

SES TERAPİSİ İÇİN ÇOKLU KIPLI DESTEK SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hasan Can AYDAN

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2019

SES TERAPİSİ İÇİN ÇOKLU KIPLI DESTEK SİSTEMİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Hasan Can AYDAN
(504161541)**

Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı

Bilgisayar Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İnce

HAZİRAN 2019

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504161541 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Hasan Can AYDAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “SES TERAPİSİ İÇİN ÇOKLU KİPLİ DESTEK SİSTEMİ” başlıklı tezini aşağıdaki imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İnce**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Dr. Öğr. Üyesi Gökhan İnce**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Mustafa Ersel Kamaşak
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç.Dr. Songül Varlı
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **03 Mayıs 2019**
Savunma Tarihi : **13 Haziran 2019**





Aileme,



ÖNSÖZ

Beni yüksek lisans yapmaya teşvik eden ve bu süreçte benden desteğini esirgemeyen İsmail Koçak ve Akife Nilüfer Eğrican hocalarıma; ayrıca bilgisi ve tecrübesiyle bana daima destek olmuş olan danışman hocam Gökhan İnce'ye teşekkürü bir borç bilirim. Kendileri gibi değerli insanlarla çalışma fırsatı yakalamış olmak benim için büyük bir övünç ve gurur kaynağıdır.

Bana emek verip bugünlere getiren ve her zaman yanımda olan aileme de teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019

Hasan Can AYDAN
(Bilgisayar Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı.....	1
1.2 Literatür Araştırması	2
1.2.1 Hareket yakalama sistemleri.....	2
1.2.2 Ses kalitesi - postür ilişkisi	3
1.2.3 Kullanıcı deneyimi	3
1.3 Tezin Organizasyonu	5
2. ÇOKLU KIPLİ DESTEK SİSTEMİ	7
2.1 Postür Değerlendirme	7
2.2 Ses Özniteliği Çıkarma.....	9
2.3 Ses Yerleşimi	9
2.4 Görselleştirme Arayüzü.....	10
3. DENEYLER VE SONUÇLAR.....	15
3.1 Yazılım ve Donanım	15
3.1.1 Yazılım.....	15
3.1.2 Donanım	16
3.2 Kullanıcı Deneyleri.....	17
3.3 Sonuçlar	19
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	25
KAYNAKLAR.....	29
EK A.1	33
ÖZGEÇMİŞ	35

KISALTMALAR

BVH	: Bio-Vision Hierarchy
DDR3	: Double data rate type three SD RAM
F0	: Fundamental Frequency
HMI	: Human-Machine Interface
IDE	: Integrated Development Environment
RAM	: Random Access Memory
SDK	: Software Development Kit
SPI	: Soft Phonation Index
vF0	: Variance of Fundamental Frequency
VTI	: Voice Turbulance Index



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 : Ses terapisi için çoklu kipli destek sistemi	7
Şekil 2.2 : Sağa yerleştirilmiş ses için sol ve sağ mikrofon spektrogramları.....	10
Şekil 2.3 : Kullanıcı arayüzü.....	11
Şekil 2.4 : Kayıt almak için kullanılan alan ve düğmeler	12
Şekil 2.5 : Kaydı oynatmak için kullanılan alan ve düğmeler	13
Şekil 3.1 : Giyilebilir hareket yakalama sistemi	16
Şekil 3.2 : Sistemin kullanımı	17
Şekil 3.3 : Sistem yerleşimi	18
Şekil 3.4 : Anket sonuçları.....	20
Şekil 3.5 : Anket sonuçlarının ortalama ve standart sapması	21
Şekil 3.6 : Anket sonuçlarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi	22
Şekil 3.7 : Deneklerin sorulara verdikleri yanıtlar.....	23



SES TERAPİSİ İÇİN ÇOKLU KIPLI DESTEK SİSTEMİ

ÖZET

Ses, günümüzde insanların hayatının her alanında kullanılan birincil iletişim aracıdır. Teknolojinin gelişmesiyle yazı gibi alternatif iletişim yöntemleri gelişmekte olsa da sesli iletişimin etkinliği seviyesine gelememiştir. İletilmek istenen mesajın önemi arttıkça sesli iletişim ihtiyacı artmaktadır. Bazı durumlarda telefon üzerinden sesli iletişim bile yetersiz kalmakta ve yüzyüze konuşma gereği hissedilmektedir.

Kişinin postürünün ilk izlenime etki etmesinin yanında direk olarak ses kalitesi üzerinde de etkisi vardır. Postürün iyi olması kaliteli ses çıkarmaya yardımcı olduğundan sesin profesyonelce kullanıldığı durumlarda postürün düzgün olması önem kazanmaktadır. Profesyonel ses kullanıcıları postürleri ile seslerini yerleştirme yani bir tarafa dönmeden seslerini oraya odaklayabilme yetisine sahiptirler. Bu yetenek kazanılabilir olup bu çalışmada tasarlanan sistemin amacını oluşturmaktadır.

Çalışmamızda bir ses terapistine, kişinin postürünü düzeltme ve ses yerleştirmeye yönelik terapilerinde yardımcı olacak bir geri bildirim sistemi tasarlanmıştır. Sistem bir hareket yakalama sistemi ile kullanıcının postürüne, mikrofon dizisi ile kullanıcının ses yerleşimine yönelik geri bildirimler vermektedir. Mümkün olduğunca az gecikme, güvenilirlik, açıklık, gürbüzlük ve parçalılık sistemin sahip olmasının hedeflendiği özelliklerden bazılarıdır. Bunun yanında en yüksek seviyede kullanıcı deneyimi sağlayacak bir arayüz tasarlanmıştır. Kullanıcı deneyimi bu tür uygulamalarda yüksek öneme sahip olduğundan bu konu, ses yerleşimi ile birlikte çalışmanın temelini oluşturmaktadır.

Ses yerleşimini ölçmek için kullanıcının önünde, arkasında, sağında ve solunda olmak üzere dört mikrofon kullanılmıştır. Lateral ekseninde sesin yerleşimini hesaplamak için sesin spektrogramının 5000 ile 7000 Hz arasındaki enerji değerlerinin yüksekliği kullanılmıştır. Sesin ön ve arka mikrofona yakınlığını ölçmek içinse sesin soft phonation index (SPI) parametresi kullanılmıştır.

Postürün düzgünlüğünü göstermek için hareket yakalama sisteminden gelen veriden, eklemlerin yerel açılarının belirlenen aralıkta olup olmadığı ölçülmüştür. Eklemlerde, aralığın içinde veya dışında olması durumunu belirtmesi amacıyla renk değişimleri kullanılarak geri bildirim verilmiştir.

Kullanıcı deneyimini azami düzeye çekmek için sistemi kullanan terapistten ve terapiye katılan kullanıcılardan geri bildirimler alınmıştır. Bu geri bildirimler doğrultusunda iteratif bir şekilde arayüz düzenlenmiştir. Sistem tamamlandıktan sonra kullanıcılara, denetilerle kullanıcı deneyimi testleri yapılmıştır. Kullanıcı deneyimi testleri sonuçları karşılaştırmalı değerlendirme yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve sistemin iyi bir kullanıcı deneyimi sunduğu görülmüştür.

Gelecekte yapılması planlanan çalışmalar arasında kullanıcı deneyimini geliştirmek için sisteme sanal gerçeklik arayüzü tasarlanması ve terapilerde uzun süreli

kullanımda, sistem kullanılmadan yapılan terapilere göre terapi alan kişilerin başarımlarının ve terapilere devamlılığının ölçülmesi vardır.



A MULTI-MODAL SUPPORT SYSTEM FOR VOICE THERAPY

SUMMARY

Voice is the primal communication tool used today. Even though alternate communication tools like writing have become viable with the advance of technology it still is not at the same effectiveness level as voice communication. The need for voice communication increases as the importance of the message increases. In some cases even voice communication over a medium like telephone is not enough and there is a need for face to face conversation.

There is a correlation between posture quality and voice quality. This correlation is used in therapies by voice therapists, but the voice and posture feed-backs are not satisfactory for people taking the therapies.

Voice placement is a part of voice therapies. Voice placement is an ability that can be learned and is the ability to place ones voice to a location without necessarily turning to that location psychically. This ability takes on more importance in people that use their voices professionally like singers.

In this work an application was developed to help voice therapists in their therapies by giving clients a more efficient, clear and objective feed-back about their posture quality and voice placement. The application will give feed-back about clients posture so that he/she can maintain the best posture that will enable them to use their voice with better quality. The application was developed with the best user experience in mind.

Clients can not see their bodies as others see them and vocal feed-back is usually not sufficient enough, creating the need for a posture assessment and feed-back mechanism. Different techniques for posture assessment was used. Firstly, the technique that uses machine learning models to classify the posture quality was tested, but was deemed insufficient because it gave the result as good-average-bad and did not give information about different joints.

After looking through works that try to optimize voice features, the ideal posture was decided as a straight posture with an upright head, with a perpendicular pelvis and stretched shoulders. This posture was accepted as the neutral posture and the users posture was evaluated by how much it deviated from this posture.

Some voice features was displayed on the application to give some visual feed-back about users' voices. With the help of the voice therapist the fundamental frequency and the amplitude of the voice was decided on to show in the application as they give important feed-back without confusing the user.

These feed-backs are used when the therapist wants the user to stay at a certain posture, increase/decrease, thickening/thinning his/her voice. The visual feed-back helps the user understand better what is expected of them and what they should do and help them make better and more efficient decisions.

Experiments with professional voice users showed that the energy between 5000Hz and 7000Hz in voice spectrum analysis and the placed voice in lateral axis has a correlation. Calculating the voice placement for front and back was done using the Soft Phonation Index (SPI) parameter. The energy ratio between ranges 1800-4500Hz and 70-1800Hz is the SPI value and the moment point of the two SPI values of the front and back microphones signifies the voice placement location for front-back axis.

The voice features are printed on the screen as bar graphs. If the values of these parameters are lower or higher than a specified threshold than there is a color change on the bar graphs. If the value is in expected range the graph is green and red if it is not.

Posture assessment is also done with color change on the users avatar. If there is a deviation from the neutral posture in a joint, that joints color changes according to the degree of the deviation. If there is no deviation or the deviation is negligible the joint color is green. If there is medium deviation the joint color is yellow. Lastly if there is a significant deviation the joint color is red.

The feed-back about the voice placement is done using a two dimensional graph. The graph signifies the room the user is in and the middle point of the graph represents the user. The result of the voice placement calculation is printed on this graph with an marker. Thus the user can see where they placed their voice.

The user can save their performance, replay it and see their mistakes and evaluate their performance with the therapist. When replaying the record; voice, voice features, posture and feed-backs are printed on the screen as they were when the recording was taken.

The application interface was developed using the Unity game engine. Voice features are calculated using anaconda python with python3.5 versions. A comprehensive library was developed for extracting voice features and calculating the voice placement.

Motion capturing was done using a Notiom brand Perception Neuron motion capture device. The Axis Neuron software which is part of the product can record and stream the motion data with wire or wirelessly.

Voice recording was done using a Motu 8preUsb microphone array. An insulated room was used to take recording. The microphones are placed around the user with two of them being in front and at the back, and the other two being on the left and right side of the user.

Feed-back was collected from the voice therapist and the persons the therapist used this system on to increase the user experience to the maximum level. The user interface was designed iteratively according to those feed-backs. After completing the system user experience surveys were done on the people the system was used on. The results of these surveys were evaluated with benchmarking methods which showed that the system provided good enough user experience.

User experience surveys were done on subjects to measure systems experience. The experiment was done on 15 people with 9 being man and 6 being woman in a 20 minutes therapy session. The users then filled the user experience survey. The survey consists of 26 general purpose questions in 7-Likert scale, and 3 specific purpose questions for the system. The general question consists of two opposite qualification

and there are seven boxes between them. The user pick a box nearer to the qualification the user thinks better suits the application. The 3 specific questions query the users judgement at how much the application helped them place their voices, improve their posture and increase their voice quality.

The result were quite positive on the first survey on all but the predictable question. The users found the application unpredictable. As this application is meant to be used with a voice therapist present the unpredictability should not effect the experience severely.

The results on the application specific 3 questions were also quite positive. 87% of users thought that the application helped them fix their postures, while 13% could not decide. 87% of users thought that the application helped them place their voices while 6% did not think the application helped and 7% could not decide. 60% of users thought that the application helped them improve their voice quality while 7% thought it did not help and 33% could not decide.

An application was developed to help the voice therapist in their therapies by giving better feed-back to users. The application was deemed to offer good user experience. There are plans to create a virtual reality interface to increase the experience. Also measuring the increase in user efficiency and continuity on therapies which use this system with respect to therapies conducted in the normal way.



1. GİRİŞ

Sesin kalitesi ile postür arasında bir ilişki bulunmaktadır [1]. Bu ilişki ses terapistlerince terapilerde kullanılmaktadır. Lakin terapi alan kişilere, postürleri ve sesleri için terapist tarafından verilen geri bildirimler yetersiz kalabilmektedir.

Ses yerleşimi terapilerde verilen eğitimin bir parçasıdır. Ses yerleştirme yeteneği öğrenebilir olup kişinin bir tarafa dönmeden sesini oraya odaklayabilme özelliğidir. Bu yetenek, şarkıcılar gibi sesini profesyonel olarak kullanan kişiler için ayrıca önem kazanabilmektedir.

Tiyatro sanatçıları, haber spikerleri, şarkıcılar ve benzeri meslek gruplarında bulunan insanlar veya ses bozuklukları yaşayan kişiler için seslerini etkili bir şekilde kullanabilmek özellikle önemlidir. Bu kişilere yönelik hazırlanmış ses terapilerinde, terapistlerce geliştirilmiş birçok yöntemde genellikle öznel kriterlere göre değerlendirme yapılmaktadır. Ayrıca postürü düzeltmek ve ses yerleşimini öğretmek için karar kılınmış ortak bir yöntem bulunmamaktadır. Bu da terapiden terapiye ve hastadan hastaya sonuçlarda tutarsızlıklar oluşmasına sebep olmaktadır.

Terapilerde terapistin yardımcı olacak, postür ve ses yerleşimi hakkında terapi alan kişiye açık ve nesnel geri bildirim verecek bir sisteme ihtiyaç bulunmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada ses terapistlerine terapilerde yardımcı olacak ve terapi alan kişilere postürleri ve ses yerleşimleri hakkında daha etkili, açık ve nesnel geri bildirim verebilecek bir uygulama geliştirilmiş ve uygulamanın kullanıcı deneyiminin ölçülmesi ve geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Uygulama için kişilerin performansları sırasındaki postürlerine dair geri bildirim vererek en iyi kalitede ses çıkarabilecekleri postürü korumalarına ve ses yerleşimlerini görmelerine yardımcı olacak bir destek sisteminin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Uygulamada azami düzeyde kullanıcı deneyimi sağlayacak bir arayüz oluşturulması

planlanmıştır. Bilgimiz dahilinde dünya üzerinde ilk çalışma olma niteliğindedir. Bu çalışmadan fayda görecekt kişiler; seslerini profesyonel hayatlarında etkin olarak kullanan öğretmenler, müzisyenler, tiyatrocular, eğlence sektöründe çalışanlar ve insan fizyolojisi alanında araştırma yapanlar olacaktır.

1.2 Literatür Araştırması

1.2.1 Hareket yakalama sistemleri

Hareket yakalama sistemleri, kişilerin postür verisini kullanan araştırmalar için olmazsa olmaz bir araç haline gelmiştir. Özellikler oyun, film ve sanal gerçeklik uygulamalarında yoğun olarak kullanılmaktadır [2]. Dans pratiği uygulaması ve karate tekniği sınıflandırma uygulaması hareket yakalama sistemleri kullanılarak yapılan bazı araştırmalardır. Dans pratiğinde hareket yakalama sistemlerinin kullanılması sonucu aynayla yapılan pratiklere göre kullanıcıların el ve ayak yerleşimlerinde gelişme meydana gelmiştir [3]. Karate tekniği sınıflandırma çalışması sonucu "İnsan hareket tanımlama ve tanınmasına yönelik makine öğrenmesi teknikleri geliştirme" çalışması kapsamına dahil edilen ve bu alanda çalışanlara online olarak erişebilecekleri bir veri kümesi sunulmuştur [4]. İnsanlara evlerinde Tai Chi pratiği yapma imkanı sunan oyunda yine hareket yakalama sistemi kullanılmaktadır [5]. Bu çalışmada kullanıcılar sanal bir öğretmenin hareketlerini taklit ederler ve hareketleri ne kadar doğru yaptıklarına göre puanlanmaktadır.

Medikal alanda da hareket yakalama sistemlerinin kullanıldığını görebiliriz. Yaşlı insanların takip ve tedavisi için hareket yakalama sistemlerinin kullanılması buna bir örnektir. Yapılan bir çalışmada fizik tedavi alan yaşlılar için yaşının durumuna uyum sağlayan ve görsel geri bildirimler ile yaşının tedavide motivasyonunu ve başarısını arttırmayı amaçlayan çalışma bunlardan biridir [6]. Yaşlı insanların hareket verisinden, başlamakta olan sağlık problemlerini tespit eden sistemde hareket verisini almak için hareket yakalama sistemi kullanılmıştır [7]. Bu çalışma ile yaşlıların başkasına bağımlı olmadan yaşama sürelerini arttırmak amaçlanmıştır. Yaşlı insanlarda ciddi sonuçlar doğurabilen düşme durumuna karşı düşmeyi tespit etmek için yapılan çalışmada optik hareket yakalama sistemi kullanılmaktadır [8]. Bu çalışma ile düşmeler diğer gündelik aktivitelerden %100 başarı ile ayrılarak tespit edilebilmektedir. Bir başka çalışmada

da hareket yakalama sistemi kullanılan bir oyunun yaşlıların birden fazla iş yapma esnasındaki bilişsel kabiliyeti üzerindeki etkisi incelenmiştir [9]. 41 yaşlı birey ile yapılan çalışma sonucunda yaşlıların birden fazla iş yapma esnasındaki bilişsel kabiliyetlerinde artış meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Hareket yakalama sistemleri insan-makine arayüzlerinin (HMI) bir parçasıdır. Bir robotun kontrolü hareket yakalama sistemleri kullanılarak mümkün olabilmektedir. Bir çalışmada hareket yakalama sistemi giymiş bir kişinin hareketleri taklit eden bir robota ile çeşitli görevler gerçekleştirilmiştir [10]. Başka bir çalışmada da dış iskelet giymiş bir kişi aynı şekilde bir insansı robotu kontrol etmektedir [11].

1.2.2 Ses kalitesi - postür ilişkisi

Bir çalışmada postürde yapılan düzeltmeler sonucu ses özniteliklerinin nasıl değiştiği incelenmiştir [12]. Çalışmada belli ses öznitelikleri postür düzeltme egzersizlerinden önce, sırasında ve sonra olmak üzere ölçülmüştür. 4 ay süren 9 terapiden sonra denekte postürde meydana gelen düzelme sonucu ses özniteliklerinde kayda değer bir iyileşme meydana gelmiştir. Bir diğer çalışmada da ses kalitesini iyileştirmek için ses terapistlerine, terapi alan kişilerin postür kalitelerini arttırmalarına yardımcı olacak gerekli önerileri açık şekilde ifade etmelerine yardımcı olacak bilgiler derlenmiştir [13].

Bunların yanında makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak kaliteli sesi ve kaliteli sese karşılık düşen insan postürlerini sınıflandırma üzerine yapılmış bir çalışma bulunmaktadır [1]. Bu çalışmada ses terapistlerce etiketlenmiş insan ses verileri üzerinde yapılan makine öğrenmesi teknikleri ile insan sesinin sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıflandırma sonucuna görede değişik postürlerde alınana ses verileri sınıflandırılmış ve karşılık düşen postür ile veri kümesi haline getirilmiştir. Son olarakta bu veri kümesi üzerinde makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak kişinin anlık postürünün kaliteli ses çıkarmak için ne kadar iyi olduğu sınıflandırılmaktadır.

1.2.3 Kullanıcı deneyimi

İnsan-bilgisayar etkileşimini en etkili bir şekilde sağlamak iyi bir kullanıcı deneyimi için şarttır. Bu etkileşim değişik şekillerde gerçekleşebilir. Bunun bir yolu sesli girdi verilmesidir. Gelişen teknoloji ile gürültülü ortamlarda da sesli arayüzlerin

tercih edilebilir hale geldiği görülmektedir. Bir çalışmada mobil aygıtlarda etkili sesli arayüzler geliştirmek için genel gereksinimler sunulmuş ve örnek bir uygulama geliştirilmiştir [14]. İnsan gözünün baktığı yere göre çalışan arayüzler kullanarak da etkileşim mümkündür [15]. Bu çalışmada insanın ekranda hangi alana baktığı hesaplanarak alanda gösterilen menü opsiyonuna ilişkin komut gerçekleştirmektedir. El hareketleri ile talimat alan arayüzler kullanmakta etkili insan bilgisayar etkileşimi sağlamak için tercih edilen yöntemlerdendir. Yapılan bir çalışmada yeni bir el hareketleri ile bilgisayar etkileşimi sistemi geliştirilmiş ve medikal alanda (örneğin akıllı tekerlekli sandalye) kullanımı incelenmiştir [16].

Arayüz tasarımı, kullanıcı deneyiminde dikkat edilen en önemli etkenlerden biridir. Kullanıcı geri bildirimlerine göre düzenlemelerle tekrar tekrar tasarlanarak en iyi kullanıcı deneyimini sağlayan tasarıma ulaşmayı hedefleyen iteratif tasarım [17] ve kullanıcı arayüzü tasarımına yeni bir yaklaşım ortaya koyan cebirsel göstergeler (algebraic semiotics) [18] yöntemi arayüz tasarımı yöntemlerinden bazılarıdır. İteratif tasarımda kullanıcılardan alınan geri bildirimlere göre arayüz tekrar tekrar tasarlanarak tatmin edici bir hale getirilmesi amaçlanmaktadır. Cebirsel göstergeler yönteminde ise işaret kavramı kullanılmaktadır. Bu kavram sistemdeki hiyerarşik yapıların işaret içerdiğini ve bu işaretlerin ayrı ayrı değil de sistem seviyesinde değerlendirilmesi gerektiğini belirtmektedir ve kategori teorisi gibi soyut matematiksel kavramları kullanmaktadır. Arayüz tasarlarırken kullanıcıların yaşı ve bilişsel sorunları da göz önünde bulundurulmalıdır [19]. Bu çalışmada Dinamik Çeşitlilik için Tasarım adıyla yaşlı insanların kısıtlamalarını göz önünde bulunduracak yeni bir tasarım paradigması anlatılmaktadır.

Hızlı bir şekilde sağlık alanına giren bilgi-işlem imkânları, kullanıcı etkileşimi ve veri gösterimine dair sorunları da beraberinde getirmiştir. Elektronik medikal kayıtlar olarak adlandırılan bu sistemlerin kullanılmasının hem maddi anlamda hem de hasta sağlığı açısından büyük faydaları [20] vardır. Çalışmanın sonucunda elektronik medikal kayıtlar kullanılarak sende 81 milyar dolar tasarruf edilebileceği görülmüştür. Medikal alanda kullanılan uygulamalarda, arayüz tasarımının kullanıcı deneyiminde, performanstan daha etkili olduğu görülmüştür [21].

Medikal uygulamalarda kullanıcı arayüzü tasarlarırken, kullananların büyük çoğunluğunu oluşturan hastalarında tasarım ve test aşamasına dahil olmaları iyi kullanıcı

deneyimi sunan arayüzler tasarlayabilmek açısından önemlidir [22]. Bu yöntem kullanıcı merkezli tasarım denmektedir. Bu şekilde yapılan tasarımlarda kullanıcıların bilişsel (cognitive) başarısına bakarak uygulamanın ne kadar iyi kullanıcı-bilgisayar etkileşimi sunduğu ölçülür [23]. Kullanıcıların bilişsel başarısını daha rahat anlayabilmek için sesli düşünme (thinking aloud) olarak tabir edilen, kullanıcıların uygulamayı kullanma sırasında düşündüklerini sesli olarak ifade etmesi ile geri bildirimlerin toplanması faydalı olmaktadır [24] [25].

Kullanıcı merkezli tasarımın medikal alandaki örneklerinden biri, Acil Medikal Bilgi İşlem Sistemidir [26]. Bu çalışmada arayüz ve simge tasarımı, tasarım aşamasına dahil olan hastane personeli ile gerçekleştirilmiştir. Başka bir çalışmada kullanıcılara farklı arayüzler gösterilerek hangisinin kullanımının daha rahat bulunduğu bakılmıştır [27].

Arayüz tasarımının yanında veri görselleştirme (information visualization) de kullanıcı deneyimi açısından önemlidir. Chittaro [28] yaptığı araştırmasında veri görselleştirme ne olduğunu açıklayarak, medikal alanda iyi veri görselleştirme yöntemlerine sahip uygulamaları incelemiştir. İnternet aracılığıyla birbiri ile iletişim halinde olan medikal araştırma örgütleri için veri görselleştirme alanında geliştirilen genel amaçlı bir resim işleme ve görselleştirme uygulaması [29] bu alanda yapılmış çalışmalardan biridir.

Sağlık alanında kullanılan uygulamalardaki kullanıcı deneyimini arttıran arayüz tasarımlarında dikkat edilmesi gereken iki başlıca kategori, kullanıcı ihtiyaçlarını sınıflandırma ve profesyonel-bilgisayar etkileşimini geliştirme olarak adlandırılabilir [30].

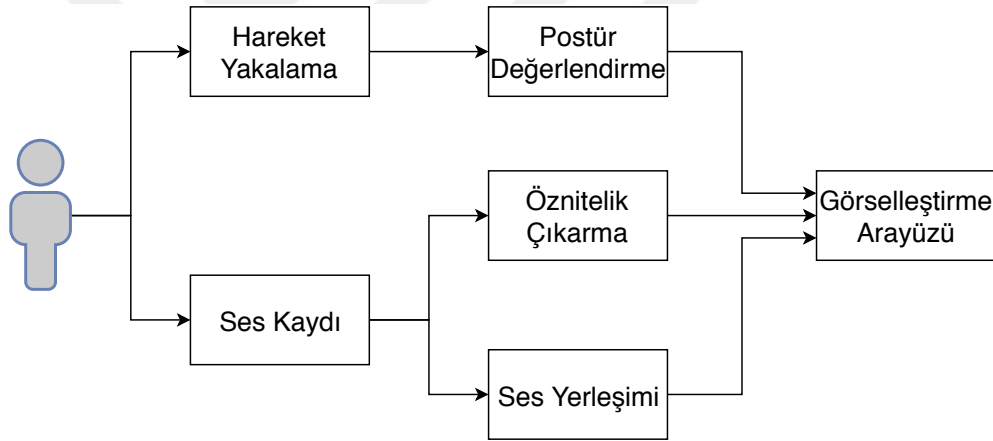
1.3 Tezin Organizasyonu

Bölüm 2’de sistemin temel yapısına ve işleyişine yer verilmiştir. Bölüm 3’te deney sonuçlarına yer verilmiş ve sonuçlar üzerinde tartışılmıştır. Bölüm 4’te ise tezle ilgili sonuçlar verilmiş, ileride yapılabilecek çalışmalardan bahsedilmiştir.



2. ÇOKLU KIPLİ DESTEK SİSTEMİ

Şekil 2.1’de önerilen yöntemde üç yatay katman bulunmaktadır: 1) Ses kaydı ve hareket yakalama süreçleri, 2) bu iki modaliteden gelen verilerin postür değerlendirme, ses öznetelik çıkarma ve ses yerleşimi hesaplama işlemlerinden geçirilmesi ve 3) tüm veri işleme sonuçlarının bir görselleştirme arayüzü ile kullanıcıya/doktora gösterilmesi. Önerilen sistemde kullanıcının sağına, soluna, önüne ve arkasına eşit mesafede duracak şekilde mikrofonlar yerleştirilir. Bu şekilde ses verisi dörtlü mikrofon dizisi kullanılarak kaydedilmektedir. Ayrıca kullanıcıya bir tüm-vücut hareket yakalama sistemi giydirilmektedir.



Şekil 2.1 : Ses terapisi için çoklu kipli destek sistemi

2.1 Postür Değerlendirme

Terapi alan kişinin bedenini dışardan bakan bir kişi gibi görememesi ve sözlü talimatların her zaman yeterince anlaşılabilmesi sonucunda terapilerde bir postür değerlendirme ve geri bildirim mekanizmasına ihtiyaç oluşmuştur. Çalışmada postür değerlendirmek amacıyla farklı teknikler denenmiştir. İlk olarak makine öğrenmesi teknikleri ile kaliteli ses çıkarmaya yardımcı olacak postür değerlendirme modeli [1] denenmiştir. Bu çalışmada ilk olarak birçok kişiden ses kayıtları alınmış ve alınan ses kayıtları bir ses uzmanı tarafından iyi-orta-kötü kaliteli olarak etiketlenerek bir veri kümesi haline getirilmiştir. Bu veri kümesi üzerinde makine öğrenmesi

teknikleri kullanılarak ses kalitesini sınıflayan bir model oluşturulmuştur. Daha sonra birçok kişiden değişik duruşlarda ses kayıtları alınmıştır. Alınan ses kayıtları ses kalite sınıflandırıcısı ile etiketlenerek eşzamanlı alındığı postür verileri ile eşlenerek bir veri kümesi haline getirilmiştir. Son olarak bu veri kümesi üzerinde makine öğrenmesi teknikleri kullanılarak kaliteli ses çıkarmaya yardımcı olması açısından kişinin postürünü iyi-orta-kötü olarak değerlendiren bir postür kalitesi sınıflandırıcısı oluşturulmuştur. Fakat modelin genel postür için bir sonuç vermesi ve ayrı eklemler için bir değerlendirme yapmaması sistem için yetersiz kalmıştır.

Ses öz niteliklerini optimize eden postür değerlendirme çalışmaları gözden geçirildikten sonra, postür için ortalama ideal duruş dik, kafa ileri bakan, pelvis eğilmemiş ve omuzlar geride olarak belirlenmiştir [12]. Postür değerlendirmek amacıyla bu duruş nötr duruş kabul edilmiştir. Kullanıcının duruşu bu duruştan sapma miktarına göre değerlendirilmektedir.

Ses terapisti tarafından önemli görülen eklemler ve belirlenen açılar şu şekildedir:

- Sağ/Sol Omuz:
 - iyi: düşey ekseninde ± 10 derece, yanal ekseninde ± 5 derece altında fark
 - orta: düşey ekseninde ± 10 ile ± 20 derece, yanal ekseninde ± 5 ile ± 10 derece arasında fark
 - kötü: düşey ekseninde ± 20 dereceden, yanal ekseninde ± 10 dereceden fazla fark
- Omurga:
 - iyi: düşey ekseninde ± 5 derece, yanal ekseninde ± 5 derece altında fark
 - orta: düşey ekseninde ± 5 ile ± 10 derece, yanal ekseninde ± 5 ile ± 10 derece arasında fark
 - kötü: düşey ekseninde ± 10 dereceden, yanal ekseninde ± 10 dereceden fazla fark
- Kalça:
 - iyi: düşey ekseninde ± 5 derece altında fark
 - orta: düşey ekseninde ± 5 ile ± 10 derece arasında fark
 - kötü: düşey ekseninde ± 10 dereceden fazla fark

Kalçanın yanal eksen omurga ile eşdeğer olduğundan değerlendirilmemektedir.

2.2 Ses Özniteliği Çıkarma

Ses terapistinin önerdiği, kullanıcı ve terapist için önemli olabilecek bazı ses öznitelikleri hesaplanarak görselleştirme arayüzüne aktarılmaktadır.

Bu öznitelikler aşağıdaki şekilde belirlenmiştir:

- F0: Sesin temel frekansı
- Genlik: Sesin genliği. Belli bir eşikten yüksek olması istenmektedir.

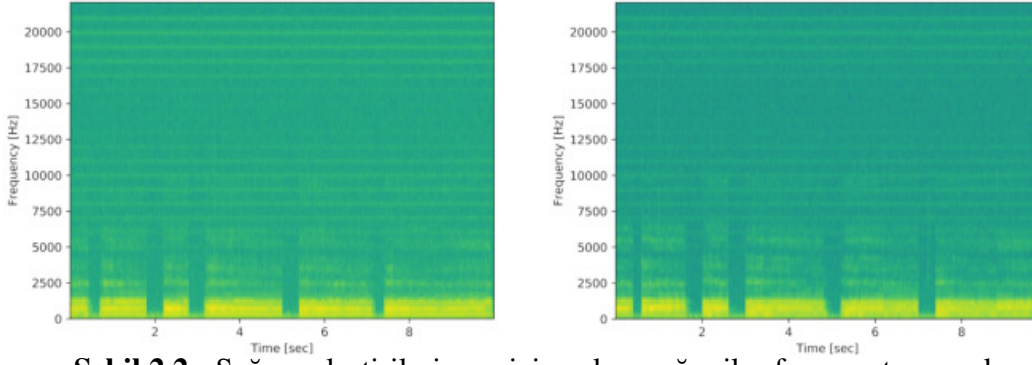
Başta daha fazla öznitelik kullanılmaktaydı fakat fazla özniteliğin, terapist için anlamlı olsa da terapi alan kişi için kafa karışıklığına neden olmaktaydı. Bu sebeple bazı öznitelikler çıkarılarak, görselleştirme arayüzüne iletilen öznitelikler ses terapisti tarafından hastaların da anlayabileceği basitlikte olması göz önünde tutularak F0 ve genlik olarak belirlenmiştir.

Bu özniteliklerle terapist kullanıcıdan duruşunu düzeltmesi veya belli bir pozisyonda durmasını; sesini kalınlaştırmasını/inceltmesini ve/veya daha kuvvetlice ses çıkarmasını istediğinde, postür ve özniteliklerin geri bildirimleri sayesinde kullanıcı ne yapması gerektiği konusunda daha doğru ve hızlı karar verebilmektedir.

2.3 Ses Yerleşimi

Bu adımda ses yerleşimi (sound placement) hesaplanmaktadır. Profesyonel ses kullanıcıları ile yapılan deneylerde deneklerin ses spektrogram analizi sonucunda lateral eksen için seslerinin 5000 ile 7000 Hz arasındaki enerji değerlerinin yüksekliği ile gönderilen sesin mikrofona olan yakınlığı arasında doğru orantı olduğu saptanmıştır (Şekil 2.2). Bu amaçla, lateral eksenindeki ses yerleştirmeler için 2 adet (sol ve sağ) mikrofondan 200 milisaniye bandında alınan her ses sinyalinin gerçek zamanlı spektrum matrisleri oluşturulup 5000Hz-7000Hz bandındaki enerji büyüklükleri ölçülerek, elde edilen değerlerin moment noktası "sesin yerleşimi" olarak kabul edilmiştir. Moment noktası, $M_{sol,sag}$, Denklem (2.1) ile bulunmaktadır.

$$M_{sol,sag} = 100 / ((E_{sol}^{5kHz-7kHz} / E_{sag}^{5kHz-7kHz}) + 1), \quad (2.1)$$



Şekil 2.2 : Sağa yerleştirilmiş ses için sol ve sağ mikrofon spektrogramları

$E_{sol}^{5kHz-7kHz}$ değeri sol mikrofondaki yüksek bant enerji değerini, $E_{sağ}^{5kHz-7kHz}$ ise sağ mikrofondaki yüksek bant enerji değerini göstermektedir. M değeri 0 sol uç mikrofon konumu, 50 lateral eksende orta nokta ve 100 sağ uç mikrofon konumu olmak üzere 0 ile 100 arasında sayısal bir değere çevrilmektedir.

Sesin ön ve arkaya yerleşimi için ise Soft Phonation Index (SPI) parametresi kullanılarak ön ve arka mikrofondan ayrı ayrı gerçek zamanlı ses spektrogramının 1800Hz-4500Hz ile 70Hz-1800Hz bandındaki enerji değerlerinin oranı alınarak, çıkan iki değer moment noktası ön-arka eksende yerleştirilen ses olarak kabul edilmiştir. SPI değeri hem ön hem de arka mikrofon için ayrı ayrı olmak üzere, Denklem (2.2) ile bulunmaktadır.

$$SPI = E^{1800Hz-4500Hz} / E^{70Hz-1800Hz}, \quad (2.2)$$

$E^{1800Hz-4500Hz}$ değeri spektrogram matrisindeki yüksek frekans bandındaki enerji değerini, $E^{70Hz-1800Hz}$ ise alçak frekans bandındaki enerji değerini belirtmektedir. Ön-arka eksende yerleşim, $M_{on,arka}$, Denklem (2.3) ile bulunmaktadır.

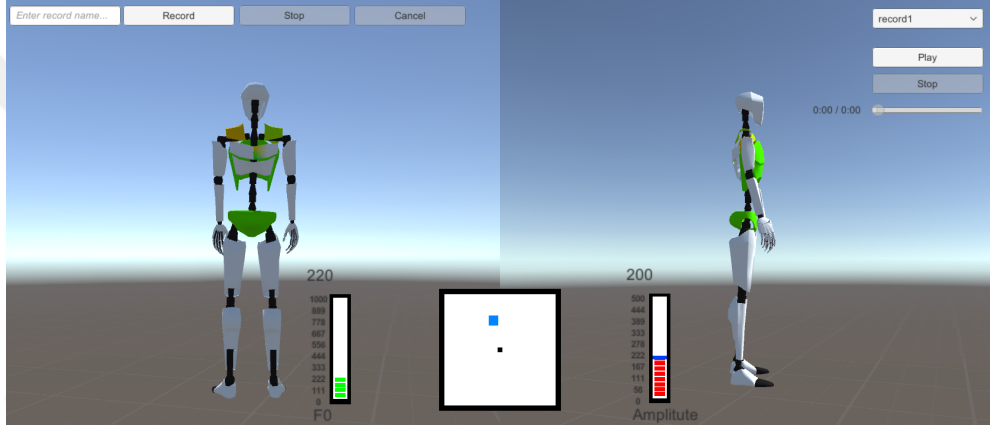
$$M_{on,arka} = 100 / ((SPI_{on} / SPI_{arka}) + 1), \quad (2.3)$$

Cinsiyetin ses yerleşimi üzerinde bir etkisi olmadığı için kadın ve erkekler için bir ayırım yapılmamıştır.

2.4 Görselleştirme Arayüzü

Görselleştirme arayüzü modelden gelen sonuçlara göre kullanıcıya postürüyle ve sesiyle ilgili geri bildirim veren kullanıcı arayüzünü ve öğelerini içermektedir

(Şekil 2.3). Kullanıcı, arayüzde postürünü takip edebilmektedir. Kamera kullanıcıyı merkez alacak şekilde hareket etmektedir ve kullanıcı kendini hem arka hem de profilden görebilmektedir. Kullanıcıya anlam ifade edebilecek ses öznitelikleri çubuk grafikleri olarak ekrana bastırılmaktadır. Ses öznitelik değerleri doktorun belirlediği bir sınırın altında veya üstünde kaldığında çubuk grafiklerinde meydana gelen renk değişimleri ile yapılmaktadır. Ses özniteliğinin değeri istenmeyen aralıkta ise çubuk grafiği kırmızı, istenen aralıkta ise yeşil olmaktadır. Şekil 2.3'te temel frekans özniteligi için bir sınır belirlenmediği için hep yeşil olarak görülmektedir fakat genlik parametresi için bir alt sınır olduğu ve kullanıcı bu sınırı geçemediği için kırmızı olarak renklendirilmiştir.



Şekil 2.3 : Kullanıcı arayüzü

Vücut duruşu için de insan modeli üzerinde renklerle geri bildirim yapılmaktadır. Belirlenen ideal duruş için her bir eklemden belli oranın ötesinde sapma meydana geliyorsa bölgede renk değişimi meydana gelmektedir. Sapma miktarına göre yeşil-iyi, sarı-orta ve kırmızı-kötü olmak üzere kullanıcıya renk tabanlı geri bildirimler verilmektedir. Şekil 2.3'de görüldüğü üzere kullanıcı genel olarak düzgün bir şekilde durmaktadır fakat sol omuzda istenen duruştan hafif bir sapma olduğu için renk değişimi meydana gelmiştir ve sarı olarak görülmektedir.

Ses yerleşimini hakkında geri bildirim vermek için ses yerleşimini iki boyutlu düzlemde gösteren bir grafik oluşturulmuştur. Grafikte orta nokta kullanıcının konumunu ifade eder. Ses yerleşimi hesaplamaları sonucu elde edilen koordinatlar da kare alan üzerinde bir işaretçi ile belirtilir. Şekil 2.3'de ses önde ve hafif sola yerleşmiş olduğunu görüyoruz. Bu sonuçtan sağ ve sol mikrofonlardan alınan değerlerin sol

mikrofonun daha fazla olsa da birbirine yakın, ön mikrofondan alınan değerin ise arka mikrofondan alınan değerin yaklaşık üç katı olduğunu anlayabiliriz.

Kullanıcı performansını kayıt edebilmekte, tekrar oynatarak hatalarını görebilmekte ve doktoruyla anlık performans detaylarını tartışabilmektedir. Şekil 2.4'te kayıt almak için kullanılan alan ve düğmeler görülmektedir. Bunlar;

- 1: Kayıt isminin girildiği alandır
- 2: Kayıt almaya başlamak için basılan düğmedir. Basıldıktan sonra üç saniye geri sayar ve kayıta başlanır. Kayıt yapılmıyorken aktiftir.
- 3: Kayıt almayı durdurmak için basılan düğmedir. Basıldıktan sonra kayıt kayıt edilir ve kayıtlar listesine eklenir. Kayıt başladıktan sonra aktif olur.
- 4: Kaydı iptal etmek için kullanılan düğmedir. Basıldıktan sonra kayıt durdurulur ve kayıt edilmez. Kayıt başladıktan sonra aktif olur.



Şekil 2.4 : Kayıt almak için kullanılan alan ve düğmeler

Alınan kaydı oynatmak için kullanılan alan ve düğmeleri Şekil 2.5'te görülmektedir. Bunlar;

- 1: Kayıt isminin seçildiği alandır
- 2: Kaydı oynatmaya başlamak için basılan düğmedir. Basıldıktan sonra duraklatma/oynatma düğmesine dönüşür.
- 3: Kayıt oynatmayı durdurmak için basılan düğmedir. Basıldıktan sonra kayıt tamamen durdurulur ve tekrar oynatılabilir veya başka kayıt seçilebilir. Kayıt oynatılırken aktif olur.
- 4: Kayıt süresini ve oynatılma sırasındaki süreyi temsil eden alandır.
- 5: Kaydın oynatılması sırasında kaydı ileri veya geri almak için kullanılan kaydırıcıdır. Kayıt oynatılırken aktif olur.

Yeniden oynatırken ses, ses öznetelikleri, postür ve geri bildirimler aynı şekilde ekrana basılmaktadır.



Şekil 2.5 : Kaydı oynatmak için kullanılan alan ve düğmeler



3. DENEYLER VE SONUÇLAR

Bu bölümde yapılan deneyler için kullanılan yazılım ve donanım birimleri ile yapılan deney ve deneyin değerlendirilmesinden bahsedilmektedir.

3.1 Yazılım ve Donanım

3.1.1 Yazılım

Tüm yazılımlar Windows 10 işletim sistemi kullanılarak geliştirilmiştir. Uygulama ve arayüz geliştirilirken Unity3d uygulaması seçilmiştir. Bu seçimin en önemli sebepleri şunlardır;

- Unity'nin güçlü 3 boyutlu çizim kabiliyeti
- Kapsamlı rehber ve dersleri ile kullanımının hızlı kavranması
- Kullanılan hareket yakalama sistemi Axis Neuron'un Neuron Mocap için sağladığı Unity plugini ile hareket verilerinin kolay aktarımı
- Unity'nin geniş ürün mağazası ile ihtiyaç duyulan kütüphane/kaynakları kolay şekilde elde edebilme

Unity'de geliştirme yapılırken C# dili ile Microsoft Visual Studio entegre geliştirme ortamı (IDE) kullanılmıştır.

Ses özniteliklerinin hesaplanması için Anaconda python ortamı ile 3.5 versiyonlu python dili ve kütüphaneleri kullanılmıştır. Ses özniteliklerinin çıkarılması ve ses yerleşiminin hesaplanması işlemleri için kapsamlı bir kütüphane geliştirilmiştir. Sonuçlar soket programlama ile Unity'e aktarılmaktadır.

3.1.2 Donanım

Donanım olarak bilgisayar, hareket yakalama sistemi ve mikrofon dizisine ihtiyaç duyulmuştur.

Bilgisayar için Windows 10 işletim sistemli, i7-7500 Intel işlemci, 12gb DDR3 RAM ve Nvidia GT950Mx ekran kartlı bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.

Hareket verilerinin alınabilmesi amacıyla Perception Neuron marka 32 sensörlü hareket yakalama sistemi (Şekil 3.1) kullanılmıştır. Ürünün bir parçası olan Axis Neuron yazılımı ile harekete ilişkin kayıtlar kablolu ve kablosuz olarak alınabilmektedir. Aynı zamanda bu program ile hareket verileri yayınlanabilmekte ve Unity için varolan SDK ile Unity'e hızlıca entegre edilebilmektedir.



Şekil 3.1 : Giyilebilir hareket yakalama sistemi

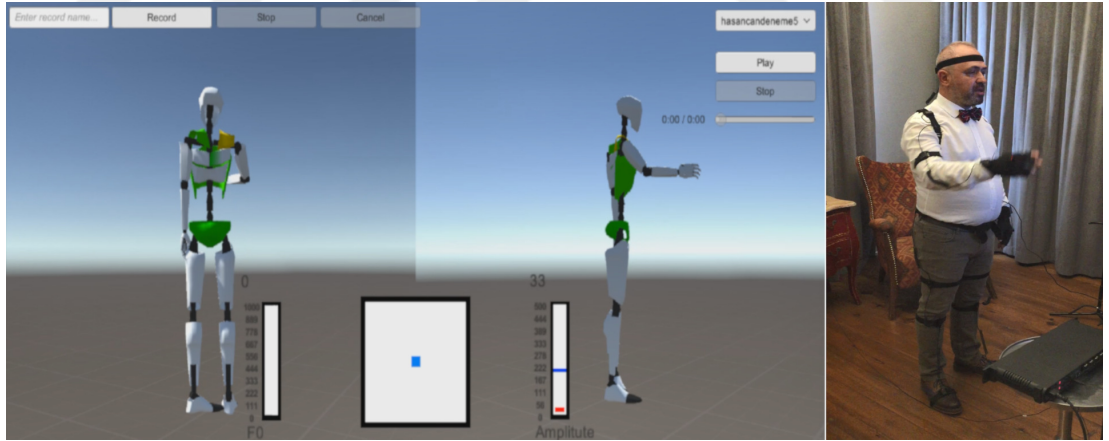
Bu sistem ile hareket yakalayabilmek için atılması gereken adımları şunlardır:

1. Sistemin kullanıcıya giydirilmesi (18-32 sensör)
2. Kullanıcıya ait vücut özelliklerinin ölçülmesi ve sisteme girilmesi (Örneğin uzuv uzunlukları)
3. 4 aşamalı kalibrasyon (Steady pose, A-Pose, T-Pose, S-Pose) yapılması

Sistem üzerinde hareket kaydında her bir çerçevede (frame) tek satırda 354 adet veri gelmektedir ve frekansı 60Hz dir. Bunlar veriler 59 ekleme ait 3 yerdeğişim ve 3 rotasyon verisidir. Yerdeğişim verisi bir eklemin pos_x, pos_y, pos_z değerlerini içerirken, rotasyon verisi eklemin yerel eksenlerdeki rot_x, rot_y, rot_z açı değerlerini içermektedir.

Hareket yakalama sisteminin sağladığı plug-in sayesinde Axis Neuron programından yayınlanan postür verilerinin Unity de gösterilmesi hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir. Plug-in ile birlikte gelen SDK, soket aracılığı ile Axis Neuron programına bağlanan bir arayüz sunmaktadır. Ayrıca içinde bulunan avatar ve oynatıcı ile hareketleri gerçek zamanlı olarak gösterebilmektedir.

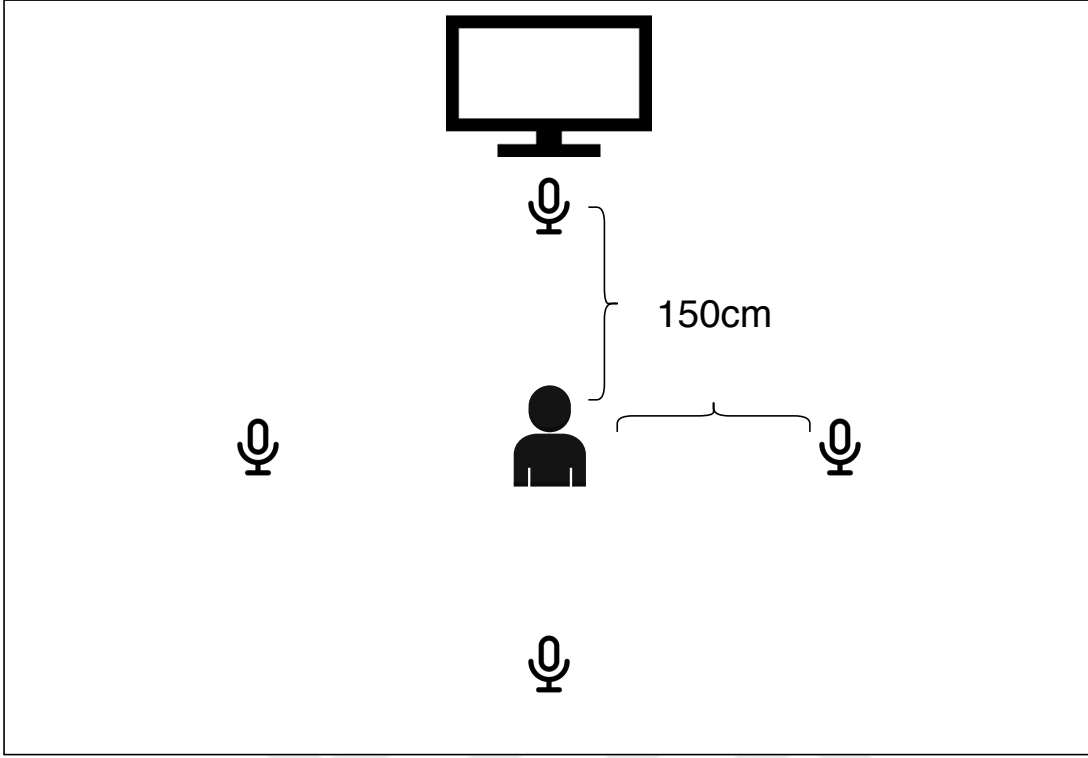
Ses kaydı için 8 kanallı Motu 8pre Usb mikrofonu kullanılmıştır ve kayıtlar için yankı yapmayan bir oda hazırlanmıştır. Kullanıcı odanın ortasında olacak ve mikrofonlar da kullanıcıyı çevreleyecek şekilde odaya yerleştirilir. Böylece kullanıcının önüne arkasına, soluna ve sağına birer mikrofon yerleştirilmiş olur. Kullanıcı karşısında bulunan ekrandan postürüne, ses öznitelik ve yerleşimine dair geribildirimleri bu ekrandan görebilmektedir (Şekil 3.2). Sistemin oda içerisindeki yerleşimi de mesafelerle birlikte Şekil 3.3'te görülmektedir.



Şekil 3.2 : Sistemin kullanımı

3.2 Kullanıcı Deneyleri

Kullanıcılara terapist tarafından geliştirilmiş ses eğitim müfredatı bilgisayar temelli çoklu kipli destek sistemi vasıtasıyla uygulanmıştır. Eğitim müfredatı şu adımlardan oluşmaktadır:



Şekil 3.3 : Sistem yerleşimi

1. Uygulamanın hareket yakalama sistemini giyen kullanıcı için verdiği geri bildirimler yardımı ile kullanıcının postürü düzeltilir.
2. Kullanıcıdan sesini ortaya yerleştirmesi, yani arayüzdeki radarda ses konumu işaretçisinin x ekseninde değişim olmadan y ekseninin değerinin artırılması istenir.
3. Kullanıcıdan öne dönükken kafasını sağ/sol mikrofonlara çevirerek sesini o yöne yerleştirmesi istenir.
4. Kullanıcıdan 3) adımını uygulaması ve bu sefer sesini sağa/sola yerleştirmeye devam ederek kafasını yavaşça öne çevirmesi istenir.
5. Kullanıcıdan kafası ve vücudu öne dönükken sesini sağa/sola yerleştirmesi istenir.

Kullanıcılar sesini yerleştirmek amacıyla belirli bir süre "aaa" sesi çıkartırlar. Ses yerleşiminde veya öznitelik değerlerinde istenmeyen bir sapma meydana geliyorsa kullanıcının postüründeki bu sapmaya neden olabilecek gerginlik noktaları terapist yardımıyla gevşetilerek sesi yerleştirmeleri sağlanır.

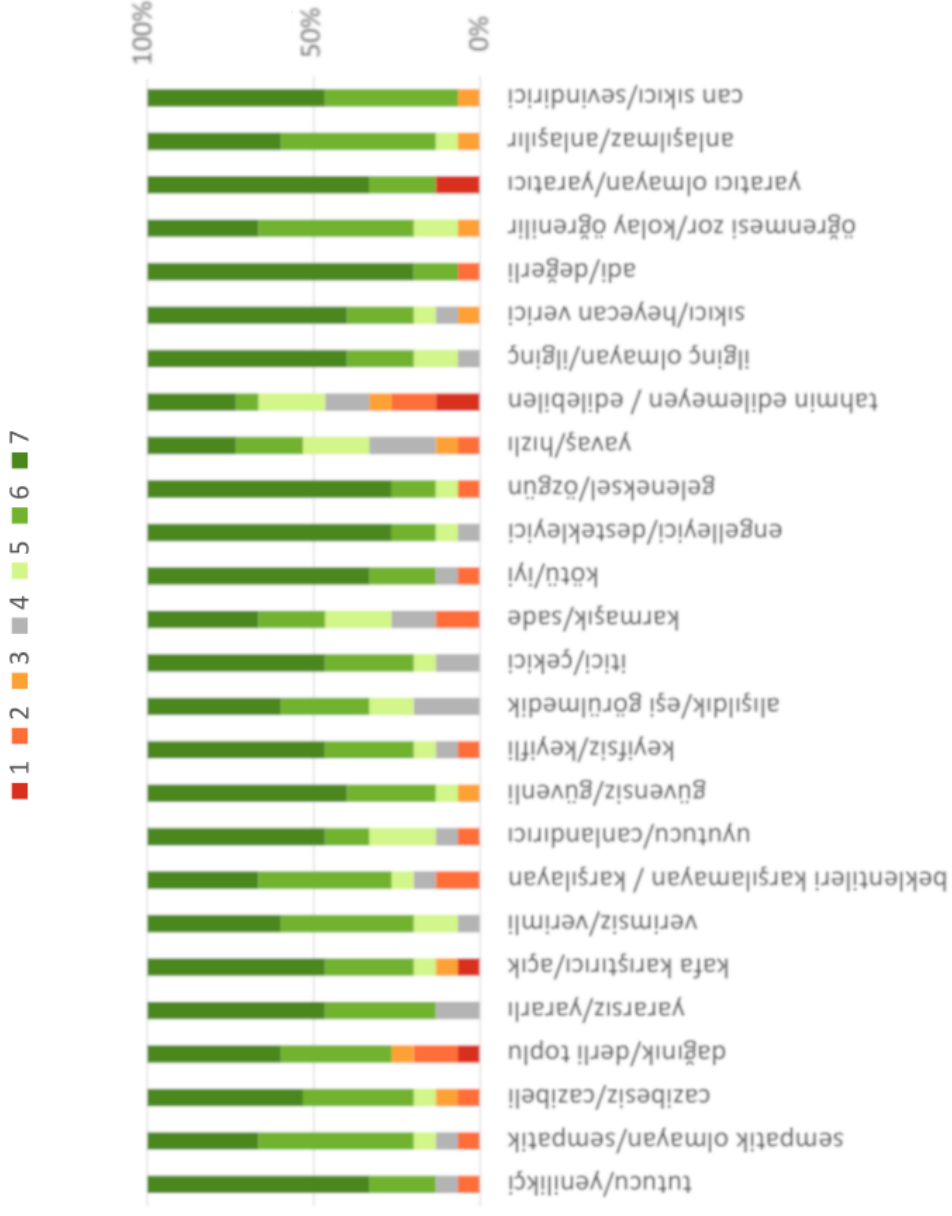
Deney 9 erkek, 6 kadın olmak üzere 15 hasta üzerinde 20 dakikalık bir oturum içinde yapılmıştır. Deneyimlerini ölçmek için kullanıcılara terapiden sonra anket yapılmıştır. Bu anket genel amaçlı tasarlanmış EK A1’de verilen 26 soruluk bir kullanıcı deneyimi anketi [31] ve uygulama amacına özel ilave 3 sorudan meydana gelmektedir. İlk 26 sorunun her biri uygulama ile ilişkilendirilebilecek birbirine zıt kutupla tanımlanan nitelikler ve bunlar arasındaki yedi kutucuğu (7-Likert ölçeği) içerir. Kullanıcı bu iki kutup arasında hangisinin uygulamayı daha iyi nitelendirdiğini düşünüyorsa, o kutucuğu seçer. Uygulamaya özel üç ilave soru şunlardır:

- Uygulama postürünüzü düzeltmeye yardımcı oldu mu?
- Uygulama sesinizi yerleştirmenize yardımcı oldu mu?
- Uygulamanın ses kalitenizde artış sağladığını düşünüyor musunuz?

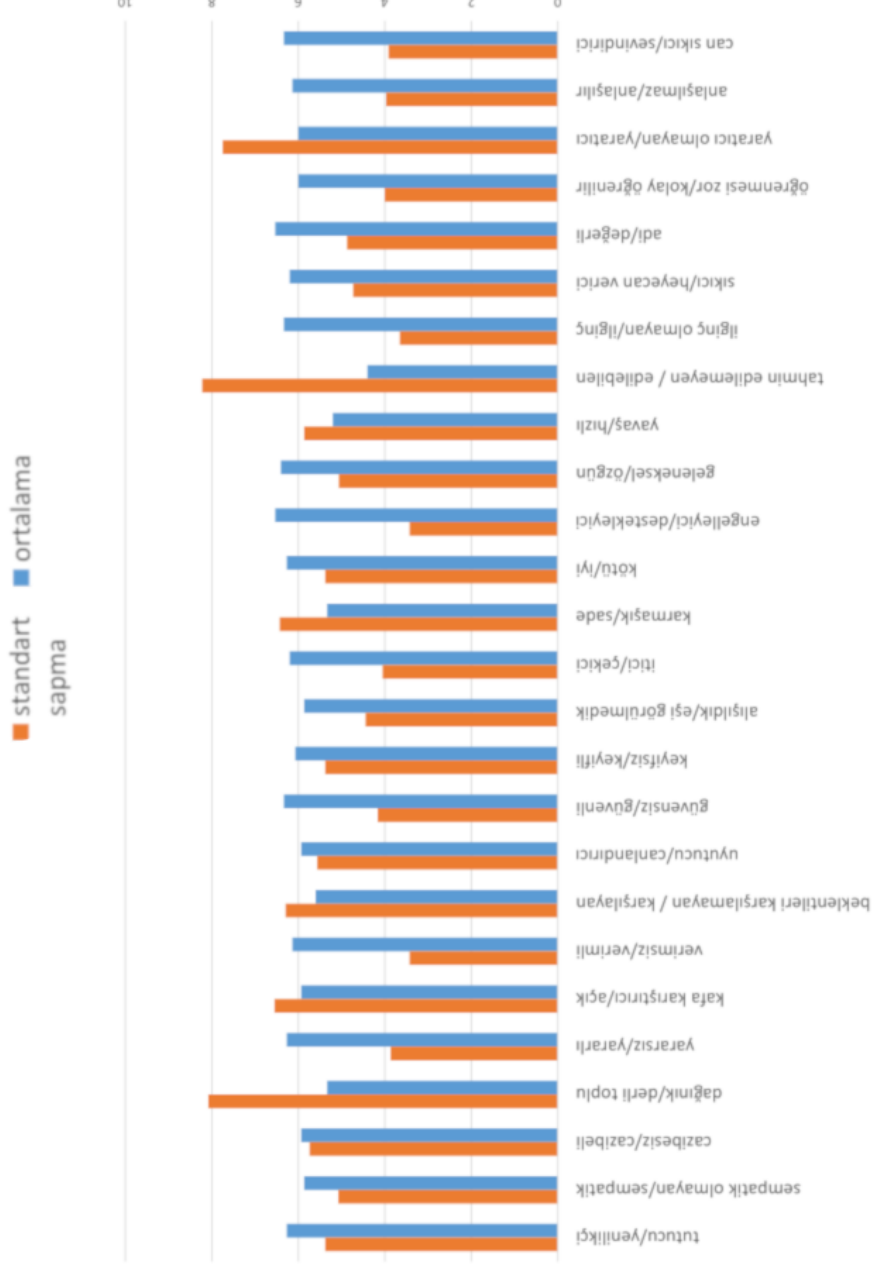
Bu soruların her biri için "evet", "hayır" veya "kararsızım" şıklarından biri seçilmektedir.

3.3 Sonuçlar

Anketteki sorular ve kullanıcıların her soru için verdiği puanlar Şekil 3.4’te görülmektedir. Yüksek puan iyi niteliğe yakın kutucuk tarafını, düşük puan kötü niteliğe yakın kutucuk tarafını işaretlediklerini ifade etmektedir. Kullanıcıların yorumları genel olarak olumlu olmasına karşın, uygulamanın tahmin edilebilirliğinin özellikle düşük olduğu belirtilmiştir. Dünya üzerinde ilk defa uygulanan bu çalışmanın denekler üzerinde oryantasyon sorunu ve kafa karışıklığı yarattığı gözlenmiştir.



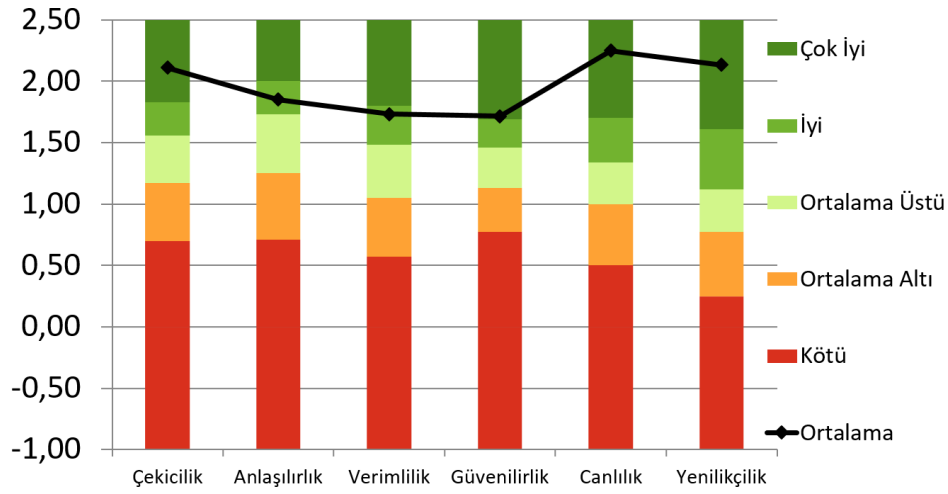
Şekil 3.4 : Anket sonuçları



Şekil 3.5 : Anket sonuçlarının ortalama ve standart sapması

Şekil 3.5'te de sonuçların ortalaması ve standart sapması görülmektedir.

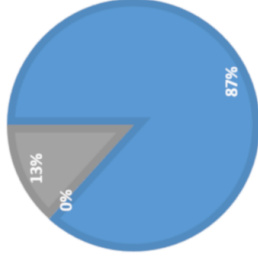
Bu anket için tasarlanmış bir karşılaştırmalı değerlendirme (benchmark) aracı da bulunmaktadır [32]. Bu karşılaştırmaya göre kullanıcı arayüzü çekicilik, anlaşılabilirlik, verimlilik, güvenilirlik, canlılık ve yenilikçilik olmak üzere altı kategoride puanlara dönüştürülmektedir (Şekil 3.6). Bu puanlar varolan karşılaştırmalı değerlendirme veri kümesi değerlerine göre göreceli olarak hesaplanmaktadır. Veri kümesi 401 çalışmada 18483 kişiden toplanmış verileri içermektedir [32]. Her kategori [-1, 2.50] arasında bir puan almaktadır.



Şekil 3.6 : Anket sonuçlarının karşılaştırmalı değerlendirmesi

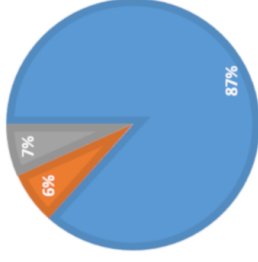
POSTÜRÜNÜZÜ DÜZELTMEME YARDIMCI
OLDU MU?

■ Evet ■ Hayır ■ Kararsızım



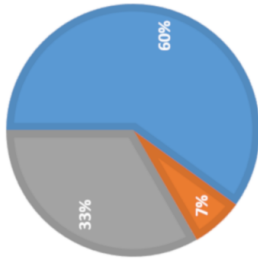
SESİNİZİ YERLEŞTİRMENİZE YARDIMCI
OLDU MU?

■ Evet ■ Hayır ■ Kararsızım



SES KALİTENİZDE ARTIŞ SAĞLADIĞINI
DÜNYÜYOR MUSUNUZ?

■ Evet ■ Hayır ■ Kararsızım



Şekil 3.7 : Deneklerin sorulara verdikleri yanıtlar

Şekil 3.7'ten da görülebildiği gibi kullanıcıların %87'si uygulamanın postürlerini düzeltmelerine yardımcı olduğunu düşünürken, kullanıcıların %13'ü kararsız kalmıştır. Kullanıcıların %87'si seslerini yerleştirmelerine yardımcı olduğunu düşünürken %6'sı yardımcı olmadığını düşünmüş ve %7'si kararsız kalmıştır. Kullanıcıların %60'ı ses kalitesinde bir artış olduğunu düşünüyorken %7'si artış olduğunu düşünmemiş ve %33'ü kararsız kalmıştır.



4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sesin kalitesi ile postür arasında bulunan ilişki ses terapistlerince terapilerde kullanılmaktadır. Lakin terapi alan kişilere, postürleri ve sesleri için terapist tarafından verilen geri bildirimler yetersiz kalabilmektedir. Terapilerin bir parçası da ses yerleştirme egzersizleri olup ses yerleştirme kişinin bir tarafa dönmeden sesini oraya odaklayabilme özelliğidir.

Bu çalışmada ses terapistlerine terapilerde yardımcı olacak ve terapilerde kişilerin performansları sırasındaki postürlerine dair geri bildirim vererek en iyi kalitede ses çıkarabilecekleri postürü korumalarına ve ses yerleşimlerini görmelerine yardımcı olacak; ve aynı zamanda azami düzeyde kullanıcı deneyimi sağlayacak bir destek sistemi geliştirilmiştir. Sistemin ses, görüntü ve hareket verilerini kullanan çoklu kipli bir sistem olması amaçlanmıştır.

Postür için ortalama ideal duruş dik, kafa ileri bakan, pelvis eğilmemiş ve omuzlar geride olarak belirlenmiştir. Postür değerlendirmek amacıyla bu duruş nötr duruş kabul edilerek kullanıcının duruşu bu duruştan sapma miktarına göre değerlendirilmiştir.

Ses terapisti tarafından hastaların da anlayabileceği basitlikte olması göz önünde tutularak ekranada gösterilecek ses öznitelikleri F0 ve genlik olarak belirlenmiştir. Bu özniteliklerle terapist kullanıcından duruşunu düzeltmesi veya belli bir pozisyonda durmasını; sesini kalınlaştırmasını/inceltmesini ve/veya daha kuvvetlice ses çıkarmasını istediğinde, postür ve özniteliklerin geri bildirimleri sayesinde kullanıcı ne yapması gerektiği konusunda daha doğru ve hızlı karar verebilmektedir.

Sistemimizde ses yerleşimi algoritması koşturmaktadır. Profesyonel ses kullanıcıları ile yapılan deneylerde deneklerin ses spektrogram analizi sonucunda lateral eksen için seslerinin 5000 ile 7000 Hz arasındaki enerji değerlerinin yüksekliği ile gönderilen sesin mikrofona olan yakınlığı arasında doğru orantı olduğu saptanmıştır (Şekil 2.2). Sesin ön ve arkaya yerleşimi için Soft Phonation Index (SPI) parametresi kullanılarak ön ve arka mikrofondan ayrı ayrı gerçek zamanlı ses spektrogramının 1800-4500Hz

ile 70-1800Hz bandındaki enerji değerlerinin oranı alınarak, çıkan iki değerin moment noktası dikey ekseninde yerleştirilen ses olarak kabul edilmiştir.

Kullanıcıya anlam ifade edebilecek ses öznitelikleri çubuk grafikleri olarak ekrana bastırılmaktadır. Ses öznitelik değerleri doktorun belirlediği bir sınırın altında veya üstünde kaldığında bar grafiklerinde meydana gelen renk değişimleri ile yapılmaktadır.

Vücut duruşu için de insan modeli üzerinde renklerle geri bildirim yapılmaktadır. Belirlenen ideal duruş için her bir eklemden belli oranın ötesinde sapma meydana geliyorsa bölgede renk değişimi meydana gelmektedir. Sapma miktarına göre yeşil-iyi, sarı-orta ve kırmızı-kötü olmak üzere kullanıcıya renk tabanlı geri bildirimler verilmektedir.

Ses yerleşimi hakkında geri bildirim vermek için ses yerleşimini iki boyutlu düzlemde gösteren bir grafik kullanılmıştır. Grafikte orta nokta kullanıcının konumunu ifade eder. Ses yerleşimi hesaplamaları sonucu elde edilen koordinatlar da kare alan üzerinde bir işaretçi ile belirtilir.

Kullanıcı deneyleri 9 erkek, 6 kadın olmak üzere 15 hasta üzerinde 20 dakikalık bir oturum içinde yapılmıştır. Deneyimlerini ölçmek için kullanıcılara terapiden sonra anket yapılmıştır. Bu anket genel amaçlı tasarlanmış 26 soruluk bir kullanıcı deneyimi anketi ve uygulama amacına özel 3 sorudan meydana gelmektedir. İlk 26 sorunun her biri uygulama ile ilişkilendirilebilecek iki birbirine zıt kutuplu nitelik ve bunlar arasındaki yedi kutucuğu (7-Likert ölçeği) içerir. Kullanıcıların yorumları genel olarak olumlu olmasına karşın, uygulamanın tahmin edilebilirliğinin düşük olduğu belirtilmiştir.

Kullanıcıların %87'si uygulamanın postürlerini düzeltmelerine yardımcı olduğunu düşünürken %13'ü kararsız kalmıştır. Kullanıcıların %87'si seslerini yerleştirmelerine yardımcı olduğunu düşünürken %6'sı yardımcı olmadığını düşünmüş ve %7'si kararsız kalmıştır. Kullanıcıların %60'ı ses kalitesinde bir artış olduğunu düşünüyorken %7'si artış olduğunu düşünmemiş ve %33'ü kararsız kalmıştır.

Gelecekte daha iyi bir kullanıcı deneyimi sağlamak için bir sanal gerçeklik arayüzü tasarlanması planlanmaktadır. Ayrıca sentetik kumaştan yapılan hareket yakalama

sistemleri kullanılarak hareket sırasında sensörlerin kaymasından kaynaklanan sorunların ortadan kaldırılması amaçlanmaktadır.





KAYNAKLAR

- [1] **Çağatay Demirel, Aydan, H.C., İsmail Koçak ve İnce, G.** (2018). Automatic Posture Evaluation for Professional Voice Users, *3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)*, s.318–323.
- [2] **Wu, Z., Liu, W. ve Xing, W.** (2017). A Novel Method for Human Motion Capture Data Segmentation, *IEEE 15th Intl Conf on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 15th Intl Conf on Pervasive Intelligence and Computing, 3rd Intl Conf on Big Data Intelligence and Computing and Cyber Science and Technology Congress(DASC/PiCom/DataCom/CyberSciTech)*, s.780–787.
- [3] **Sato, K., Usui, Y., Yanagida, E. ve Watabe, S.** (2017). Evaluating the Use of Motion Capture in Practicing Local Folk Dance, *International Conference on Culture and Computing (Culture and Computing)*, s.1–4.
- [4] **Hachaj, T., Ogiela, M.R. ve Piekarczyk, M.** (2017). The Open Online Repository of karate Motion Capture Data: A Tool for Scientists and Sport Educators, *IEEE Symposium Series on Computational Intelligence (SSCI)*, s.1–5.
- [5] **de Moraes, W.O. ve Wickström, N.** (2011). A Serious Computer Game to Assist Tai Chi Training for The Elderly, *IEEE 1st International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*.
- [6] **Borghese, A., Pirovano, M., Mainetti, R. ve Lanzi, P.L.** (2012). An Integrated Low-cost System for at-home Rehabilitation, *18th International Conference on Virtual Systems and Multimedia*, s.553–556.
- [7] **Pogorelec, B., Bosnić, Z. ve Gams, M.** (2012). *Automatic Recognition of Gait-related Health Problems in the Elderly Using Machine Learning*.
- [8] **Bourke, A.K., O'Donovan, K.J., Nelson, J. ve OLaighin, G.M.** (2008). *Fall-detection Through Vertical Velocity Thresholding Using a Tri-axial Accelerometer Characterized Using an Optical Motion-capture System*.
- [9] **Kayama, H., Okamoto, K., Nishiguchi, S., Yamada, M., Kuroda, T. ve Aoyama, T.** (2014). Effect of a Kinect-Based Exercise Game on Improving Executive Cognitive Performance in Community-Dwelling Elderly: Case Control Study, *J Med Internet Res*.
- [10] **Ivanov, A.V. ve Zhilenkov, A.A.** (2018). The Use of IMU MEMS-sensors for Designing of Motion Capture System for Control of Robotic Objects, *IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (EIconRus)*, s.890–893.

- [11] **Sinha, A.K., Sahu, S.K., Bijarniya, R.K. ve Patra, K.** (2017). An Effective and Affordable Technique for Human Motion Capturing and Teleoperation of a Humanoid Robot Using an Exoskeleton, *2nd International Conference on Man and Machine Interfacing (MAMI)*, s.143–144.
- [12] **Staes, F.F., Jansen, L., Vilette, A., Coveliers, Y., Daniels, K. ve Decoster, W.** (2011). Physical Therapy as a Means to Optimize Posture and Voice Parameters in Student Classical Singers: A Case Report, 91–101.
- [13] **Arboleda, B.M.W. ve Frederick, A.L.** (2008). Considerations for Maintenance of Postural Alignment for Voice Production, *Journal of Voice*, s.90–99.
- [14] **Lee, K.B. ve Grice, R.A.** (2006). The Design and Development of User Interfaces for Voice Application in Mobile Devices, *IEEE International Professional Communication Conference*, s.308–320.
- [15] **Hutchinson, T., White, K., Martin, W., Reichert, K. ve Frey, L.** (1989). Human-computer Interaction Using Eye-gaze Input, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, s.1527–1534.
- [16] **Zeng, J., Sun, Y. ve Wang, F.** (2012). A Natural Hand Gesture System for Intelligent Human-Computer Interaction and Medical Assistance, *Third Global Congress on Intelligent Systems*, s.382–385.
- [17] **Nielsen, J.** (1993). Iterative User-Interface Design, 32–41.
- [18] **Goguen, J.** (1999). An Introduction to Algebraic Semiotics, 242–291.
- [19] **Gregor, P., Newell, A. ve Zajicek, M.** (2002). Designing for Dynamic Diversity: Interfaces for Older People, *Proceedings of the Fifth International ACM Conference on Assistive Technologies*, s.151–156.
- [20] **Hillestad, R., Bigelow, J., Bower, A., Girosi, F., Meili, R., Scoville, R. ve Taylor, R.** (2005). Can Electronic Medical Record Systems Transform Health Care? Potential Health Benefits, Savings and Costs, 1103–1117.
- [21] **Sittig, D.F., Kuperman, G.J. ve Fiskio, J.** (1999). Evaluating Physician Satisfaction Regarding User Interactions with an Electronic Medical Record System, *AMIA Symposium*, s.400–404.
- [22] **Dabbs, A.D.V., Myers, B., McCurry, K., Dunbar-Jacob, J., Hawkins, R., Begey, A. ve Dew, M.A.** (2009). User-centered Design and Interactive Health Technologies for Patients, 175–183.
- [23] **Patel, V., Arocha, J. ve Kaufman, D.** (2001). A Primer on Aspects of Cognition for Medical Informatics, 324–343.
- [24] **Jaspers, M.W., Steen, T., van den Bos, C. ve Geenen, M.** (2004). The Think Aloud Method: A Guide to User Interface Design, 781–795.
- [25] **Kushniruk, A.W., Patel, V.L. ve Cimino, J.J.** (2012). Usability Testing in Medical Informatics: Cognitive Approaches to Evaluation of Information Systems and User Interfaces, 218–222.

- [26] **Salman, B.Y., Cheng, H.I. ve Patterson, P.E.** (2012). Icon and User Interface Design for Emergency Medical Information Systems: A Case Study, 29–35.
- [27] **Zheng, K., Padman, R., Johnson, M.P. ve Diamond, H.S.** (2009). An Interface Driven Analysis of User Interactions with an Electronic Health Records System, 228–237.
- [28] **Chittaro, L.** (2001). Information Visualization and its Application to Medicine, 81–88.
- [29] **McAuliffe, M., Lalonde, F., McGarry, D., Gandler, W., Csaky, K. ve Trus, B.** (2001). Medical Image Processing, Analysis and Visualization in Clinical Research, 381–386.
- [30] **Tang, P.C. ve Patel, V.L.** (1994). Major Issues in User Interface Design for Health Professional Workstations: Summary and Recommendations, 139–148.
- [31] **Laugwitz, B., Schrepp, M. ve Held, T.** (2008). Construction and Evaluation of a User Experience Questionnaire, 63–76.
- [32] **Schrepp, M., Hinderks, A. ve Thomaschewski, J.** (2017). Construction of a Benchmark for the User Experience Questionnaire (UEQ), 40–44.





EK A.1

Lütfen ürüne ilişkin değerlendirmenizi, her sıradan yalnızca bir kutucuğu işaretleyerek yapınız.

	1	2	3	4	5	6	7		
tatsız	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	memnun edici	1
anlaşılmaz	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	anlaşılır	2
yaratıcı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	yaratıcı değil	3
kolay öğrenilir	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	öğrenilmesi zor	4
değerli	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	adi	5
sıkıcı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	heyecan verici	6
ilginç değil	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	ilginç	7
tahmin edilemez	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	tahmin edilebilir	8
hızlı	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	yavaş	9
özgün	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	geleneksel	10
engelleyici	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	destekleyici	11
iyi	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	kötü	12
karmaşık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	sade	13
itici	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	cezbetici	14
alışıldık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	eşi görülmedik	15
hoşa gitmeyen	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	hoşa giden	16
güvenli	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	güvensiz	17
canlılık verici	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	uyutucu	18
beklentileri karşılayan	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	beklentileri karşılamayan	19
verimsiz	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	verimli	20
açık	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	kafa karıştırıcı	21
yararsız	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	yararlı	22
derli toplu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	dağınık	23
çekici	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	çekici değil	24
sempatik	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	sempatik değil	25
tutucu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	yenilikçi	26

Değerlendirmeniz için teşekkür ederiz ☺

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Hasan Can Aydan

Doğum Tarihi ve Yeri: 1992, Samsun

E-Posta: aydanh@itu.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans:** 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİMLER VE ÖDÜLLER:

- 2016-2019 Yazılım Geliştirme - DrVoice Tekno

YÜKSEK LİSANS TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Aydan H.C., Demirel Ç., Koçak İ., İnce G., 2019. Ses Terapisi için Çok Kipli Destek Sistemi. 27. *Uluslararası Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*, Nisan 24-26, 2019 Sivas, Türkiye.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- Demirel Ç., Aydan H.C., Koçak İ. İnce G, Automatic Posture Evaluation for Professional Voice Users, 3rd International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK), 2018, pp. 318-323
- Aydan H.C., Korkmaz M., Çizmeci B., Koçak İ., Eğrican N., İnce G., Voice Cloud Platform for Medical Applications, 25th Signal Processing and Communication Applications Conference (SIU), 2017, pp. 1-4