca katılımcılar içerisinde erkeklerin %40’ı ve kadınların %10’u nispeten daha fazla oranda bilgisayar oyunu oynadıkları ortaya çıkmıştır. Buna göre erkeklerin bilgisayar oyunu oynama eğilimlerinin, kadınlara göre daha fazla oranda olduğu görülmüştür.



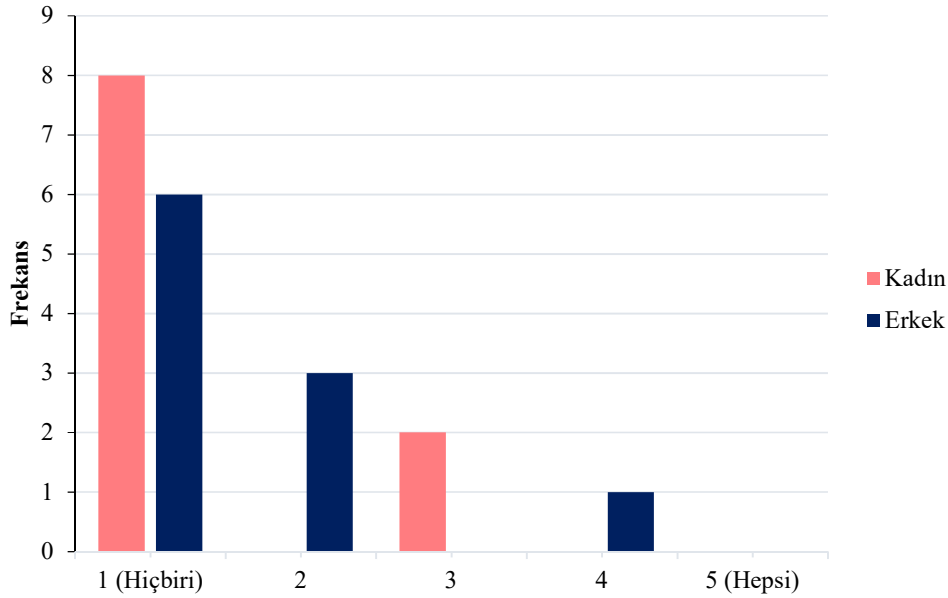
Şekil 5.5. Fiziksel egzersiz yapma sıklığı



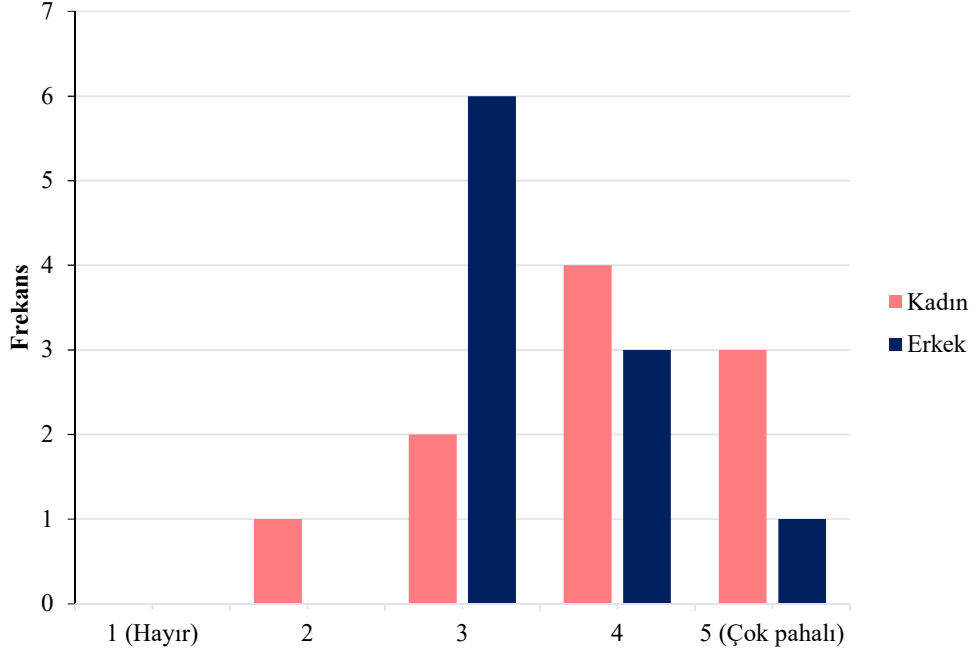
Şekil 5.6. Bilgisayar oyunları oynama sıklığı

ç) Deneye katılan kadın ve erkeklerin oynadığı oyunların ne kadarında, farklı bir aparat gerektiğinin değerlendirilmesi: Bu çalışma kapsamında uygulamaya katılıp anket formu dolduran kadınlardan %80'i ve erkeklerden %60'ı oynadıkları oyunlarda farklı bir aparata ihtiyaç duymamışlardır (Şekil 5.7). Bu durum tüm katılımcılar içinde %70'inin hiç farklı aparat kullanmadığının da bir göstergesidir. Diğer taraftan erkeklerden sadece %10'u oyun oynama sırasında farklı bir aparat kullanmışlardır. Bu durum, oyun oynama sırasında nispeten farklı aparatların kullanılmadığını ve bu sektördeki teknolojik gelişmelerin en azından uygulamaya katılan katılımcılar tarafından bilinmediğinin de bir göstergesi olarak alınabilir.

d) Fizik tedavi ücretleri hakkında anket dolduran kadın ve erkeklerin düşüncelerinin değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında anket dolduran kadınların erkeklerle göre fizik tedavi ücretlerini daha fazla oranda pahalı buldukları görülmüştür (Şekil 5.8). Diğer taraftan tüm katılımcıların %55'i tedavi ücretlerini pahalı-çok pahalı bulmuşlardır. Katılımcılar arasında fizik tedavi ücretlerini hiç pahalı bulmayan kadın ve erkeğin olmaması oldukça dikkat çekicidir.

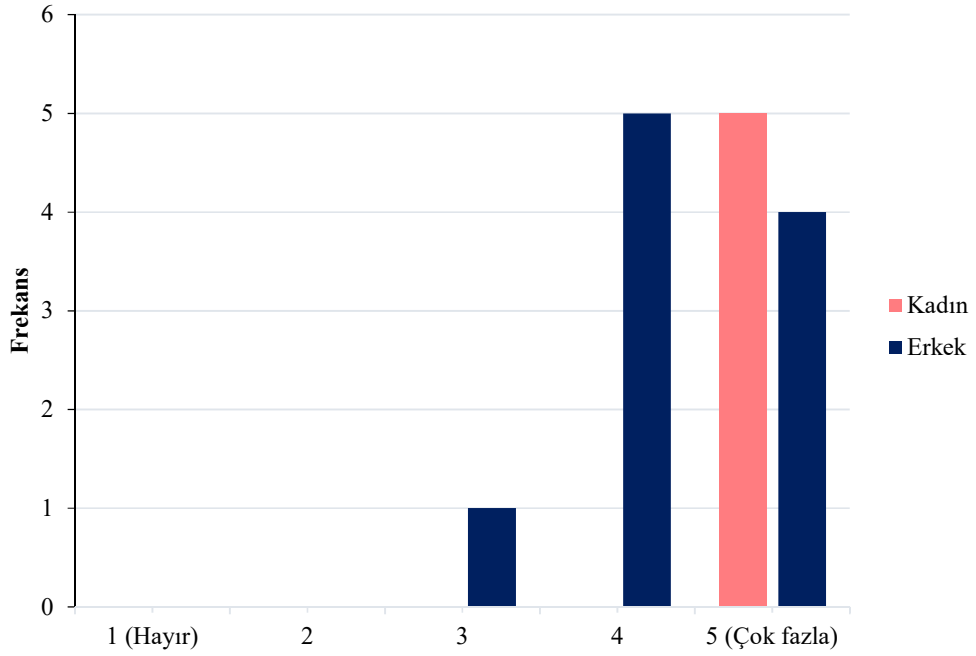


Şekil 5.7. Bir kontrolör dışındaki bir cihazla oyun oynama sıklığı



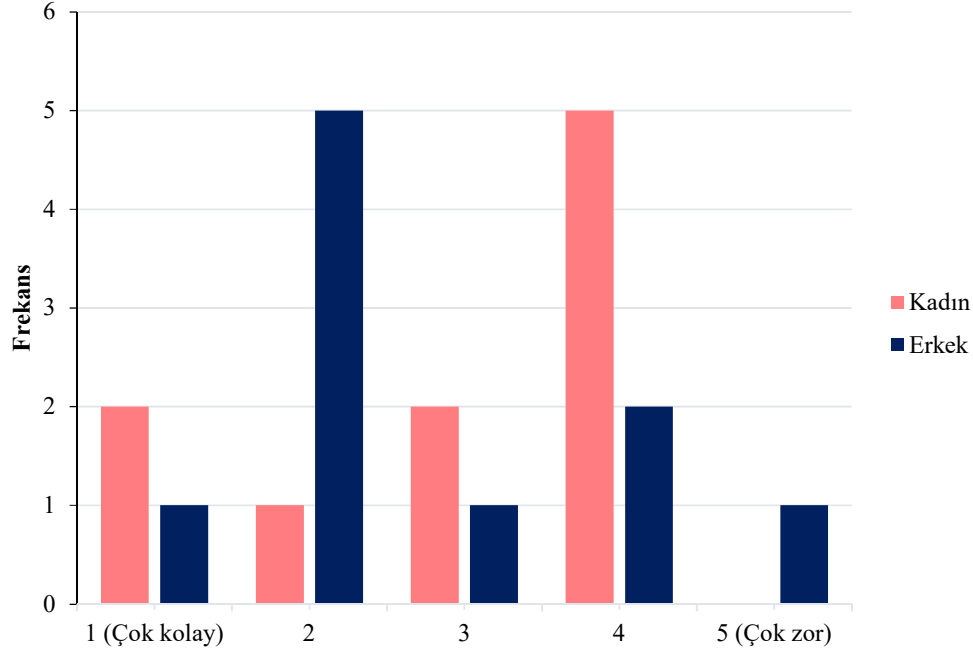
Şekil 5.8. Fiziksel terapi ücretleri hakkında düşünceler

e) **Oyunun eğlenceli olup olmadığının değerlendirilmesi:** Çalışma kapsamında uygulamaya katılıp anket formu dolduran kadınların tümü (%100) ve erkeklerin %90'ı oyunu fazla-çok fazla oranda eğlenceli bulmuşlardır (Şekil 5.9). Bu durum son derece ilgi çekicidir.



Şekil 5.9. Oyunun eğlenceli olup olmaması

f) Oyunun oynanabilirlik seviyesinin değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılan kadın ve erkeklerin anket formlarında verdikleri cevaplara göre kadınların %50'si oyunu zor ve %30'u kolay-çok kolay bulurken, erkeklerin kadınlardan farklı olarak %50'si oyunu kolay ve %30'u zor-çok zor bulmaktadır (Şekil 5.10).

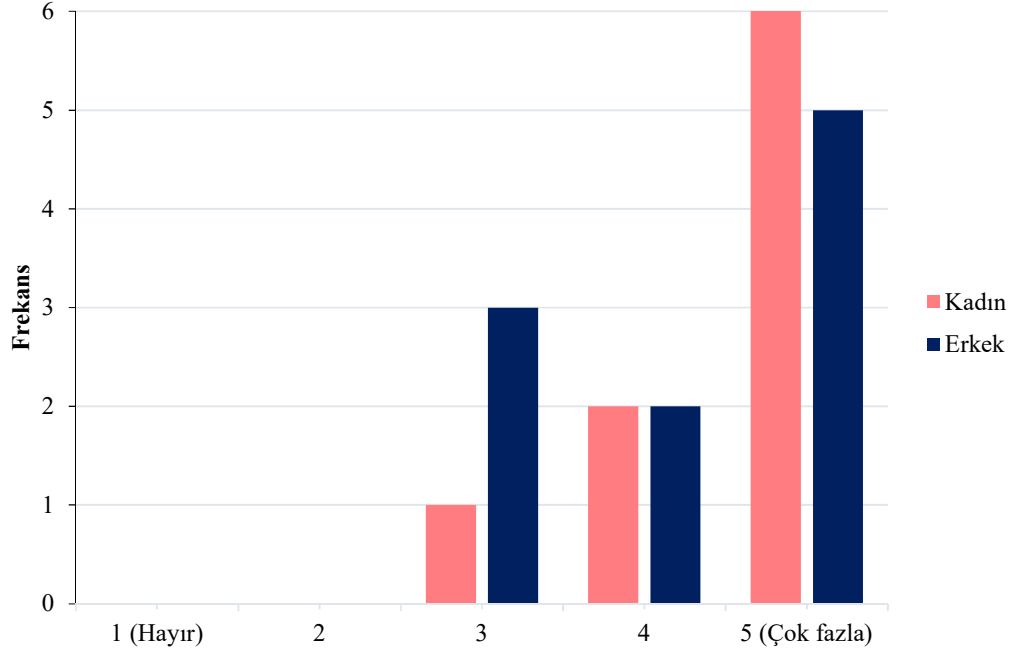


Şekil 5.10. Oyunun oynanabilirlik seviyesi

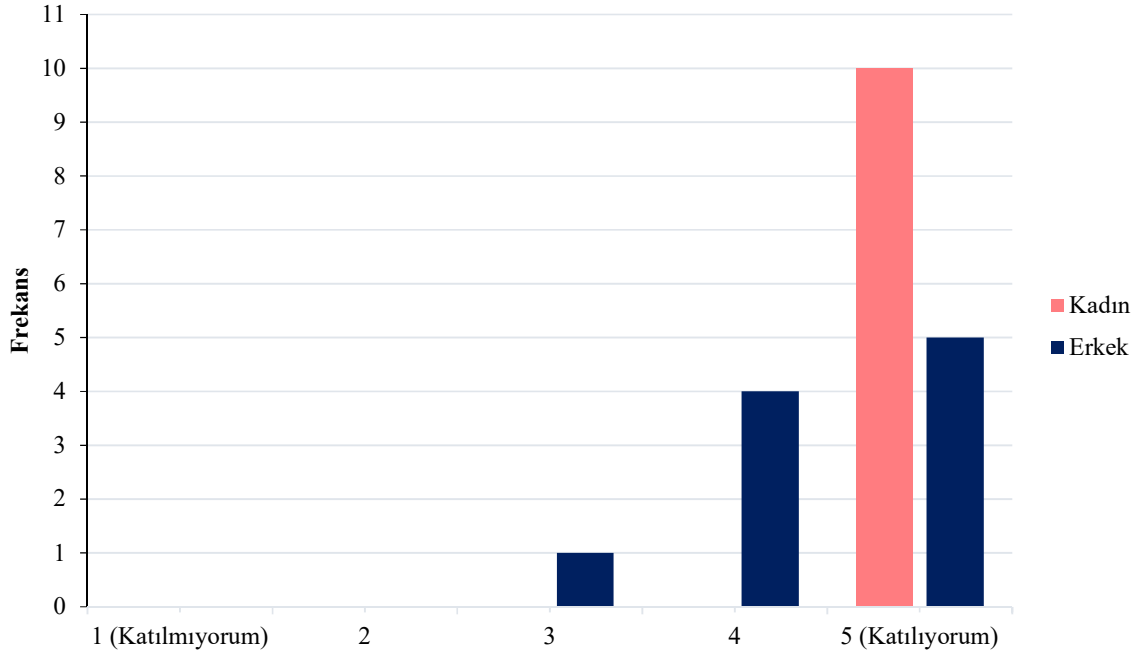
g) Oyunun daha çok oynanması için motive edici olup olmadığının değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılan kadın ve erkeklerin anket formlarında verdikleri cevaplara göre kadınların %90'ı ve erkeklerin %70'i oyunu motive edici bulmuşlardır (Şekil 5.11). Tüm katılımcıların %80'i ise oyunu fazla-çok fazla oranda motive edici bulmuşlardır. Diğer taraftan, oyun kadınlar tarafından nispeten daha fazla oranda motive edici olarak değerlendirilmiştir.

ğ) Oyundaki egzersiz hareketinin katılımcının iyi hissetmesini sağlayıp sağlamadığının değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında anket dolduran kadınların tümü ve erkeklerin %90'ı kendilerini iyi hissetmişlerdir (Şekil 5.12). Bu durumda tüm katılımcıların %95'i oyun oynama sonrası kendilerini iyi hissetmişlerdir. Bu durum dikkat çekicidir.

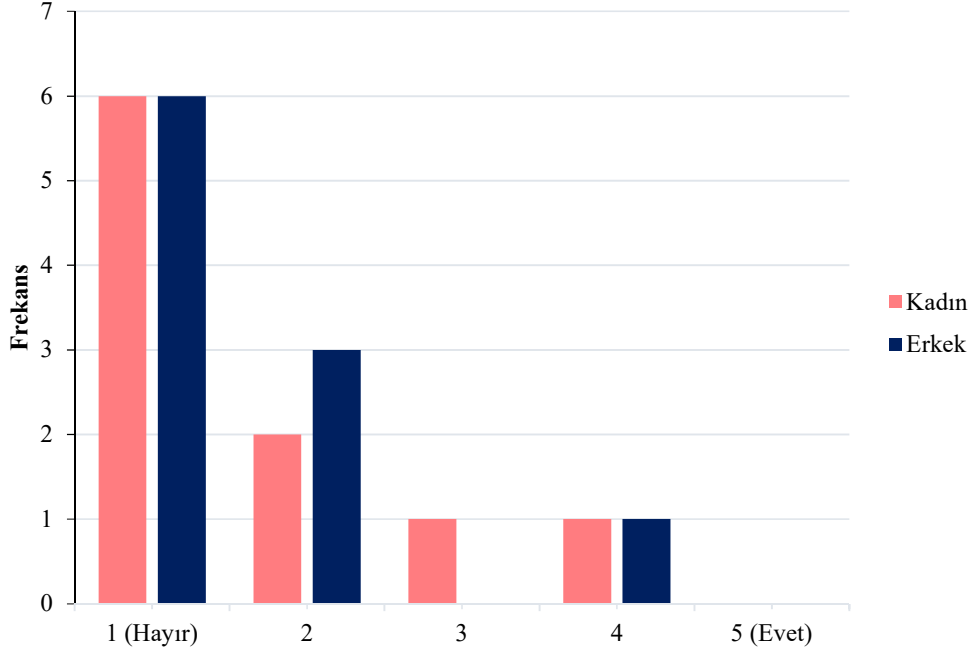
h) Oyunun nasıl oynandığını anlamadaki zorluk seviyesinin değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılıp anket dolduran kadınların ve erkeklerin %60'ı oyunu anlamamanın zor olmadığını ifade etmişlerdir (Şekil 5.13). Diğer taraftan tüm katılımcılar göz önüne alındığında uygulamaya katılanların %85'i oyunu kolayca anlamışlardır.



Şekil 5.11. Oyunun daha çok oynanması için motive edici olup olmadığı



Şekil 5.12. Oyundaki egzersiz hareketlerinin katılımcıyı iyi hissettirmesiyle ilgili düşünceler



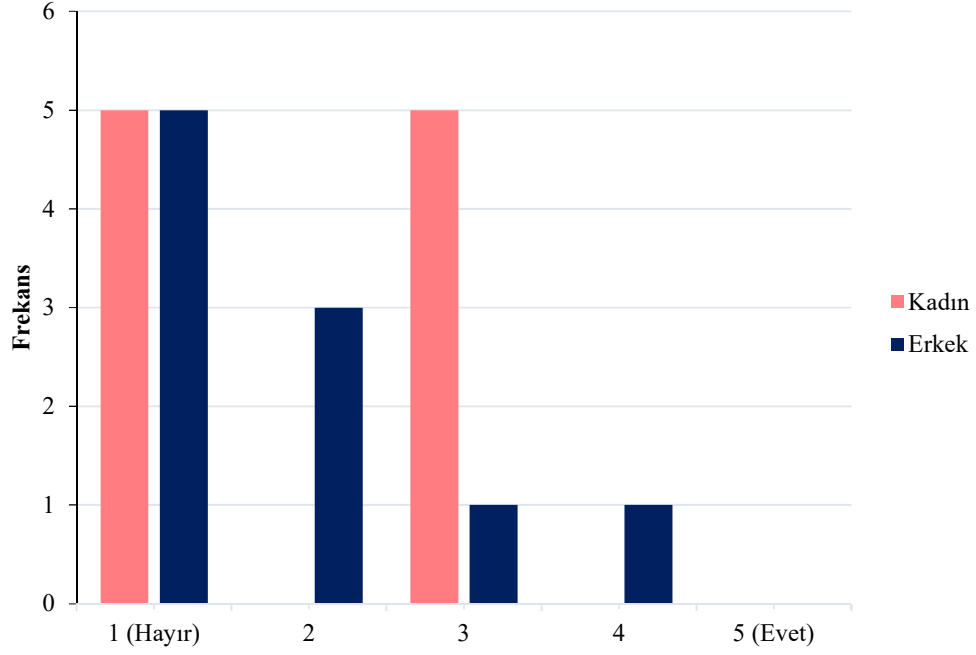
Şekil 5.13. Oyunun nasıl oynandığını anlamadaki zorluk seviyesi

i) Oyun kontrolünün zorluğunun değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılıp anket dolduran kadınların %50'si ve erkeklerin nerdeyse %80'i oyunun kontrolünün zor olmadığını beyan etmişlerdir (Şekil 5.14). Diğer taraftan kadınların %50'si oyunun kontrolünün değerlendirmesinde zor ve kolay arasında kalmışlardır.

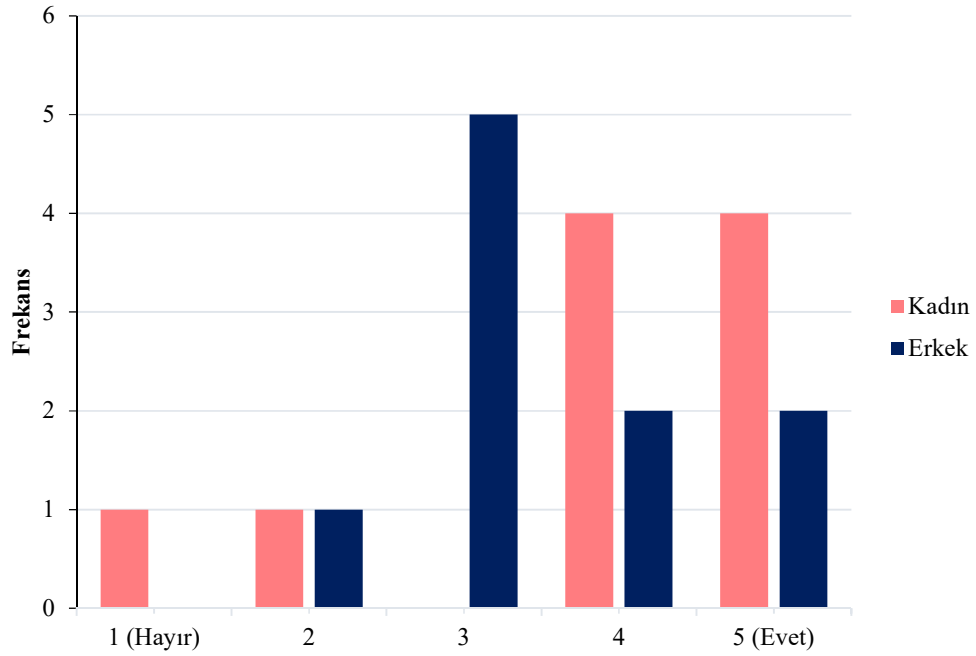
i) Oyundaki egzersiz hareketinin oyun öncesinde yapılışının doğru/yanlış şeklinde değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılıp anket dolduran kadınların %80'i ve erkeklerin %40'i egzersiz hareketini yanlış yaptığını fark etmişlerdir (Şekil 5.15). Diğer taraftan erkeklerin %50'si yanlış-doğru yaptığı konusunda karar veremezken kadınların %10'u egzersiz hareketini doğru yaptığını ifade etmiştir.

j) "Oyunda hangi özellikler olsun isterdiniz" sorusunun değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılan ve anket dolduran 10 kadın ve 10 erkek bu soruyu cevaplamıştır. Bu soruya verilen yakın öneriler gruplandırılmıştır (Çizelge 5.8). Bu çizelgeye göre kadın ve erkeklerin %50'si farklı hareketlerin eklenmesini talep etmektedir. Ayrıca, erkeklerin %30'u tarafından oyun içerisinde çevre ve figürlerin değişmesi gerektiği talep edilmiştir.

k) "Oyunu oynarken en çok hangi aşamada zorlandınız" sorusunun değerlendirilmesi: Çalışma kapsamında uygulamaya katılan ve anket dolduran 10 kadın ve 9 erkek bu soruyu cevaplamıştır. Bu soruya verilen yakın öneriler, benzer şekilde gruplandırılmıştır (Çizelge 5.9). Bu çizelgeye göre kadınların %50'si ve erkeklerin %39'u oyun hızlandığında zorlandığını ifade etmiştir. Ayrıca, erkeklerin %30'u bacaklarını dik yukarı çekmede zorlandığını beyan etmişlerdir.



Şekil 5.14. Oyun kontrolünün zorluğuyla ilgili düşünceler



Şekil 5.15. Oyunu oynamanın katılımcıya daha önce YDÇH'yi yanlış yaptığını fark ettirmesi

Çizelge 5.8. " Oyunda hangi özellikler olsun isterdiniz?" sorusuna verilen yanıtların kadın ve erkeğe göre dağılımı.

	Kadın	Erkek
1) Oyunda farklı hareketler eklenebilir	5	5
2) İlk ve ikinci oyun arasındaki hız farkı çok fazla, azaltılabilir	1	
3) Puan aldıkça ödüllendirme olabilir	1	
4) Zorluk seviyesi 1 seviye daha arttırılabilir	1	
5) İnternet üzerinden paylaşım yapılabilir	1	
6) İki veya daha fazla kişiyle de oynanabilir	1	3
7) Çevre ve figür değişebilir		1
8) Oyun süresinin daha uzun olabilir		1

Çizelge 5.9. "Oyunu oynarken en çok hangi aşamada zorlandınız?" sorusuna verilen yanıtların kadın ve erkeğe göre dağılımı.

	Kadın	Erkek
1) Oyun hızlandığında zorlandım	5	3
2) Engellerin net olamamasında zorlandım	1	
3) Bacak/sensör açısını ayarlamakta zorlandım	2	1
4) Engellerin sağdan veya soldan geldiğini anlamakta zorlandım	1	1
5) Test aşamasında zorlandım	1	
6) Dizi dik yukarı kaldırma sırasında zorlandım		3
7) Çok uzun oynayınca yorulmaya başladım		1
8) Cevapsız		1

6. SONUÇLAR VE GELECEKTE YAPILABİLECEK ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, bir video oyunu ortamında “Yerinde Diz Çekme Hareketi” (YDÇH) egzersizlerinin düzenli performansını motive etmeyi amaçlayan bir egzersiz oyunu olan Knee Up sunulmuştur. Literatür bilgilerine göre, Knee Up bu özel egzersiz için tasarlanan ilk egzersiz oyunudur.

Knee Up egzersiz oyununu yetişkinler için ev kullanımında etkili ve erişilebilir hale getirmenin önemli olduğu düşünülmüştür. Sistem, kural tabanlı tanıma modülü, hareket yakalama modülü ve 3B grafik yapısı gibi gerçek zamanlı olarak birlikte çalışması gereken parçalara sahip olsa da genel uygulama, modern sistemlerin çoğunda sorunsuz bir şekilde çalışacak şekilde düzenlenmiştir. Bu nedenle, Knee Up egzersiz oyunu ev kullanıcıları için piyasaya sürülmeye hazırdır, çünkü bir bilgisayar haricinde, oyunu oynamak için gerekli olan tek ekipman ekonomik bir şekilde fiyatlandırılabilen Kinect sensörüdür.

Kural tabanlı tanıma algoritması, yüksek doğrulukta ve kapsamlı hesaplama kaynaklarına gerek duymadan, gerçek zamanlı olarak çalışırken istenilen tasarım kriterlerini karşılamaktadır. Algoritma için, birincisi statik yerinde duruş pozisyonu (YDP) ve ikincisi dinamik YDÇH'ler olmak üzere iki grup kural geliştirilmiştir. XML formatındaki bu kuralları kodlamak için bir hareket tanımlama dili de geliştirilmiştir. Bu nedenle, farklı egzersiz hareketlerinin tanınması için kurallar gelecekte sisteme kolaylıkla eklenebilir.

20 katılımcı ile gerçekleştirilen bir kullanıcı çalışması aracılığıyla, çeşitli yaş gruplarındaki yetişkinler tarafından Knee Up egzersiz oyununun kullanılabilirliği doğrulanmıştır (Şekil 15). Çalışma örneği, istekli bilgisayar oyunu oynayan oyunculardan nadiren oynayana, çok sayıda yetişkin kullanıcıyı temsil etmektedir (Şekil 17). Çalışmada, Knee Up'ın genellikle egzersiz yapmak için eğlenceli, öğrenmesi ve kullanımı kolay ve motive edici olduğu bulunmuştur (Şekil 20, 24, 25 ve 22 sırasıyla). Çalışmanın sonuçları, kurallara dayalı tanıma algoritmasının, katılımcıların hiçbirini hayal kırıklığına uğratmadığı gibi yüksek hassasiyete sahip olduğunu doğrulamaktadır (Şekil 20) ve katılımcılar oyunu oynamayı zor bulmamışlardır (Şekil 25). Diz sakatlığı olan bireylerde, fiziksel rehabilitasyon programı dahilinde Knee Up'ın etkinliği, önceki ve / veya devam eden diz problemleri olanları da kapsayacak şekilde daha geniş bir örneklemeyi içermek üzere ayrı bir çalışma ile test edilmesinde/doğrulanmasında yarar görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Zhao, W., Feng, H., Lun, R., Espy, D.D., ve Reinthal, M.A., A kinect-based rehabilitation exercise monitoring and guidance system: *Proceedings of the 5th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science*, 24-29 June, Beijing, China, Article number 6933678, 762-765, **2014**.
- [2] Zhao, W., Reinthal, M.A., Espy, D.D., ve Luo, X., Rule-based human motion tracking for rehabilitation exercises: realtime assessment, feedback, and guidance, *IEEE Access*, 5, Article number 8060974, 21382-21394, **2017**.
- [3] McCallum, S., Gamification and serious games for personalized health, *Studies in Health Technology and Informatics*, 177, 85-96, **2012**.
- [4] Wattanasoontorn, V., Boada, I., Garcia, R., ve Sbert, M., Serious games for health, *Entertainment Computing*, 4, 231-247, **2013**.
- [5] Doyle, J., Kelly, D., Patterson, M., ve Caulfield, B., The effects of visual feedback in therapeutic exergaming on motor task accuracy: *International Conference on Virtual Rehabilitation (ICVR)*, 27-29 June, Zurich, Switzerland 1-5, **2011**.
- [6] Hachaj, T., ve Ogiela, M.R., Rule-based approach to recognizing human body poses and gestures in real time, *Multimedia Systems*, 20, 81-99, **2014**.
- [7] Anonim, Exergaming, <https://www.wikiwand.com/en/Exergaming>. (Mayıs, 2018).
- [8] Lun, R., ve Wenbing, Z., A survey of applications and human motion recognition with microsoft kinect, *International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence*, 29, Article number 1555008, 1-48, **2015**.
- [9] Saenz-de, U., Garcia, Z.B., ve Mendez, Z.A., Elderly user experience to improve a Kinect-based game playability, *Behaviour & Information Technology*, 34, 1040-1051, **2015**.
- [10] Saenz-de, U.Z., ve Garcia-Zapirain, S.B., Kinect-based virtual game for the elderly that detects incorrect body postures in real time, *Sensors*, Article number 704, 1-15, **2016**.
- [11] Anton, D., Goni, A., ve Illarramendi, A., Exercise recognition for kinect-based telerehabilitation, *Methods of information in medicine*, 54, 145-155, **2015**.
- [12] Zhao, W., A concise tutorial on human motion tracking and recognition with Microsoft Kinect, *Science China Information Sciences*, 59, Article number 93101, 1-5, **2016**.
- [13] Pirovano, M., Surer, E., Mainetti, R., Lanzi, P.L., ve Borghese, N.A., Exergaming and rehabilitation: a methodology for the design of effective and safe therapeutic exergames, *Entertainment Computing*, 14, 55-65, **2016**.

- [14] Saposnik, G., Mamdani, M., Bayley, M., Thorpe, K.E., Hall, J., Cohen, L.G., ve Teasell, R., Effectiveness of virtual reality exercises in stroke rehabilitation (EVREST): rationale, design, and protocol of a pilot randomized clinical trial assessing the Wii gaming system, *International Journal of Stroke*, 5, 47-51, **2010**.
- [15] Deutch, J.E., Robbins, D., Morrison, J. ve Bowlby, P.G., Wii-based compared to standard of care balance and mobility rehabilitation for two individuals post-stroke: *Virtual Rehabilitation International Conference*, 29 June- 2 July, Haifa, Isreal, Article number 5174216, Pages 117-120, **2009**.
- [16] Chye, C., *An Exergame for encouraging martial arts*, Yüksek Lisans Tezi, Waseda University, Graduate School of Fundamental Science and Engineering, Department of Computer Science, **2013**.
- [17] Anonim, Microsoft Kinect Sensor applications in health and medicine, <https://blogs.msdn.microsoft.com/healthblog/2014/01/10/microsoft-kinect-sensor-applications-in-health-and-medicine/> (Mayıs, 2018).
- [18] Anonim, Microsoft kinect powers the military's virtual training regimen, <https://fedtechmagazine.com/article/2014/01/microsoft-kinect-powers-militarys-virtual-training-regimen> (Mayıs, 2018).
- [19] Borghese, N.A., Pirovano, M., Lanzi, P.L., Wüest, S. ve de Bruin, E.D., Computational intelligence and game design for effective at-home stroke rehabilitation, *Games for Health Journal*, 2, 81-88, **2013**.
- [20] Rego, P., Moreira, P.M. ve Reis, L.P., Serious games for rehabilitation a survey and a classification towards a taxonomy: *Proceedings of the 5th Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, 16-19 June, Santiago de Compostela; Spain, Article number 5556674, **2010**.
- [21] Pirovano, M., Mainetti, R., Baud-Bovy, G., Lanzi, P.L., ve Borghese, N.A., Self-adaptive games for rehabilitation at home: *IEEE Conference on Computational Intelligence and Games*, 11-14 September, Granada, Spain, Article number 6374154, 179-186, **2012**.
- [22] Anonim, Adventures in motion capture: using kinect data (Part 2), <http://www.sealeftstudios.com/blog/blog20160708.php> (Şubat, 2018).
- [23] Anonim, EyeToy kinetic, <http://www.theisozone.com/covers/ps2/eyetoy-kinetic-usa-dvd-sleeve-ps2/> (Mayıs, 2018).
- [24] Anonim, Kinect, <https://www.wikiwand.com/en/Kinect> (Mayıs, 2018).
- [25] Anonim, Unity (game engine), [https://www.wikiwand.com/en/Unity_\(game_engine\)](https://www.wikiwand.com/en/Unity_(game_engine)) (Mayıs, 2018).
- [26] Anonim, Learning the interface, <https://docs.unity3d.com/Manual/LearningtheInterface.html> (Mayıs, 2018).

- [27] Küçükakarsu, M., Anatomik duruş, düzlem ve eksenler, <https://www.kucukakarsu.net/anatomik-durus-duzlem-ve-eksenler> (Mayıs, 2018).
- [28] Winter, D. A., Human balance and posture control during standing and walking, *Gait and Posture*, 3, 193-214, **1995**.
- [29] National Center on Health, Physical Activity and Disability, <https://www.nchpad.org/> (Şubat, 2018).
- [30] Van Diest, M., *Developing an exergame for unsupervised home-based balance training in older adults*, Doktora Tezi. University of Groningen, **2016**.
- [31] Kutsal, A. A., ve Muluk, Z., *Uygulamalı temel istatistik*, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, **1972**.
- [32] Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., ve Ye, K., *Probability and statistics for engineers and scientists*, Macmillan Publ., New York, **1993**.

EK-1 KATILIMCI OYUN DENEYİM



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ

BİLGİSAYAR GRAFİĞİ ANABİLİM DALI

MICROSOFT KINECT TABANLI İZLEME VE UNİTY OYUN MOTORUNU
KULLANARAK HAZIRLANAN YERİNDE DİZ ÇEKME HAREKETİ EGZERSİZ
OYUNU: KNEE UP

Ad Soyad:

Cinsiyet:

Yaş:

SORULAR:

1. Ne kadar sıklıkla fiziksel egzersiz hareketleri yapıyorsunuz? (Günde/Uygulama sıklığı)
Hiç 1 2 3 4 5 Çok Fazla
2. Ne kadar sıklıkla bilgisayar oyunu oynuyorsunuz (Günde/Uygulama sıklığı)?
Hiç 1 2 3 4 5 Çok Fazla
3. Oynadığınız oyunların ne kadarı, farklı bir aparat gerektiriyor?
Hiçbiri 1 2 3 4 5 Hepsi
4. Herhangi bir diz sakatlığınız var mı?
Var Yok
5. Fizik tedavi ücretlerini pahalı buluyor musunuz?
Hayır 1 2 3 4 5 Çok Pahalı

6. Oyunu eğlenceli buldunuz mu?
Hayır 1 2 3 4 5 Çok Fazla

7. Oyunun oynanabilirliğini nasıl değerlendirirsiniz?
Çok Kolay 1 2 3 4 5 Çok Zor

8. Oyun daha çok oynayabilmeniz için motive edici mi?
Hayır 1 2 3 4 5 Çok Fazla

9. Oyundaki egzersiz hareketi iyi hissetmemi sağladı.
Katılmıyorum 1 2 3 4 5 Katılıyorum

10. Oyunun nasıl oynandığını anlamak zordu.
Hayır 1 2 3 4 5 Evet

11. Oyunun kontrolü zordu.
Hayır 1 2 3 4 5 Evet

12. Oyundaki egzersiz hareketini bu oyun sayesinde daha önce yanlış yaptığımı gördüm.
Hayır 1 2 3 4 5 Evet

13. Oyunda hangi özellikler olsun isterdiniz?

.....
.....

14. Oyunu oynarken en çok hangi aşamada zorlandınız?

.....
.....

ÖZGEÇMİŞ

Kimlik Bilgileri

Adı Soyadı: Damla Kızıldaş

Doğum Yeri: Ankara

E-posta: kzltsdamla@gmail.com

Adres: Koru Mahallesi Oyak 10 Sitesi 4/5 No:21 Çayyolu/Çankaya/Ankara

Eğitim

Yüksek Lisans: Hacettepe Üniversitesi Bilgisayar Animasyonu ve Oyun Teknolojileri

Lisans: Başkent Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği

Lise: Mehmet Emin Resulzade Anadolu Lisesi

Yabancı Dil ve Düzeyi

-İngilizce: Çok İyi

-Almanca: Orta

-Fransızca: Başlangıç

İş Deneyimi

08/2012- Hacettepe Üniversitesi (Öğretim Görevlisi)

04/2012- 08/2012 Atılım Üniversitesi (Araştırma Görevlisi)

06/2011 – 04/2012 Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Uzaktan Eğitim Merkezi (Uzman)

2009 – 2011 TÜBİTAK / ULAKBİM

02/2008 – 10 /2008 Krono Bilgisayar Sistemleri

Deneyim Alanları

-Yazılım, Network

Tezden Üretilmiş Projeler ve Bütçesi

-

Tezden Üretilmiş Yayınlar

-

Tezden Üretilmiş Tebliğ ve/veya Poster Sunumu ile Katıldığı Toplantılar

- Kızıltaş, D.,Çelikcan, U., 2018. Knee- Up: An exercise game for standing knee raises by motion capture using RGB-D data. Smart Tools and Application in Graphics(STAG), Accepted for presentation, 18-19 October Brescia,Italy.



HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ
BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ
BİLGİSAYAR GRAFİĞİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞI'NA

Tarih:04/09/2018

Tez Başlığı / Konusu: RGB-D verilerine dayanarak hareket yakalama tabanlı yerinde diz çekme egzersiz oyunu: Knee Up


Yukarıda başlığı/konusu gösterilen tez çalışmamın a) Kapak sayfası, b) Giriş, c) Ana bölümler ve d) Sonuç kısımlarından oluşan toplam 67 sayfalık kısmına ilişkin, 04/09/2018 tarihinde tez danışmanım tarafından *turnitin* adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 3'tür.

Uygulanan filtrelemeler:

- 1- Kaynakça hariç
- 2- Alıntılar hariç/dâhil
- 3- 5 kelimededen daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

Hacettepe Üniversitesi Bilişim Enstitüsü Tez Çalışması Orjinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Uygulama Esasları'nı inceledim ve bu Uygulama Esasları'nda belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini saygılarımla arz ederim.


Tarih ve İmza
04/09/2018

Adı Soyadı: DAMLA KIZILTAŞ

Öğrenci No: N15127227

Anabilim Dalı: Programı: Bilgisayar Grafîği / Bilgisayar Animasyonu ve Oyun Teknolojileri

Statüsü: Y.Lisans Doktora Bütünleşik Dr.

DANIŞMANONAYI

UYGUNDUR.



Dr.Ögr.Üyesi Ufuk ÇELİKCAN
(Unvan, Ad Soyad, İmza)