

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**METAVERSE ORTAMI İÇİN EL HAREKETLERİ
TANIMLAMA İLE AKILLI MUTFAK GEREÇLERİ
KONTROLÜ**

**Hazırlayan
Buse BATUKAN**

**Danışman
Doç. Dr. Bülent KAYA**

Yüksek Lisans Tezi

**OCAK 2023
KAYSERİ**

**T.C.
ERCIYES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**METAVERSE ORTAMI İÇİN EL HAREKETLERİ
TANIMLAMA İLE AKILLI MUTFAK GEREÇLERİ
KONTROLÜ
(Yüksek Lisans Tezi)**

**Hazırlayan
Buse BATUKAN**

**Danışman
Doç. Dr. Bülent KAYA**

**Ocak 2023
KAYSERİ**

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin, akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim. Aynı zamanda bu kural ve davranışların gerektirdiği gibi, bu çalışmanın özünde olmayan tüm materyal ve sonuçları tam olarak aktardığımı ve referans gösterdiğimi belirtirim.

Buse Batukan

İmza

“Metaverse Ortamı İçin El Hareketleri Tanımlama ile Akıllı Mutfak Gereçleri Kontrolü” adlı Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Lisansüstü Tez Önerisi ve Tez Yazma Yönergesi’ ne uygun olarak hazırlanmıştır.

Hazırlayan

Buse BATUKAN

İmza

Danışman

Doç. Dr. Bülent KAYA

İmza

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği ABD Başkanı

Prof. Dr. Cem SİNANOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Hayatım boyunca bana her türlü desteği sağlayıp yanımda olan anneme, babama, kardeőime, amcama, vazgeçtiğimi düşündüğüm her anda bana destek olan arkadaşlarıma ve bu süreçte her durumda yanımda olan danışmanıma teşekkür ederim.

Buse BATUKAN

Ocak, 2023, KAYSERİ



METAVERSE ORTAMI İÇİN EL HAREKETLERİ TANIMLAMA İLE AKILLI MUTFAK GEREÇLERİ KONTROLÜ

Buse BATUKAN

Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Yüksek Lisans Tezi, Ocak, 2023

Danışman: Doç. Dr. Bülent KAYA

ÖZET

Günümüzde çeşitli sensörler vasıtasıyla, sanal ve gerçek dünya arasında, insan bilgisayar etkileşimini sağlayan arayüzler ve bunların ergonomisi üzerine çalışmaların arttığını gözlemlemekteyiz. İnsan-bilgisayar etkileşiminin ergonomisi ile ilgili genel çerçeve ISO 92411-960 standartları içinde tanımlansa da, ortaya çıkan yeni sensörler, ile, her dönem güncellenmeye muhtaç kapsamlar olacağını öngörmekteyiz. Sözlü olmayan evrensel bir iletişim aracı olarak el hareketleri ise, bilgisayar insan etkileşimi sistemleri araştırmacıları tarafından kullanılmaktadır. Bu çalışmada sunulduğu üzere, Leap Motion hareket sensörü vasıtasıyla, naturel el hareketlerini algılanıp, tanımlayarak, Unity3D ortamında oluşturulan bir arayüzle etkileşim sağlanmıştır. Arayüz üzerine yerleştirilen 3D sanal ocak modeli, el hareketleri ile kontrol edilebilirken, aynı zamanda gerçek dünyaya sinyaller gönderilebilmektedir. Bu durumda, bu çalışmada hedef olarak seçilen bir ankastre ocak gibi, üzerinde mikroişlemci barındıran herhangi bir mutfak gerecinin kontrolü mümkündür. Çalışmada gerçek ocağın simülasyonu, Arduino kartı ve buna entegre edilen LED'ler ile yapıldı. Sanal ortamda, ocak fonksiyonları, Arduino seri haberleşmesi üzerinden kontrol edilen LED'lerin tepkisine göre değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Leap Motion, Arayüz Tasarımı, Temassız Sistem Tasarımı.

SMART KITCHENWARE CONTROL WITH GESTURE IDENTIFICATION FOR METAVERSE ENVIRONMENT

Buse Batukan

Erciyes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences
Master Thesis, January 2023
Supervisor: Assoc. Prof. Bülent KAYA

ABSTRACT

Nowadays, we observe an increasing number of studies on interfaces that provide human-computer interaction between the virtual and real world, and their ergonomics, through various sensors. Although the general framework regarding the ergonomics of human-computer interaction is defined by ISO 92411-960 standards, we foresee that there will be scopes that need to be updated every period with the developments in the areas such as new sensors. Hand gestures are already used by computer-human interaction systems researchers as a universal non-verbal communication tool. As presented in this study, natural hand movements are detected and defined by the Leap Motion motion sensor and interacted with an interface created in the Unity3D environment. The 3D virtual furnace model placed on the interface can be controlled by hand movements while simultaneously sending signals to the real world. In this case, it is possible to control any kitchen appliances that have a microprocessor on them, such as a hob, which was chosen as the target in this study. In the study, the simulation of the actual hob was conducted with an Arduino and integrated LEDs. In the virtual environment, the hob functions are evaluated according to the response of the LEDs controlled via Arduino serial communication.

Keywords: Leap Motion, Interface Design, Touchless System Design.

İÇİNDEKİLER

METAVERSE ORTAMI İÇİN EL HAREKETLERİ TANIMLAMA İLE AKILLI MUTFAK GEREÇLERİ KONTROLÜ

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK	ii
YÖNERGEYE UYGUNLUKEYE UYGUNLUK	iii
KABUL ONAY SAYFASI.....	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
TABLolar LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xii
GİRİŞ	1

1. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR

1.2. Literatür İnceleme	3
-------------------------------	---

2. YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Yaygın Bilişim Kavramı (Ubiquitous Computing)	7
2.2. Haptik Sistemler (Haptic Systems).....	7
2.3. Nesnelerin İletişimi (IoT).....	8
2.4 Gerçeklik Kavramları (AR-VR-MR)	8
2.5. Metaverse	10
2.6. İskelet Takip Sistemleri	10
2.7. El Hareketleri Takip Sistemleri.....	12
2.8. Leap Motion Hareket Sensörü.....	13
2.8.1. LM Hareket Sensörü	14
2.8.2. Stereo Görüntüleme Tekniği	17

2.8.3. LM Uygulamaları	19
2.9. Arduino ve Ara Elemanlar	20

3. METODOLOJİ

3.1. Bilişsel ergonomi için ISO Standartları	23
3.2. Ergonomi İçin RULA Analizi	23
3.3 Çalışma Safhaları.....	28
3.3.1. Core assets kurulumu.....	31
3.3.2. Interaction Engine Kurulumu	32
3.3.3 Sahne Hazırlığı- Objelerin Yerleşimi.....	33
3.3.4. Sahne Düzenlemesi	34
3.3.5. Arduino-Unity Entegrasyonu	36
3.3.6. Arduino bağlantısı	36
3.4. Projenin Çalışması	38
3.5. Projeyi Dışa Aktarma	40

4. TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

KAYNAKÇA	44
ÖZGEÇMİŞ.....	49

KISALTMALAR

LM: Leap Motion



TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. El Takip Sistemi Kullanımı Üzerine Deneyimler.....	5
Tablo 2. RULA Puanı ve Açıklamaları.....	26
Tablo 3. Temel Arduino Komutları	38



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Milgram'ın Basitleştirilmiş Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği Çizelgesi [25].....	10
Şekil 2. NuiTrack iskelet algılama mekanizması [29]	11
Şekil 3. CyberGloves references [31]	12
Şekil 4. Neonode isimli donanımın farklı açılardan modeli [33].....	13
Şekil 5. LM içerisindeki Kamera ve LED'lerin yerini gösteren görüntü [35].....	14
Şekil 6. Leap Motion'ın Tek Başına Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Üst Görünüş	15
Şekil 7. Stereo Eklentisi ile Leap Motion'ın Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Üst Görünüş	15
Şekil 8. LM'nin Tek Başına Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Profil Görünüş	16
Şekil 9. Stereo Eklentisi ile LM'nin Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Profil Görünüş.....	17
Şekil 10. Stereo Vision Teknoloji Şematik gösterim [45]	18
Şekil 11. Virtual Piano Uygulaması ve Kullanımı.....	19
Şekil 12. Arduino Uno ve pinleri [47]	20
Şekil 13. Camera Position Visualiser Arayüzü [38]	22
Şekil 14. Ergonomi analizi RULA Tablosu	24
Şekil 15. Elin LM üzerinde serbest konumu.....	25
Şekil 16. Elin buton tutma hareketi.....	25
Şekil 17. Elin butonu tutup, butonu sağa döndürme hareketi	26
Şekil 18. Denklemler için gerekli açılar ve bilinmesi gereken uzunluklar [41].....	27
Şekil 19. Kalibrasyon 1. aşaması Touch Free arayüzü	28
Şekil 20. Kalibrasyon 2. aşamasının ilk adımı alt nokta belirleme.....	29
Şekil 21. Kalibrasyon 2. aşamasının ikinci adımı üst nokta belirleme	30
Şekil 22. Leap Motion- Bilgisayar ve Arduino Bağlantı Şeması.....	31
Şekil 23. Leap Motion Demo ve Asset Setinin Hiyerarşik Görünümü.....	32
Şekil 24. Interaction Manager Prefab'ı ve Asset Setinin Hiyerarşik Görünümü.....	33
Şekil 25. Butonlar herhangi bir etkileşim halinde değilken sahne görüntüsü.....	34
Şekil 26. Sahnenin 3D sahne olarak görüntüsü.....	34

Şekil 27. Butonların etkileşimini kısıtlamak için dondurulan pozisyonlar	35
Şekil 28. Buton ve ocak beklerinin etkileşimde değilken sahnede görüntüsü	35
Şekil 29. Buton ve ocak beklerinin etkileşimde iken sahnede görüntüsü	36
Şekil 30. Arduino Pin bağlantıları.....	37
Şekil 31. Kırmızı butonla eşleşen kırmızı LED'in yanması	38
Şekil 32. Sarı butonla eşleşen sarı LED'in yanması	39
Şekil 33. Mavi butonla eşleşen mavi LED'in yanması	39
Şekil 34. Yeşil butonla eşleşen yeşil LED'in yanması	40
Şekil 35. Projenin Execute edilerek uygulama haline dönüştürülmesi	41



GİRİŞ

Teknoloji son yirmi yılda çok büyük ilerleme kat ederek hayatımızda vazgeçilmez bir konuma yerleşerek, her bir teknoloji birbiri ile alakalı ve entegre halde insan hayatını kolaylaştırmaktadır.

Bu çalışma ile kullandığımız Leap Motion (LM) hareket sensörü vasıtasıyla, herhangi bir kişinin el hareketlerini algılayarak, bu jestlere göre elektrikli bir mutfak eşyasının kontrolünü sağlayan bir arayüzün geliştirilmesi hedeflendi. Çalışmada, hedef olarak bir ocak seçildi ve bu ocağın 3D modellenmesi yapılarak, sahip olduğu komponentlerin fonksiyonları ve ergonomisi analiz edildi. Bu veriler ise, Unity ve C# ortamında kullanılarak sanal bir ocak arayüzü geliştirildi. Bu sanal ocağın, LM hareket sensörü ile kontrol edilmesi sağlandı. Sanal ocağı gerçek dünya ile irtibatı ise Arduino Uno üzerine bağlanan ve her biri aslında ocağın bekini simüle eden bir dizi LED kontrolü ile sağlandı.

Böylelikle, aslında stereo görme mantığı ile çalışan LM hareket kamerası ile temassız bir şekilde, doğala uygun el jestleriyle elektrikli ve üzerinde bir mikroişlemci barındıran ev eşyalarının kontrolünün sağlanabilir. Bu haliyle, çalışma gerek hijyen gerekse özellikle yaşlı ve engelli bireyler için kullanım kolaylığı sağlayan bir dizi geliştirilmeye açık prosedürler sunmaktadır. Gelişen görüntü işleme teknikleri ve işlemci hızlarıyla, bir ev otomasyonu için gerekli temassız sistem protokollerinin, gelecekte çeşitli kullanımlarla karşımıza çıkması yüksek bir olasılıktır.

1. GENEL BİLGİLER VE LİTERATÜR

Gelişen teknoloji, her alanda değişime ve gelişime öncülük ederek; bireylerin hayatlarını kolaylaştırıp, her şeye en kısa sürede ve kolaylıkla sahip olabilmelerine olanak tanımaktadır. Gelişen teknolojinin en temel örneği akıllı telefonlarla beraber, sanal gerçeklik uygulamaları, insanların hayatlarını olumlu yönde etkileyerek, tıp, sanayi gibi alanlarda da insan sağlığı için kritik uygulamalarda fiziksel teması ortadan kaldırmaya başlanmaktadır [7]. Sanal gerçeklik teknolojileri, çalışanların, çalışma sahasına girmesinin sakıncalı olduğu durumlarda, uzaktan kontrol imkânı sunmaktadır. Bununla beraber, kullanılan ekipman için halihazırda harcanan tasarım, kalıp ve üretim gibi giderleri de ortadan kaldırabilir.

Kullanıcı ergonomisi düşünülerek çalışanların ve çeşitli faaliyetleri hızlıca gerçekleştiremeyecek olan yaşlılar ve fiziksel engeli olan bireylerin sağlık durumları göz önünde bulundurularak, uzaktan kontrol imkânı sunan bir sistem geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Sistemin kontrolü için seçilen Leap Motion hareket sensörü ile aktivitelerin temassız sağlanması, günlük hayatta kullanılan el ve parmak hareketlerinin bu sensör ile algılanarak çeşitli sistemlerin kontrol edilmesi, bireylerin günlük ve acil durum kullanımında kolaylık sağlayacaktır.

Sanal ortama yerleştirilen 3D ocak modeli ve butonların, Leap Motion (LM) hareket sensöründen temassız olarak alınan el takip verileri ile sanal olarak kontrol edilmesi planlanmaktadır. Tasarlanan bu sistem, kurulumu kolay, hızlı entegre edilebilen, kullanıcıların sistemin nasıl kullanıldığını kavramak için çok zaman harcamasını gerektirmeyecek bir sistemdir. Günlük hayatta kullanılan el hareketlerinin, LM tarafından kolaylıkla algılanması çok büyük bir avantajdır.

İlerleyen bölümlerde LM ile ilgili literatür taraması ile, LM ile entegre tasarlanan sistemin kurulumu ve işleyişi, kullanılan sistemler ve alternatif teknolojiler üzerine detaylı bilgiler sunulmaktadır.

1.2. Literatür İnceleme

Bu bölümde LM ile ilgili farklı çalışma alanlarından onlarca makale incelemesi sunulmaktadır. Değerlendirilen literatürler, eğitim, eğlence, deneysel çalışmalar olarak 3 kola ayrılmaktadır. Eğitim kategorisinde, çeşitli alanlarda kullanıcıları eğiten çalışmalara yer verilmektedir. Eğlence kategorisi içinde, kullanıcıların keyifli zaman geçirmesi için tasarlanan çalışmalar sunulmaktadır. Deneysel çalışma kategorisinde, ilk defa LM kullanacak kullanıcıların bu konudaki öneriler ve incelenen tüm çalışmalardaki gözlemlere yer verilmektedir.

Hem ilgi çekici hem de LM ile ilgili literatürlerde en çok yer alan çalışma duyma engelli insanlar için işaret dili ile LM üzerinden iletişimi sağlamaya yönelik arayüz tasarımıdır. Her bir dil için ayrı bir işaret dilinin olması bu çalışmayı her dile has kılmaktadır. Bu sebeple her ülkede, kendi işaret dili için geliştirilen çalışmalar bulunmaktadır Aurelio'nun İngilizce dili için tasarladığı sistemle beraber [1] Türkçe dili [2] ve Arapça dili [3] için yapılan benzer çalışmaları bulunmaktadır.

Bu çalışmada, LM, TV uzaktan kumandasının komutlarını gerçekleştirmeye çalışan bir arayüz çalışması içinde kullanılmaktadır. Farklı uzaktan kumanda komutunu test etmesi için katılımcılar çağrılarak, bu katılımcılardan her bir komut için kendi el hareketlerini belirleyip, TV'yi kendi buldukları hareketlerle kontrol etmeleri istenmektedir. Devamında TV kontrolü için hangi kontrol mekanizmasını tercih ettikleri tartışılmaktadır. Çalışmanın devamında, yapılan ankette katılımcıların %82'si LM kontrollerini ettiklerini belirtmektedir. [4].

İncelen çalışmalardan biri, Endonezya'da meşhur bir çocuk oyunu olan ve halk arasında '5 taş' diye adlandırılan 'Bekel' oyununu Unity ortamında modellerek, LM ile oyun oynamaya imkân sağlayan bir yazılım uygulamasıdır. Çalışma şu şekilde ilerlemektedir: Oyun motorunda modellenerek ve LM ile entegreye hazır halde bulunan 6 adet oyun pulumuz ve elimiz oyun sahnemizde bulunmaktadır. LM ile etkileşime giren elimiz sahnede bulunan pulları önce tekli sonra ikişerli sonra üçerli toplayarak sahnede hiç pul kalmayana kadar bu oyunu devam ettirilerek oyun tamamlanmaktadır [5].

Çocuk gelişimi için üzerinde çalışılmış, **Honey Bee Dance [6]** isimli uygulama, çocukların referans hareketleri LM üzerinde deneyerek, onların zihinsel fonksiyonlarını geliştirmesine yardımcı olması için tasarlanmıştır.

Tıp eğitimi alanında, tıp öğrencileri ve anatomiye merak duyan kişiler için, 3D modellenen iskelete LM yardımı ile dokunabilir, döndürülüp daha detaylı incelenmesi sağlanmaktadır [7].

Leap Motion kullanarak, bilim fuarı ziyaretçileri için, güneş sisteminde bulunan gezegenlerin ve özelliklerinin tanıtılması ve interaktif bir şekilde yakından incelenmesine olanak tanıyan bir uygulama geliştirilmiştir [8].

LM kullanım kolaylığını gözlemlemek için yapılan bu çalışmada, LM ile Photoshop CS6 grafik tasarım programı kullanması için alanında uzman 5 gönüllü çağrılmaktadır. Gönüllülerden LM ile yönlendirerek, Photoshop içerisinde sadece 3 komutu kullanmaları istenmektedir. Elde edilen verilere göre gönüllülerin her bir komutu başarı ile yerine getirebilmek için yaklaşık bir dakika harcadıkları görülmektedir [9].

İncelenen çalışmanın bir diğerinde LM hareket becerileri bir bilgisayar faresi ile karşılaştırılmaktadır. Kurulan sistemde, C++ kullanılarak Qt Framework üzerinden bir arayüz geliştirilip, daha önce bilgisayar ile deneyimi olan ama LM denememiş kullanıcılara iki pencere sunulur ve bu pencereleri iki farklı cihazı kullanarak seçmeleri istenmektedir. LM konulduğu masaya sabitlenmiş, kullanıcıların en ergonomik şekilde bilgisayar faresini ve LM kullanması için en doğru konumda oturmaları sağlanmaktadır. Sonuç olarak, hata alma oranları, bilgisayar faresi ile kıyaslandığında LM ile 3 kat daha yüksek olduğu gözlemlenmektedir. Seçim yapabilmek için harcanan süre de yine LM ile daha yüksek olduğu ölçülmüştür. Ayrıca, kullanıcılar tarafından anket sonunda, LM kullanımının, bilgisayar faresini kullanmaktan 2 kat daha fazla zahmetli olduğu beyan edilmektedir [10].

Özelleştirilmiş bir telefon ile el algılaması sağlayarak, farklı alfabelerde yer alan harfleri, el ile çizerek kolay bir şekilde algılayan bu çalışmada katılımcıların bu donanımı kullanarak bu donanım hakkındaki düşünceleri alınmıştır. Yakın zamanda bir oyun konsolu ile oyun oynamış bu konuya hâkim kullanıcılar, oyun konsolu ile karşılaştırıldığında, bu özel telefon kullanılarak harfleri yazdırmanın çok daha kolay olduğunu ve yorulmadıklarını belirtmektedirler [11].

Udayan [12] tarafından hazırlanan ‘El Hareketi Temelli Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Sürükleyiciliği’ üzerine yapılan çalışmada, sanal gerçeklik deneyimi yaşayan kullanıcılara deneyimleri ile ilgili sorular sorularak sanal gerçekliğin-gerçeklikle bağlantısı Tablo 1’deki sorular ile saptanmak istenmektedir.

Tablo 1. El Takip Sistemi Kullanımı Üzerine Deneyimler

El Takip Sistemi Kullanıcı Deneyi Soruları	
El Hareketi Deneyimi ile İlgili Sorular	Sanal modeldeki elleri kendi elim gibi hareket ettirdim.
	Sanal modeli kendi elimi kullandığım gibi yönettim.
	Sanal modeldeki ellerin benim elimi hareketine yön verdiğinin hissettim.
	Sanal modelin hareketinin benim ellerimle etkileşimle hareket etmediğini düşündüm.
Parmak Hareketi Deneyimi ile İlgili Sorular	Sanal modeldeki parmakları, kendi parmaklarım gibi hareket ettirdim.
	Sanal modeldeki parmaklar istediğim objelerle etkileşime girdi.
	Sanal modeldeki parmak hareketlerinin, kendi parmaklarımla bir alakası olduğunu düşünmüyorum.
Etkileşim Deneyimi ile İlgili Sorular	Sanal ortamda, objeleri istediğim gibi kontrol ettim.
	Sanal ortamdaki obje kontrolünü zor buldum.
	Sanal ortamdaki objeyi istediğim gibi kontrol ettim.
	Sanal el modelinin hareketini anlamak zordu.
	Sanal ortamdaki objenin kontrolü kolaydı.
	Sanal modeldeki parmaklar, ortamdaki farklı geometrilerle kolay etkileşime girdi.

Kullanıcılar tarafından sorulara verilen cevaplar ‘Katılıyorum’, ‘Kararsızım’ ve ‘Katılmıyorum’ şeklinde olmakla beraber bu cevaplardan elde edilen çıkarımlar şu şekildedir:

- %78’ünün sanal gerçeklik ortamında ellerini çok rahat bir şekilde kullanarak, sanal ortamla etkileşime girdiği,
- %31’inin sanal gerçeklik deneyimde parmaklarını sanal ortamla etkileşime girdirdiği,
- %96’sının sanal ortamda objeler ile etkileşimi kolay bulduğunu belirtmektedir.

Cabral ve arkadaşlarının [13] yaptığı çalışma el hareketi temelli sistemlerle, mouse temelli kontrol sistemlerini karşılaştırmaktadır. Kullanılan sistem, CAVE Systems adı verilen her yüzeyi ekranlar ile kaplanmış bir oda ve içerisinde kullanıcıyı tanımlamak için yerleştirilmiş bir kameradan oluşan bir teknolojidir. Bu sistem kamerası önce kullanıcının kafasını ardından ellerini tanıyarak sistem ekranlara yansıyan görüntüler ve arayüzü elleriyle kontrol etmesini sağlamaktadır. Bu sistemi deneyimleyen kullanıcılar, daha fazla yorulduklarını, bilgisayar faresi kullanımını daha kolay bulduklarını fakat el hareketi tanımlama temelli sistemleri öğrenmenin daha kolay olduğunu belirtmişlerdir.

Görüntü algılaması, LM ile eş zamanlı olarak aynı el hareket jestleri ile yapılabilmektedir. Gerekli kurulumlar yapıldıktan sonra çalışma şekli gerçek hayatta elin kullanım biçimi ile aynıdır. Loung ve arkadaşlarının çalışmasında [14] hareket engeline sahip yaşlı insanlara yönelik geliştirilen ev sistemlerinin derinlik kamerası ile algılanması çalışmasında LM ile gerçek hayatta olduğu gibi tutma döndürme hareketleri gerçekleştirilebilmektedir.

Sonuç olarak, LM üzerine yapılan araştırmalar dikkate alındığında, daha önce hiçbir sanal gerçeklik teknolojisi kullanmamış kullanıcılar ile kullanım engeli olan kullanıcıların da kolaylıkla sistemle etkileşime girdiği gözlemlenmektedir. Bireylerin, günlük hayatlarında gerçekleştirdiği yaşamsal hareketleri, ekstra herhangi öğrenme olmadan algılayan ve bunu etkileşime girdiği teknoloji aktaran bir cihaz olması sebebiyle hem kullanıcı hem de tasarımcılar için vazgeçilmez bir teknoloji olması öngörülmektedir.

2. YÖNTEM VE MATERYAL

Temassız sistemler üzerine yapılan geniş bir araştırma kısmı sunulmaktadır. Yapılan çalışmanın içeriğinin daha iyi anlaşılması için farklı teknoloji firmaları tarafından piyasaya sürülen teknolojiler ve temassız sistemlere yer verilmektedir. Projenin mantığının daha iyi anlaşılması için, LM ile benzer amaçlara hizmet eden farklı yazılım, donanım ve kavramlar hakkında bilgi verilmektedir.

2.1. Yaygın Bilişim Kavramı (Ubiquitous Computing)

Her yerde kullanılabilen gömülü sistemler içeren birbirleri ile iletişim kurabilen bilgisayar anlamına gelmektedir. Yaygın bilişim, gittiğimiz her yerde, markette, sporda, kahve dükkanında, kitapçıda karşımıza çıkan ve birtakım işlemler yapılmasına olanak veren ekranlar demektir. Radyo Frekanslı Tanımlama (RFID) teknolojisi kullanılarak basılan kartlar, kimliklerde kullanılarak, kullanıcılara çeşitli kolaylıklar sağlaması ve bilgi işleme görevi yapan akıllı ev sistemleri yaygın bilişime örnektir. İçinde nesnelere internetini barındıran her sistem ya da sensörler yaygın bilişim olarak adlandırılabilir. Sürekli yanımızda taşıdığımız telefonlar ise mobil bilişim örneğidir. [15]

2.2. Haptik Sistemler (Haptic Systems)

Haptik birçok dilde ‘dokunma, dokunsal’ anlamına gelmektedir. Kinestetik haberleşme adı verilen bu teknoloji kullanıcıdan aldığı hareketleri sanal ortamda yansıtabilen teknolojiler olarak tanımlanmaktadır. Sanal gerçeklik ortamında, hissetme duygusunun gerçeğe yaklaşması demektir.

Microsoft Research ekibi tarafından HoloLens gözlüklerle kullanılması için geliştirilen holografik iletişime olanak sağlanması amaçlanan teknoloji olarak Haptik sistem örneği olarak verilebilir. Holoport teknolojisi, iletişim kurulması istenen iki oda içine yerleştirilen 3D kameraların görüntüleri algılaması ile başlamaktadır. Ardından bu

kameralar hareketleri algılayarak üç boyutlu bilgisayar ortamına aktarmaktadır. HoloLens gözlükleri taktığımız takdirde, diğer odada aynı şartlarda hazırlanmış sistemdeki bireylerle sanal olarak iletişime geçilerek, sanal olarak nesnelerin kontrol sağlanabilmektedir [16].

2.3. Nesnelerin İletişimi (IoT)

Nesnelerin interneti (Internet of Things), sensörler, işleme yeteneği, yazılım ve internet veya diğer iletişim ağları üzerinden diğer cihazlar ve sistemlerle veri alışverişi yapan diğer teknolojilerle gömülü fiziksel nesnelere tanımlar [17].

Akla gelebilecek her türlü durumda, internet aracılığıyla uyarı sağlayan ve bilgilendiren sistemlerdir. Örnek olarak, Google Nest'in, akıllı hoparlörleri, akıllı ekranları, akıllı cihazları, termostatları, duman dedektörleri, yönlendiricileri ve akıllı kapı zilleri, kameralar ve akıllı kilitleri gibi akıllı ev ürünleri örnek verilebilir [18]. Bu sistemlerle zamandan ve enerjiden tasarruf sağlamak bununla beraber hayat kalitesini arttırmak amaçlanmaktadır.

2.4 Gerçeklik Kavramları (AR-VR-MR)

Artırılmış Gerçeklik, gerçeklik algısının türlü yazılımlar yoluyla genişletildiği teknolojidir. Sanal gerçeklik ise hiçbir fiziksel öge barındırmayan her türlü durumun bilgisayar üzerinden algılanıp yönetildiği teknoloji olarak adlandırılmaktadır. Karma Gerçeklik (Mixed Reality), hem artırılmış gerçeklik hem de sanal gerçeklik barındıran teknolojidir.

Artırılmış gerçeklik, algıladığı gerçek dünya ile aynı anda etkileşime girip sanal olarak veri akışı sağlayabilecek bir istenilen amaca hizmet edebilecek bir arayüzün ve iki ya da üç boyutlu grafiklerin, ses ve yazıların geliştirilmesi demektir. Bir artırılmış gerçeklik ortamı oluşturmak için, bir tablet, bilgisayar, webcam gibi donanımlara, arayüz oluşturmak için en çok tercih edilen ARToolKit [19], Vuforia[20] gibi yazılım paketleri, grafiksel destek için her türlü çizim programından yararlanabilmektedir. Şerit takip sistemleri ve PokemonGo oyunu en anlaşılır örnekleridir [21].

Artırılmış gerçeklik uygulamaları içine sosyal medya üzerinde deneyimlediğimiz her türlü filtre uygulaması da örnek verilmektedir. Bu uygulamaları deneyimlemek için çeşitli teknoloji firmaları farklı uygulamalar üretmektedir. Adobe bunun için yakın zamanda Aero [22] uygulamasını tanıtarak artırılmış gerçeklik uygulamalarının hazırlanması için kolay bir arayüz sunmaktadır.

Sanal gerçeklik ortamı bir ekran, bir sanal gerçeklik gözlüğü ya da kulaklığı ile sağlanabilir. Dahası tüm duylara hitap etmesi için tasarlanan tüm vücudu kaplayan kıyafetlerin üzerindeki algılayıcılar ile sanal gerçeklik donanımları oluşturulmaktadır. Bu teknoloji içine girilen sanal dünyayı en gerçek şekilde kullanıcılara sunmak için özel kameralarla çekilmiş 360 görüntülerden ve bu görüntüleri özel yazılımlarla işlenmesi ile oluşturulan 3 boyutlu bir alandan faydalanılır. Bu şekilde kullanıcının en ufak bir aksiyonu bile sanal olarak yaşanabilmektedir. Kullanıcının istediği yöne hareket etmesine olanak sağlanır.

Telefon kullanılarak gerçekleştirilen sistemlerde ekrandaki görüntüyü 3 boyutlu hale dönüştürecek lensler bulunmaktadır. Aynı zamanda telefonlar hareket algılayan sensörler de barındırdığı için konum takibi yapmak mümkündür. Oculus Rift örnek verilebilir. Google tarafından tasarlanan Cardboard isimli sanal gerçeklik aparatı kartondan üretilmiş olup telefon ile kullanma olanağı veren bir alternatiftir [23].

Karma gerçeklikte amaç, sanal ve fiziksel ortamı bir arada kullanarak yeni bir deneyim oluşturmaktır. Gerçek ortam üzerine sanal nesnelerin yerleştirilmesi temel ilkedir. Karma gerçeklik deneyimi ilk olarak Microsoft tarafından geliştirilen Windows HoloLens akıllı gözlükleri ile başlamış ve ardından bir start-up tarafından geliştirilerek piyasaya sürülen Magic Leap adı gözlükleri ile devam etmiştir. Microsoft Mesh teknolojisi, Teams üzerinden sanal ortamdan toplantı düzenlemeyi, avatar oluşturarak holografik şekilde yansıtmayı amaçlayan bir uygulamadır [24].



Şekil 1. Milgram'ın Basitleştirilmiş Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği Çizelgesi [25]

Milgram'ın çizelgesinde, solda yer alan gerçek çevre içinde yaşadığımız, doğrudan duyu organlarımızla algıladığımız çevreyi temsil etmektedir. Sağ tarafta yer alan sanal çevre ise bilgisayar simülasyonları yardımıyla dolaylı olarak algılayabileceğimiz çevre olarak tanımlayabiliriz.

2.5. Metaverse

Metaverse kavramının temelleri 1970 yılında çeşitli bilim kurgu kitaplarında atılmaya başlanmıştır. Birden fazla kullanıcı tarafından kullanılmaya müsait, sanal bir ortamın varlığından söz edilerek bu teknolojinin hazırlığı yapılmaktadır. 1987 yılında çıkarılan 'Habitat' isimli online ve çok oyunculu oynanabilmesi ile tarihteki ilk Metaverse oyunu olarak adlandırılmaktadır. 1995'te 3 boyutlu grafiklere sahip, sanal bir ortam World Inc. tarafından oluşturuldu. Kullanıcılara sunulan 3 boyutlu ortamda sosyalleşmelerine imkân tanındı. 2000'li yıllara gelindiğinde oyun yapımcıları, bu tarzda çok fazla oyun çıkardı lakin üretilen oyunlar için çok güçlü bilgisayarlar gerektiği için, maalesef çok yaygınlaşmadı. Günümüzde ise Metaverse hayatımıza bu kadar entegre olmasını vaad edecek kadar iyi donanımlara sahibiz [26].

Metaverse her anlamda teknoloji üreticilerinin ilgisini çeken ve tüketicilerin kullanmaya istekli oldukları bir teknolojidir. Gelişen Metaverse evreninde de yerini almaya hazırlanan LM, sitesinden yayınladığı makalede, 2D bildirimlerden 3D bildirimlere geçileceğini, bu 3 boyutlu dijital dünyada VR headsetle beraber LM'ın da bu teknolojinin içinde yer alacağı belirtilmektedir [27].

2.6. İskelet Takip Sistemleri

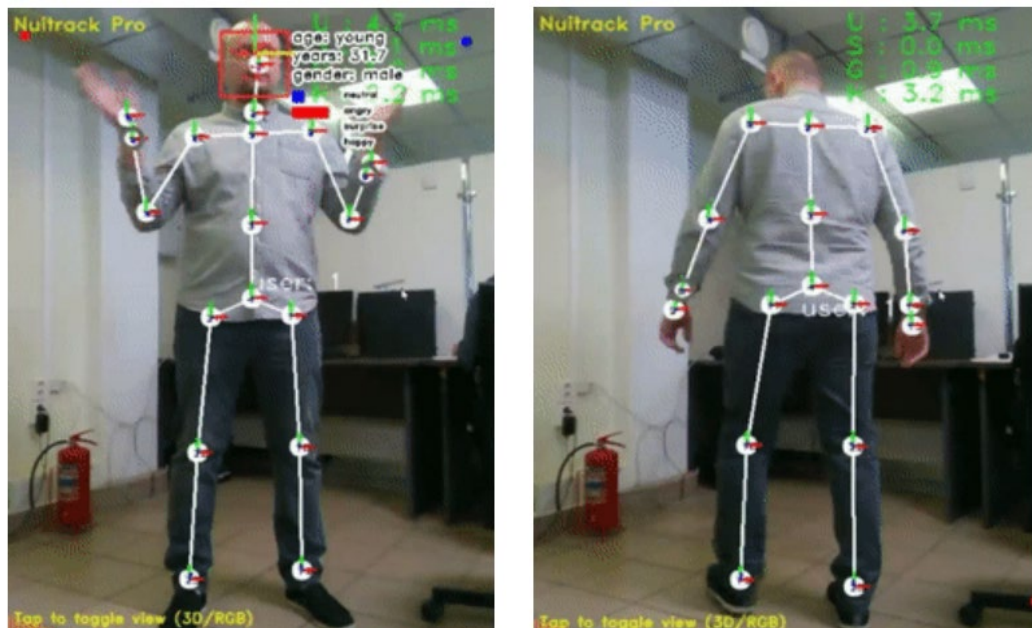
Microsoft Kinect, Orbbec Astra, Azure Kinect, Intel Realsense gibi sistemler içinde bulundurdukları derinlik kameraları yardımıyla insan vücudundaki eklem yerlerini

kullandığı yazılım içinde çözümleyerek bilgisayar ortamına 3D iskelet olarak yansıtılabilmektedir.

Bu sistemler filmlerde özel efektler kullanılarak model giydirmesi amacına hizmet etmektedir. Algılanan her bir eklem yeri, 3D model üzerinde işaretlenen eklem yerleri ile eşleştirilerek model giydirme uygulaması gerçekleştirilmektedir.

Microsoft Kinect kızılötesi ve derinlik kameraları ile ses, yüz ve tüm vücudu algılayabilen bir takip sistemidir. LM aksine renkli ve derinlik algılayabilen kameralar ve ses algılaması için 4 mikrofon barındırır. Xbox 360 oyun konsolu için tasarlanmış olup bunun yanı sıra eğitim, sağlık gibi alanlarda da kullanılması mümkündür [28].

En gelişmiş iskeletsel takip sistemi NuiTrack adı verilen yazılımdır. Hem mimik takibi hem iskelet takibi hem de el hareket takibi yapabilmektedir [29].



Şekil 2. NuiTrack iskelet algılama mekanizması [29]

Intel RealSense ile gerçek zamanlı kameralarla algı alanındaki birden fazla iskelet sistemi algılamak mümkündür. Vücuttaki belirlenen 18 eklem noktasını algılama amaçlı geliştirilmiştir. Bu noktalar göz, kulak, kol ve bacak eklemleri içermektedir [30].

2.7. El Hareketleri Takip Sistemleri

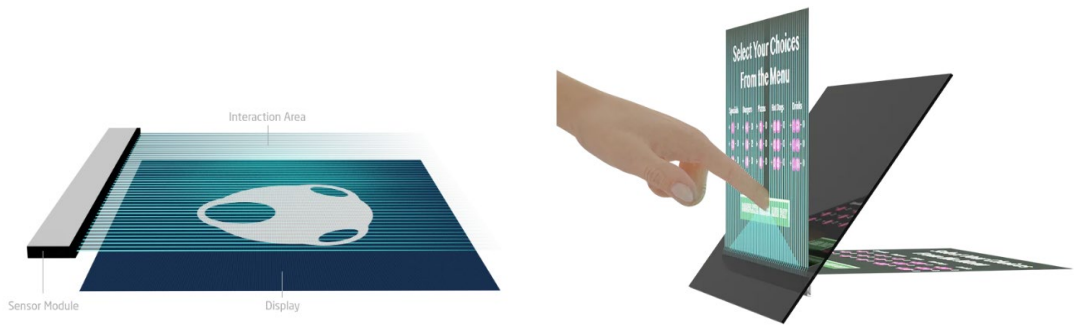
CyberGlove Systems tarafından geliştirilen CyberGlove eldivenler üzerinde bulunan 18 hareket sensörü ve kameralarla el hareketlerini yakalamayı amaçlayan giyilebilir bir teknolojidir [31].

Xsens Gloves by Manus parmaklarında bulunan konum algılayan sensörleri yardımıyla el hareketlerini takip etmeyi amaçlayan bir donanımdır. USB ile şarj edilebilir olup beş saat kullanım sunmaktadır. [32].



Şekil 3. CyberGloves references [31]

'Neonode' isimli donanım eklentisi her türlü kioska temassız olarak işlem yapabilmeye olanak sağlamaktadır. Bu donanım var olan kiosk ekranın üst sınırına paralel olarak yerleştirildikten sonra kullanıma hazır hale gelmektedir. Dikdörtgen şeklindeki bu cihaz tüm ekran bölgesini lazer ışığıyla kapsamakta olan sanal bir etkileşim alanına sahiptir. Yansıyan ışınları, kızılötesi kamera ile algılayarak el takibi sağlamaktadır. Kullanılan makinada ya da genel olarak kioska herhangi bir arayüz değişikliği yapmadan, herhangi ekstra bir donanıma gerek kalmadan kolaylıkla kurulup kullanılmaktadır. Hali hazırda Singapur ve Katar'da havaalanlarında ve hastanelerde kullanılmaktadır. [33]



Şekil 4. Neonode isimli donanımın farklı açılardan modeli [33]

Tüm bu teknolojilerin ortak noktası kullanıcıların hayatını ergonomik anlamda kolaylaştırmaktır. Bunun için Nielsen [34] tarafından sunulan kaliteli bir ergonomik arayüz için gerekli kriterler şu şekildedir:

- Çok geniş açılı hareketlerden kaçınılmalıdır.
- Kaslar olağan konumunda, rahat ve gevşek durumda kalmalıdır.
- Durağan pozisyonlardan kaçınılmalıdır.
- Çok fazla tekrarlı hareketten kaçınılmalıdır.
- Eklemlere fazla iç ve dış kuvvet uygulayarak kan akışının kesecek hareketten kaçınılmalıdır.

2.8. Leap Motion Hareket Sensörü

LM, kameradan algıladığı el hareketlerini bilgisayara aktararak çeşitli yazılımlar aracılığı ile komut vermemize yardımcı olan bir donanımdır. USB ile bilgisayara bağlayıp, UltraLeap tarafından hazırlanmış arayüzleri bilgisayarınıza kurarak kullanmaya başlayabilirsiniz. Temel olarak el ve parmakların algılanması ile çalışan bu donanımı doğru eklentilerle bilgisayar imleciniz gibi kullanarak komut verebilmekte, Unity3D, Processing, Paint, CorelDraw gibi çeşitli programlarla ve yazılım dilleri ile oyun, eğlence, eğitim ve sosyal her türlü amaca hizmet etmek için kullanılabilir.

Elinizin ve parmaklarınızın en kesin şekilde algılanması için, elinizi LM üzerinde belli sınırları içinde hareket ettirmeli, çok yakından ya da uzaktan algılanması beklenmemelidir. Ayrıca vücuttaki aksesuarları, elinizde tuttuğunuz herhangi bir nesneyi algılamamaktadır.

2.8.1. LM Hareket Sensörü

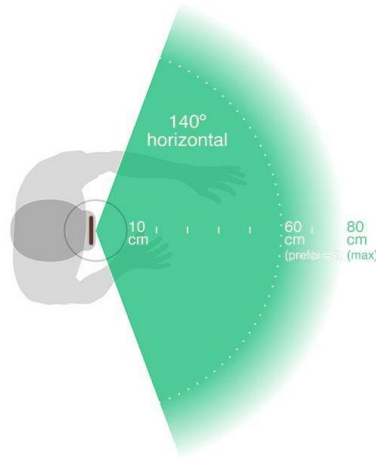
Stereo vision (görüntüleme) yöntemine uygun olarak LM hareket sensörü, içerisinde tek renkli 2 kamera ve 3 tane kızılötesi LED barındırmaktadır. Kızılötesi ışıkların dalga boyu 850 nanometre olarak ölçülmektedir. Kızılötesi sayesinde gündüz ya da gece fark etmeden algılama yapılabilmektedir.



Şekil 5. LM içerisindeki Kamera ve LED'lerin yerini gösteren görüntü [35]

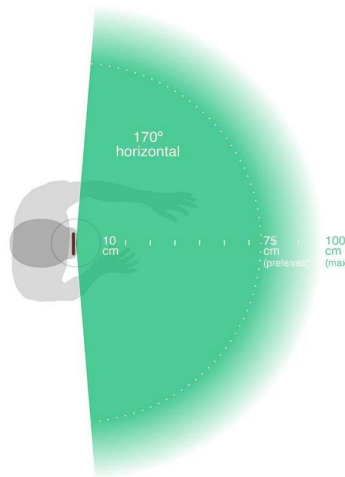
LM ile beraber 'UltraLeap Stereo Kamera Modülü' bağlanarak daha geniş etkileşim alanı sağlamak amaçlanmaktadır. Etkileşim alanı cihazdan 10 cm uzakta aktiftir. Standart LM ile en fazla 80 cm, kamera modülü ile en fazla 100 cm kadar etkileşim sağlanabilmektedir. Bu etkileşim alanı ışığın uzayda yayılabildiği alanla ilgilidir. USB denetleyicisi üzerinden sensör verileri cihazın yerel belleğine gönderilir ve gerekli çözünürlük ayarlarını yapılarak bu veriler daha sonra USB üzerinden bilgisayardaki yazılımına aktarılır. Veriler, sol ve sağ kameralardan, yakın kızılötesi ışık spektrumunun gri tonlamalı stereo görüntüsü şeklini alır. Bilgisayara aktarılan görüntüler yalnızca cihazın LED'leri tarafından doğrudan aydınlatılıp algılanan nesnelere.

LM, bir derinlik kamerası kullanmadan sadece sensörlerden çektiği görüntüleri bilgisayar ortamına aktarmaya yardımcı bir cihazdır. Bundan sonra kullanılacak programlar yardımı ile cihazın algıladığı görüntünün bilgisayar üzerindeki 3D temsiline çeşitli analizler ve matematiksel işlemler sonrası erişilebilmektedir.



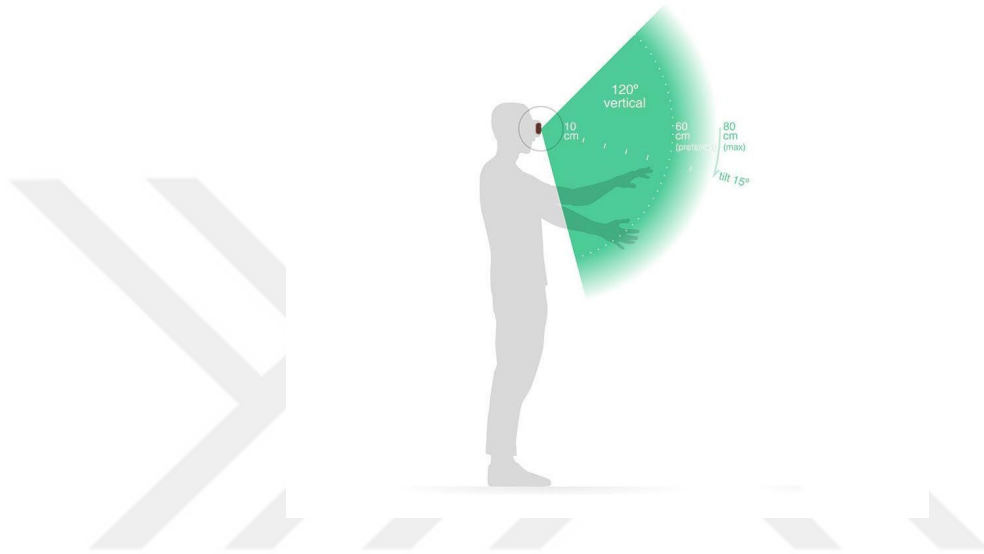
Şekil 6. Leap Motion'ın Tek Başına Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Üst Görünüş

Şekil 6'da LM'nin Tek Başına Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında kapsadığı etkileşim alanının üst görünüşü verilmektedir. Buna göre LM ile, sensörden 80 cm sonrasında kadar algılama yapabilmektedir.



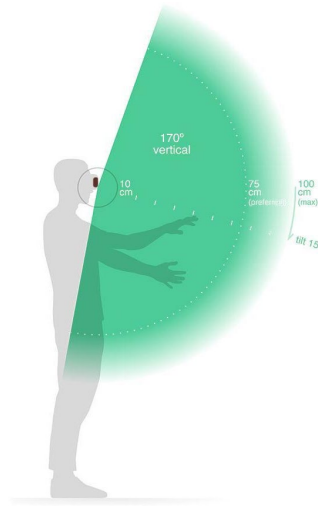
Şekil 7. Stereo Eklentisi ile Leap Motion'ın Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Üst Görünüş

Şekil 7’de LM’nin Stereo Eklenti ile Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında kapsadığı etkileşim alanının üst görünüşü verilmektedir. Buna göre bu eklenti, LM’nin etkileşim alanını 20cm arttırarak, 100 cm mesafede algılama olanağı yaratmaktadır.



Şekil 8. LM’nin Tek Başına Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Profil Görünüşü

Şekil 8’de LM’nin Tek Başına Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında kapsadığı etkileşim alanının profil görünüşü verilmektedir. Buna göre LM ile, sensörden 80 cm sonrasına kadar algılama yapabilmektedir.



Şekil 9. Stereo Eklentisi ile LM'nin Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında Etkileşim Alanı Profil Görünüşü

Şekil 9'da LM'nin Stereo Eklenti ile Sanal Gerçeklik Gözlüğü Olarak Kullanıldığında kapsadığı etkileşim alanının üst görünüşü verilmektedir.

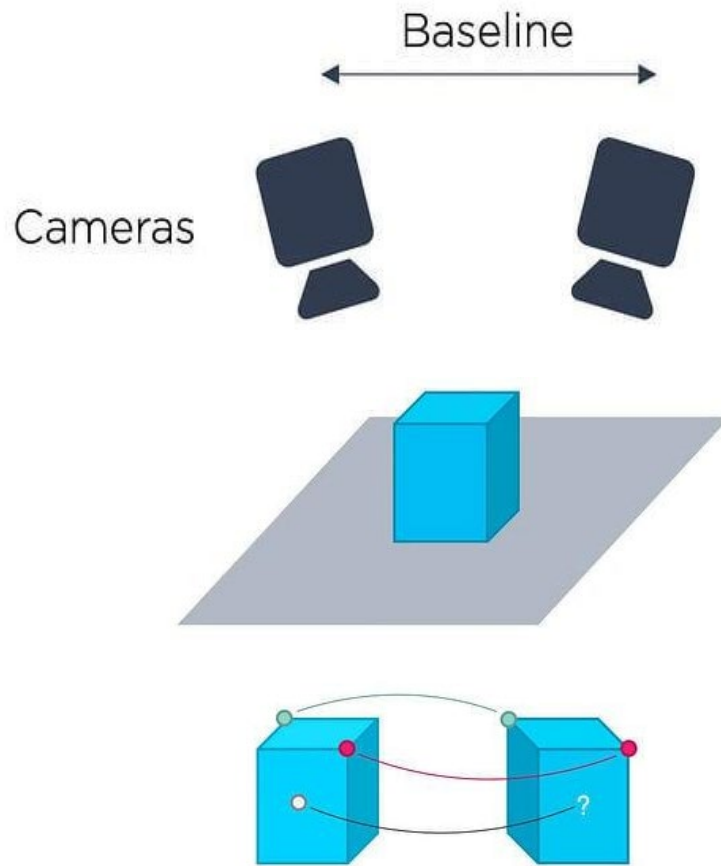
2.8.2. Stereo Görüntüleme Tekniği

Stereo görüntüleme, çeşitli sensörlerde kullanılan 3D görüntü yakalamasının en temel tekniğidir. Bu teknik LM içinde de kullanılmaktadır. Çalışma prensibi bir gözün, dış dünyadaki görüntüleri yakalaması gibidir. Gözün dış dünyayı algılaması şu şekilde gerçekleşir; birbirine belli uzaklıkta bulunan 2 göz, dış dünyayı farklı açılardan 2 boyutlu görerek, oluşturduğu derinlik algısı ile 3 boyutlu bir resim halinde algılar [36].

Stereo vision görüntüleme de belli uzaklıkta yerleştirilen iki veya daha fazla kameranın eş zamanlı olarak bir objeyi farklı açılardan görerek oluşturduğu nokta bulutları ile derinlik yaratarak objeyi üç boyutlu resim olarak algılaması şeklinde çalışır. Kullanılan kameralar yardımıyla perspektifi algılanıp, görüntülenen nesnenin konum tespitine de olanak sağlayan bir teknik olması sebebiyle LM gibi üç boyutlu algılama sağlayan sensörlerde kullanılmaktadır [46]. Görüntülenecek el, LM etkileşim alanına girdikten sonra iki kamera eş zamanlı el görüntüsünü, yakalanan görüntüyle ilgili derinlik ve pozisyon verilerini kullanır.

- Bu tekniğin çalışma prensipleri şu şekildedir [45]:
- İnsan görüş prensibini taklit etmesi.
- İki veya daha fazla kamera bulundurması.
- Her kamerada karşılıklı gelen noktaların bulunması.
- Derinlik oluşturması.

Bu tekniğin ön gördüğü şekilde, LM aydınlık ve karanlık ortamda da aynı verimle çalışabilmektedir. İç veya dış mekân fark etmeksizin kullanım olanağı sunmaktadır [45].



Şekil 10. Stereo Vision Teknoloji Şematik gösterim [45]

Hedef nesne, Stereo kameralar ile farklı açılardan görüntülenir ve aynı Şekil 10'da görüldüğü gibi aynı konumdaki noktaların eşleştirilmesi sağlanır.

2.8.3. LM Uygulamaları

Bu bölümde UltraLeap tarafından geliştirip piyasaya sunulan sadece LM ve bilgisayar gerektiren hali hazırda kullanıma hazır bazı uygulamalar sunulmaktadır. Bu uygulamalar herhangi bir ekstra kurulum gerektirmeden ücretsiz olarak indirilip gerekli ekipman kurulumlarından sonra kullanılabilir uygulamalardır. 'Contactless ATM' uygulaması ATM'den para çekme, bakiye sorgulama, PIN değiştirme gibi işlemler temassız olarak yapılabilmektedir. 'Touchless Elevator', 'Touchless Check-in' ve 'Touchless Ordering' sistemleri ile asansörde, otelde ve restoranda kolayca temassız işlem yapabilmeyi hedeflemektedir [37].



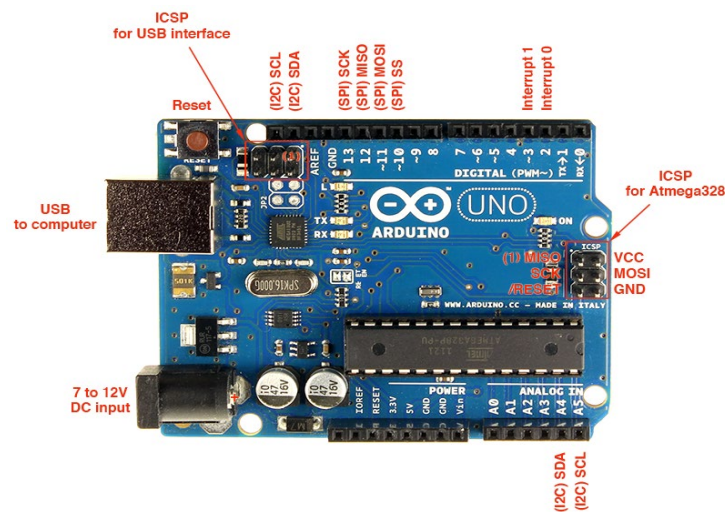
Şekil 11. Virtual Piano Uygulaması ve Kullanımı

Sanal gerçeklik gözlüğü ile de kullanılabilen Blocks, Gravity Sketch VR, ‘Cat Explorer’, ‘Virtual Piano’ ve ‘Pinch Draw’ isimli uygulamalar da eğlence kategorisinde yer alabilecek uygulamalardır. Şekilde 11’de Virtual Piano uygulamasına ait bir arayüz verilmektedir.

2.9. Arduino ve Ara Elemanlar

Projede kullanılacak yardımcı ikinci donanım olan Arduino, barındırdığı mikro çiplerle, kullandığımız yazılıma yardımcı olacak bir devre kartıdır. Farklı amaçlar için geliştirilen farklı Arduino türleri ve farklı geliştiriciler tarafından üretilmiş ek donanımlarının yanı sıra ihtiyaçlarımızı karşılayacak en temel donanım olan Arduino Uno projede yer aldığı için bu bölümde Arduino Uno modeli hakkında bilgi verilmektedir.

Her türlü sensör, motor ve LED gibi elemanları kolayca bağlayarak, basit ve küçük yazılımlarla çalıştırmaya yarayan bu donanım olarak karşımıza çıkmaktadır. Üzerinde dijital ve analog pinlerle beraber mikroçipler, güç girişleri, seri haberleşme için girişler bulunmaktadır. Direkt olarak devre elemanlarının Arduino üzerine bağlanması ile de çalışabileceği gibi, bir elektronik devre tahtası kullanılarak da bağlantı gerçekleştirilebilir. Şekilde Arduino Uno devre kartı ve kart üzerindeki elemanlar gösterilmektedir.



Şekil 12. Arduino Uno ve pinleri [47]

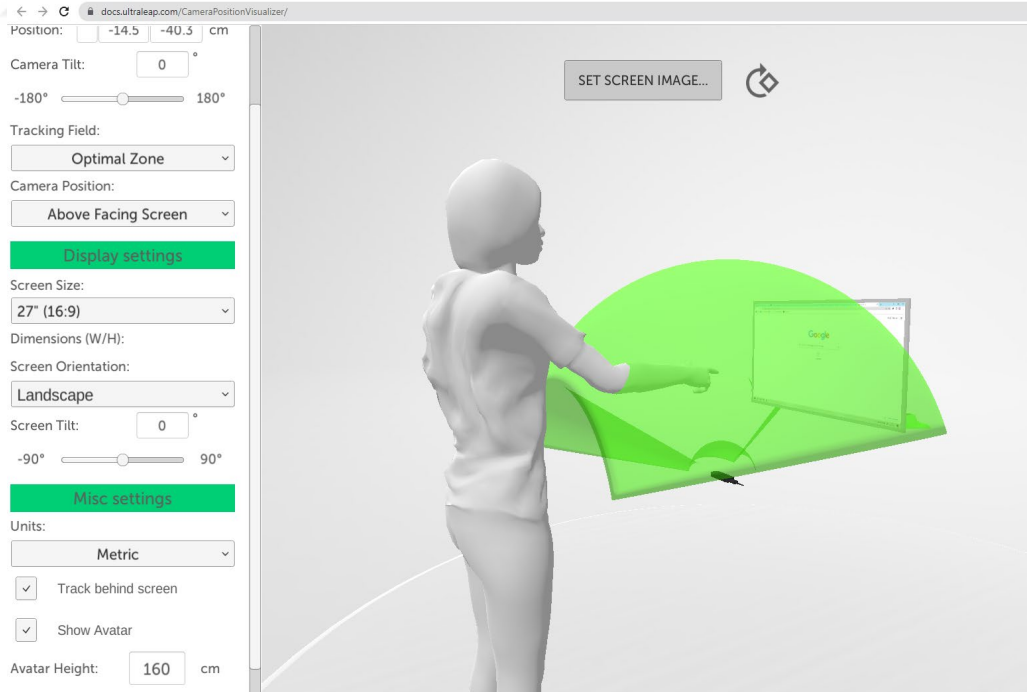
Bilgisayar bağlantısı USB girişi ile sağlanmaktadır. ATmega328 mikrodenetleyici sayesinde, devre kartı üzerine yazdırılan kodu hafızaya almaya ve yeni bir kod yüklenene kadar onu çalıştırmaya devam eder. Bu yükleme sonunda USB bağlantısı kesilse bile Arduino kodu yazdırmaya devam eder. Dijital girişler, LED yakma-söndürme gibi 1 ve 0 çıkışı veren uygulamalarda kullanılmaktadır. Dijital girişlerden 6 tanesi PWM özelliği taşıyarak, bu pinlere bağlanan LED lambaların analog özellik sergileyerek, farklı ışık şiddetlerinde çıkış vermesini sağlamaktadır.



3. METODOLOJİ

LM çalışma prensibinin proje üzerinde algılama ve etkileşim alanının daha iyi anlaşılması için kullanabilecek Camera Position Visualiser [38] isimli bir program bulunmaktadır. Bu program ekranınızı, kullanıcıyı ve LM kullanacağınız doğru açı, uzaklık ve yüzeyde konumlandırarak size cihazın etkileşim alanını sunmaktadır. Şekilde görülen yeşil alan içinde el hareketleri başarı ile algılanırken, yeşil bölge dışında herhangi bir algılama olmamaktadır.

Bu çalışmada kullanılacak etkileşim alanı Şekil 13'teki gibidir.



Şekil 13. Camera Position Visualiser Arayüzü [38]

Bu görsel ilk kez LM kullanacak kullanıcılar için LM'nın daha kolay kullanımı için bir rehber niteliğindedir.

3.1. Bilişsel ergonomi için ISO Standartları

Dünya genelinde birçok ülke tarafından benimsenerek, üretim, kalite, güvenlik, hizmet, enerji, yönetim ve teknoloji gibi konularda standartlaşmaya gidilerek kullanım kolaylığı için kabul edilmiş ISO standartları bulunmaktadır.

Bu çalışmanın alanı, göz önünde bulundurulduğunda, insan-bilgisayar etkileşimi için geliştirilen **ISO 92411-960** standartları değerlendirilmektedir. Bu standartlarda, kullanım kolaylığı, iletişim prensipleri ve bilginin sunumu gibi konular üzerinde durulmaktadır [39]. Özellikle kullanıcı arayüzü, grafikler, pencerelerin konumlandırılması gibi konularla beraber donanım ve işyeri tasarım standartları ile ilgili bilgi de içermektedir.

Giriş aygıtları el, parmak hareketlerini ve değişiklikleri algılayıp, bu etkileşimi sistemin okuyabileceği sinyallere dönüştüren sensörlerdir. Giriş cihazları sadece belirlenen fonksiyonu gerçekleştirmeye yaramaktadır. Çalışmada kullanılan LM, bir giriş aygıtı olarak tanımlanabilmektedir. Bu aygıtların tasarımında, kullanım alanları kısıtlanmayıp, engelli kullanıcılar da düşünülerek tasarım gerçekleştirilir. Engelli kullanıcılar için, kullanılabilirliğin artırılması için ekstra donanım ilave edilerek, fonksiyonellik artırılır. Sonuçta ISO standartları kılavuzu [39], her kullanıcı için bir standart getirmeyi amaçlamaktadır.

3.2. Ergonomi İçin RULA Analizi

Gerekli ergonomik değerlendirmeler, şekildeki RULA tablosu baz alınarak yapılmaktadır. Bu analiz, kol, bilek ve kafa hareketlerini puanlayarak, istenilen bazı verileri birbirine ekleyip yeni bir veri üreterek, tablo üzerinde doğru renkle eşleştirdikten sonra bir final skoru oluşturarak ortamın ve çalışanın ergonomik durumunu puanlamaktadır. Bu tablo, 'Osmond Ergonomics' sitesi [40] üzerinden çevrimiçi ve kolayca doldurabilmektedir. Her bir adımda, detaylı anlatımları ile doğru puanın girilmesi için yardımcı olan online tablodur. Bu sayede bu tabloya aşına olunmasa da doğru bir skor elde edilebilmektedir.

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:
If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:
Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score
If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C
Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Step 12: Look-up Posture Score in Table B:
Using values from steps 9-11 above, locate score in Table B

Step 13: Add Muscle Use Score
If posture mainly static (i.e. held >10 minutes),
Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 14: Add Force/Load Score
If load < .4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 15: Find Column in Table C
Add values from steps 12-14 to obtain Neck, Trunk and Leg Score. Find Column in Table C.

Scores

Table A

Upper Arm	Lower Arm	Wrist Score						
		1	2	3	4			
1	1	1	2	2	2	3	3	3
1	2	2	2	2	2	3	3	3
1	3	2	3	3	3	3	3	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4
2	2	3	3	3	3	4	4	4
2	3	3	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5
3	2	3	4	4	4	4	4	5
3	3	4	4	4	4	4	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5
4	2	4	4	4	4	4	5	5
4	3	4	4	4	5	5	5	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6
5	2	5	6	6	6	6	7	7
5	3	6	6	6	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8
6	2	8	8	8	8	8	9	9
6	3	9	9	9	9	9	9	9

Table B: Trunk Posture Score

Neck Posture Score	Legs					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	2	2	2	2
2	2	2	3	3	3	3
3	3	3	3	4	4	4
4	4	4	4	4	5	5
5	5	5	5	5	6	6
6	6	6	6	6	6	6

Table C

Wrist / Arm Score	Neck, Trunk, Leg Score					
	1	2	3	4	5	6
1	1	2	3	3	4	5
2	2	2	3	4	4	5
3	3	3	3	4	4	5
4	4	3	3	4	4	5
5	4	4	4	4	5	6
6	4	4	5	6	6	7
7	5	5	6	6	7	7
8	5	5	6	7	7	7

Scoring: (final score from Table C)
1-2 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

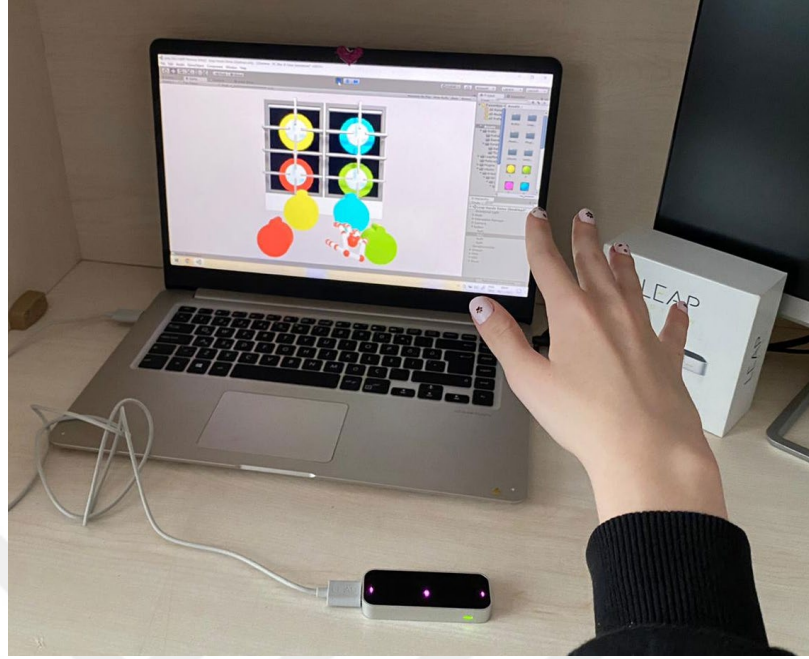
Şekil 14. Ergonomi analizi RULA Tablosu

Bu hareketlerin ergonomik olarak analizi için de Şekil 14'te verilen RULA analizi metoduna başvurulmaktadır. Bu analiz sürekli tekrarlanan hareketler için vücutta meydana gelebilecek kas ve sinir sistemindeki olası riskleri ölçmeyi sağlamaktadır. Düzenli olarak tekrar eden 3 hareketin bulunması sebebiyle bu analizin yapılmasına ihtiyaç duyulmuştur.

Düzenli olarak yapılan hareketler şu şekildedir:

- Kolu 90 açı ile açarak LM üzerinde hizalayarak, elin algılanmasını sağlamak,
- Uygun konuma getirilerek, düğmeyi tutmak için parmakların birleştirilmesini gerçekleştirmek,
- Son olarak ocağı açma-kısıma işlemleri için en fazla 90 açı ile sola-sağa istenilen sıcaklık ayarına erişmek için döndürmek.

Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17'de çalışmada buton kavrama ve döndürme için kullanılan ve RULA analizi için değerlendirilmeye alınan hareketler gösterilmektedir.



Şekil 15. Elin LM üzerinde serbest konumu

Şekil 15 ile gösterilen durumda, LM tarafından elimiz algılanmakta ve sanal ortam içerisinde algılanan hareketler yansıtılmaktadır. Sanal ortamda bulunan sanal el, butonlarla etkileşime hazır durumdadır.



Şekil 16. Elin buton tutma hareketi

Şekil 16’da gerçek hayatta buton tutma hareketinin taklit edilerek, sanal ortamda da aynı hareketle buton kavranabilmektedir.



Şekil 17. Elin butonu tutup, butonu sağa döndürme hareketi

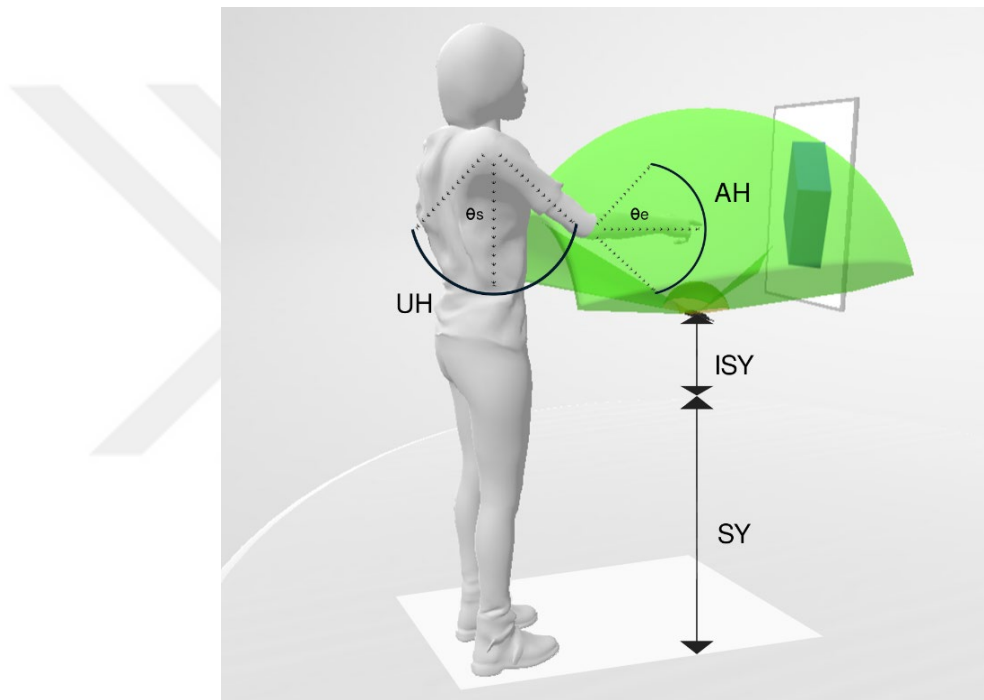
Şekil 17’de sanal el, kavrama hareketinden sonra dönme hareketini yaparak butonu başarılı bir şekilde döndürebilmektedir.

RULA analizi yapılırken bu el hareketleri ve duruşlar referans alınmaktadır. Ayakta kullanılacağı gibi oturularak da hareket gerçekleştirilebilir.

Tablo 2. RULA Puanı ve Açıklamaları

RULA Puanı	Açıklama
1-2	Çalışan için en iyi çalışma halinde çalışmaktadır.
3-4	Çalışanın duruş sıkıntıları var, düzeltilmelidir.
5-6	Çalışan riskli bir pozisyonda çalışmaktadır.
7+	Çalışan çok riskli bir pozisyonda çalışmaktadır.

Tablo3'te RULA azaliz değeri değerlendirilmesi görülmektedir. Bu çalışma için elde edilen RULA skoru 3 olarak tespit edilmiştir. RULA analizi sonucunda elde edilen skor 5 ve üzerinde ise kullanıcının ya da çalışanın duruşunun bozuk ve tehlike arz ettiğini göstermektedir. Yapılan hareketlerin ergonomik olarak düzeltilmesi ve gerekli açıların hesaplanması için Tang, Webb [41] tarafından 3 denklem öne sürülerek, RULA skorunun minimize edilmesi amaçlanmaktadır.



Şekil 18. Denklemler için gerekli açıları ve bilinmesi gereken uzunlukları [41]

Şekil 18'de verilen kritik uzunlukların hesaplanması için (1), (2) ve (3) numaralı denklemler sunulmaktadır. SY, Sensör yüksekliğini hesaplamak için denklemden belirtilen ISY ideal sensör yüksekliğini; DP, dirsek-parmak ucu uzunluğunu ve θ_{en} ile belirtilen açı; dirsek-parmak ucu arasındaki açıyı tanımlanmaktadır.

$$\tan\theta_{en}.DP + ISY = SY \quad (1)$$

Burada AH olarak verilen alt kol hareketine ait açığı hesaplamak için verilen denklemde; DP dirsek-parmak ucu mesafesini verirken; θe , en düşük dirsek açısı olarak belirtilmektedir.

$$\frac{\theta e \pi}{180} \cdot DP = AH \quad (2)$$

Son olarak, UH yani üst kol hareket açısını hesaplamak için verilen denklemde, OD, omuzdan dirseğe olan uzaklığı; θs , minimum riskli omuz dirsek açısını belirtmektedir.

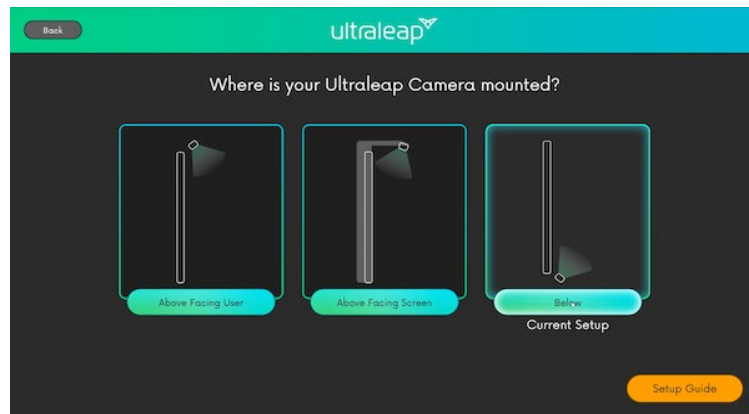
$$\frac{\theta s \pi}{180} \cdot OD = AH \quad (3)$$

Bu denklemler, **gerekli açuların bulunarak** duruş bozukluklarının düzeltilmesinde önemli rol oynamaktadır.

3.3 Çalışma Safhaları

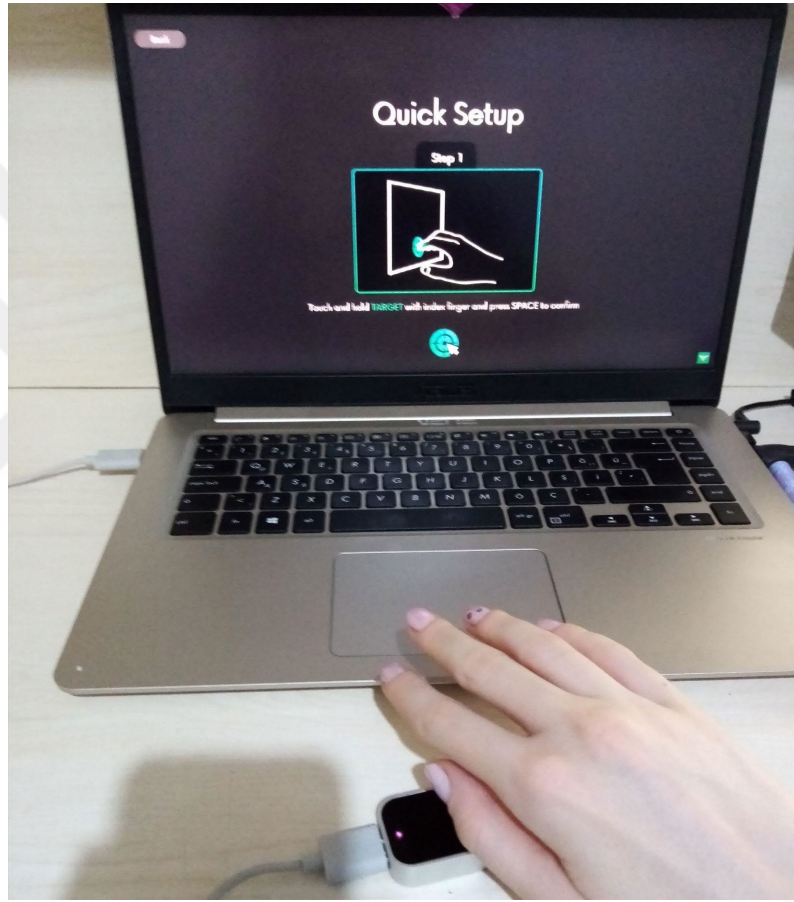
Bu uygulamada Unity 5.6.1 sürümü ile beraber Ultra Leap sitesinden, Touch Free uygulaması indirerek önce kalibrasyon tanımlamak gerekmektedir. Şu şekilde gerçekleşmektedir:

1- Şekil 19'da gösterildiği üzere LM hangi pozisyonda kullanılacaksa buna göre seçim (VR headset, monitör üstü veya monitör altı) yapılması istenmektedir. Kurulumda, LM monitör altına yerleştirilmektedir. Bunun için şekilde görünen 'Below' seçeneği seçilecektir.

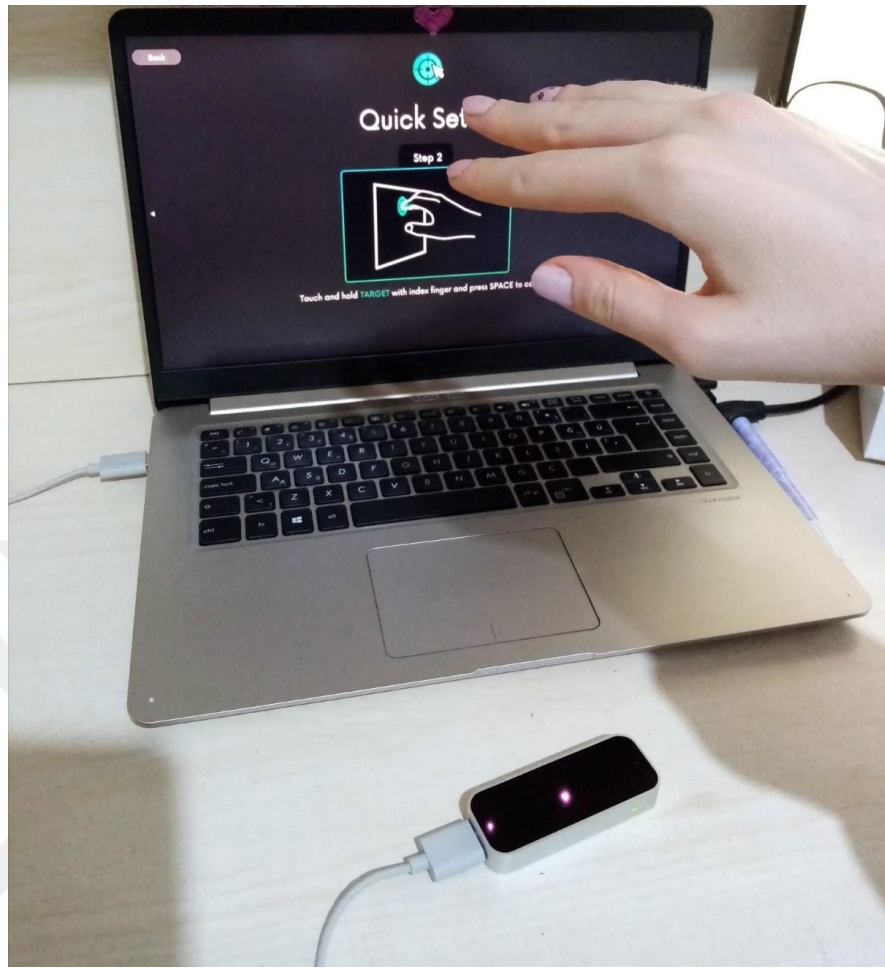


Şekil 19. Kalibrasyon 1. aşaması Touch Free arayüzü

2- Konumu ayarladıktan Şekil 20 ve Şekil 21’de görüldüğü gibi ekranın alt ve üst noktasını LM için tanıtmamız için belirlenen noktalar dokunmamız istenmektedir. Bilgisayar ekranının alt ve üst sınır noktalarını işaretledikten sonra LM hafızasına alınarak, sınırlar belirlenmiştir.



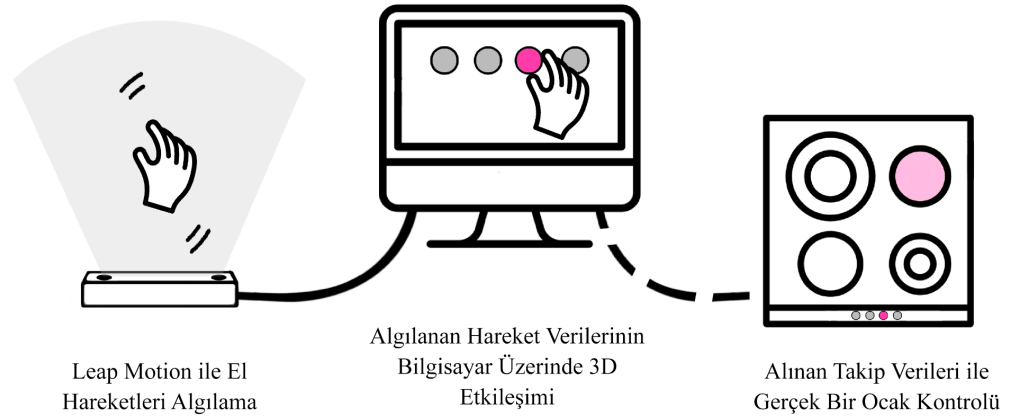
Şekil 20. Kalibrasyon 2. aşamasının ilk adımı alt nokta belirleme



Şekil 21. Kalibrasyon 2. aşamasının ikinci adımı üst nokta belirleme

İki adımda kalibre işlemini bitirerek, LM kullanımına başlanabilmektedir. Kalibrasyon işlemi gerçekleştirildikten sonra Unity kısmında çeşitli modüllerin kurulumu sağlanmalıdır:

- Core ve Interaction modüllerinin import edilmesi,
- Sahneye, Ocak ve buton objelerinin yerleştirilmesi,
- Algılanan takip verileri ile butonların kontrol edilmesi,
- Arduino bilgisayara bağlanıp Seri İletişim modülünün aktif edilmesi,
- Seri İletişim modülü ile bağlanan LED'ler arası iletişimin sağlanması.



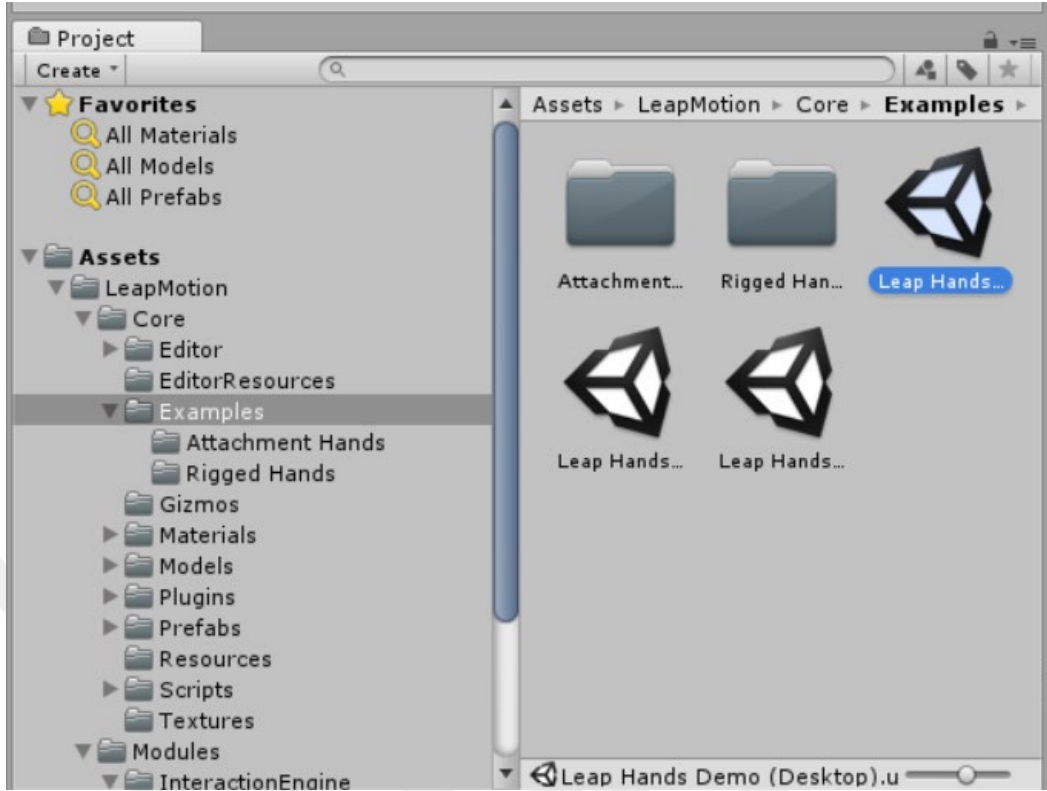
Şekil 22. Leap Motion- Bilgisayar ve Arduino Bağlantı Şeması

Unity 5.6.1 sürümü ve bu sürümle uyumlu kullanılması önerilen Core Assets 4.3.4 [42] ile Interaction Engine 1.1.1 [43] modülü kurulmalıdır. Core Assets ile LM tarafından alacağımız hareketleri eş zamanlı yansıtan 3D el modeli sahneye yerleşmektedir.

El modelinin, objelerle olan etkileşimini gerçekleştirmek için Interaction engine 1.1.1 modülü kurulmalıdır. Bu asset sayesinde her türlü dokunma, tutma hareketini gerçekleştirebilmekteyiz.

3.3.1. Core assets kurulumu

Kurulum için bu asseti import işlemi ile proje dosyasının içine aktarmamız gerekmektedir. Ardından arama paneline 'Leap Hands Demo' yazarak ya da examples sekmesine giderek bu dosya çalıştırılabilmektedir.



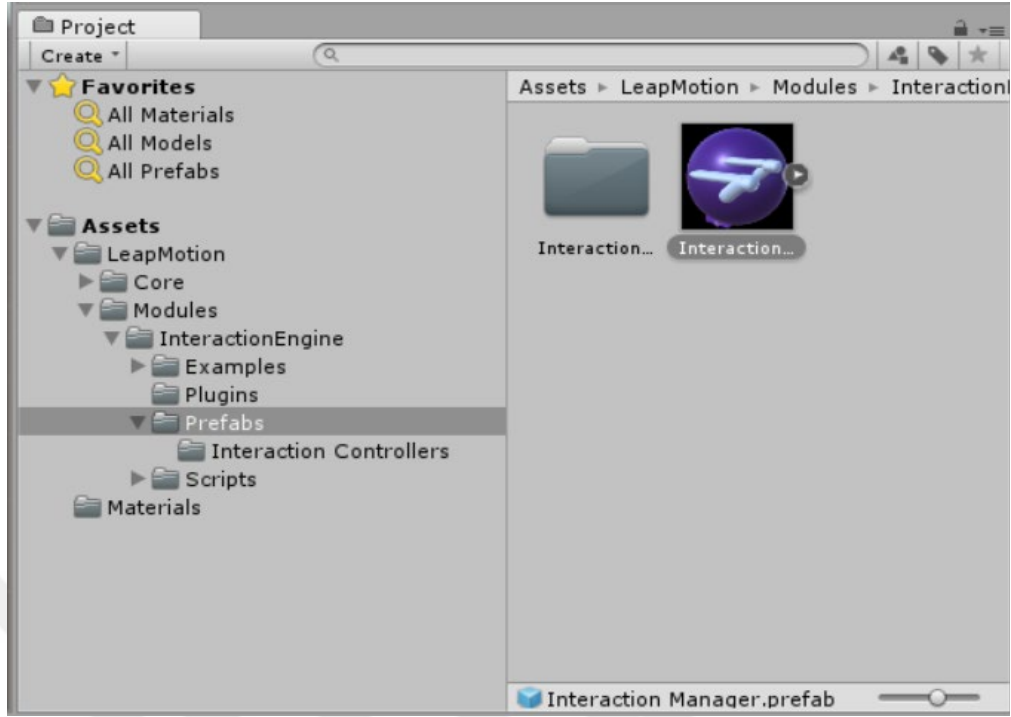
Şekil 23. Leap Motion Demo ve Asset Setinin Hiyerarşik Görünümü

3.3.2. Interaction Engine Kurulumu

Asset, proje içine import işlemi ile aktarıldıktan sonra kurulum şu adımlar izlenerek gerçekleştirilmektedir:

- 1- 'Interaction Engine Prefab' hiyerarşi paneline taşınmalıdır.
- 2-Hiyerarşi kısmındaki alt klasörde bulunan 'Right-Left Rigid Hand' dosyaları silinmelidir.
- 3- Proje kısmında 'Interaction Hand' diye arama yaptığımızda karşımıza çıkan prefabları sildiğimiz dosyaların bulunduğu klasöre onların yerine aldık. Bu prefabların Manager kısmına 'Interaction Engine Prefab' eşleştirdik.
- 4- Projemizde tutacağımız buton modeline 'Interaction Behaviour' scripti ekledik.

Bu şekilde etkileşim yapacağımız modelimiz hazır hale gelmektedir. Bundan sonra buton için kullanacağımız butonun hangi yöndeki hareketleri kısıtlanacak ve hangileri sabitlenecek ayarlamak gerekmektedir.



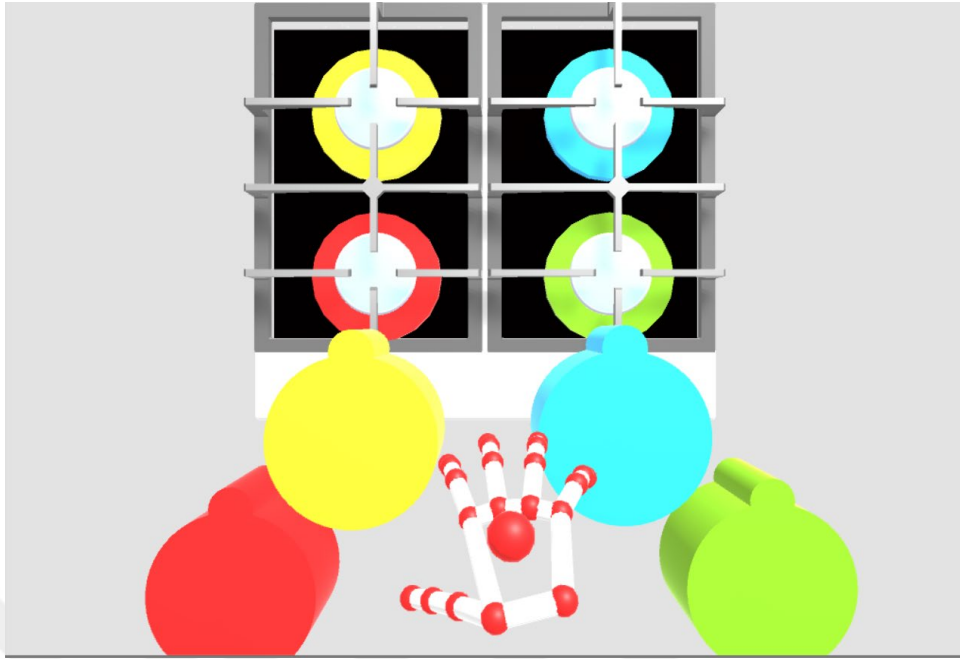
Şekil 24. Interaction Manager Prefab'ı ve Asset Setinin Hiyerarşik Görünümü

3.3.3 Sahne Hazırlığı- Objelerin Yerleşimi

Ocak objesini sürükle-bırak yaparak sahneye eklemek mümkündür. SolidWorks uygulamasında modellenen objenin butonları, Unity 3D arayüzü aracılığı ile sahneye eklenmektedir. Eklenen ocak gözü ile butonların kullanıcı etkileşimi kolaylığı için aynı renklerle eşleştirilmesi yapılmaktadır. Bu yöntem turuncu buton kontrol edildiğinde, turuncu renkteki ocak gözünün yanmasını animasyon edecektir.

Sahne içerisinde arka planın değişmesi Windows→ Lighting→ Settings sekmesinden istenilen HDR formatlı görselin seçilmesi ile sağlanabilmektedir. Sahne tanımlarken kullanılacak HDR formatı, tek bir noktadan panoramik çekilmiş ve sahne aydınlatması barındıran görüntüdür.

Kamera, ocağı karşıdan dik bir şekilde görecektir. Butonlar kameraya paralel yerleştirilmektedir. El iskelet modeli butonların kontrolünü en ergonomik şekilde gerçekleştirmek için butonlara uygun uzaklıkta yerleştirilmektedir. Bu aşamada, en uygun uzaklık projeyi canlıya alarak, en rahat hareketin tespiti ile sağlanmaktadır.



Şekil 25. Butonlar herhangi bir etkileşim halinde değilken sahne görüntüsü

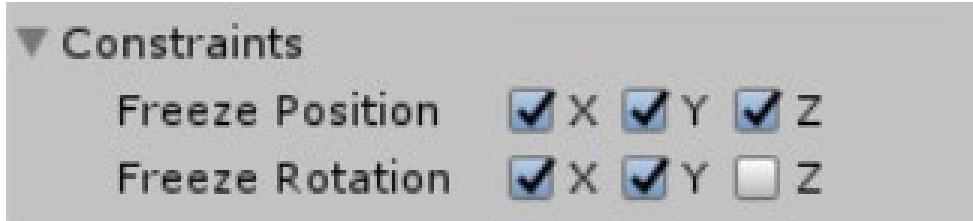


Şekil 26. Sahnenin 3D sahne olarak görüntüsü

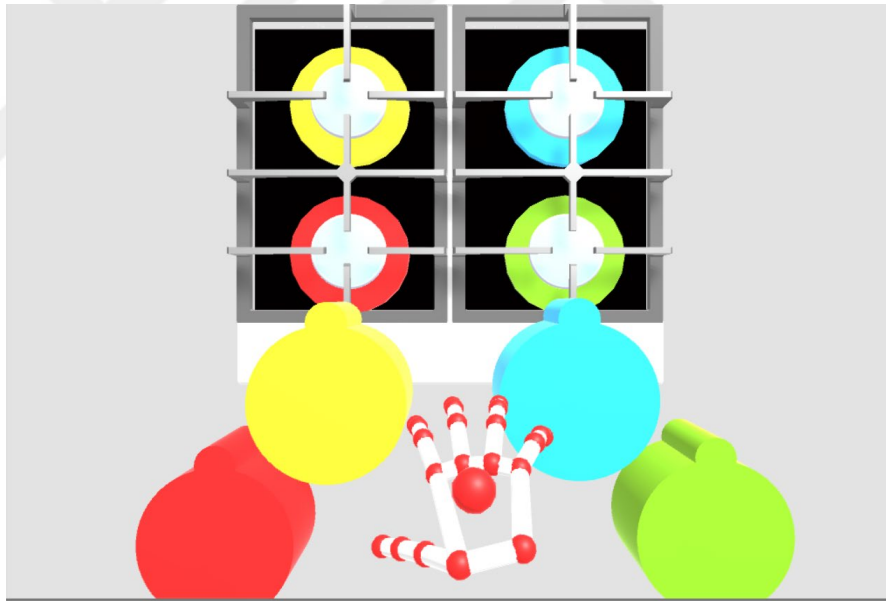
3.3.4. Sahne Düzenlemesi

Sahnemizde bulunan 4 gözlü ocak ve her ocak gözü için birer düğme yer almaktadır. İlk olarak amaç, kullanıcıdan alınan el takip verileri ile Unity 3D ortamındaki düğmelerin hareketini sağlamaktır.

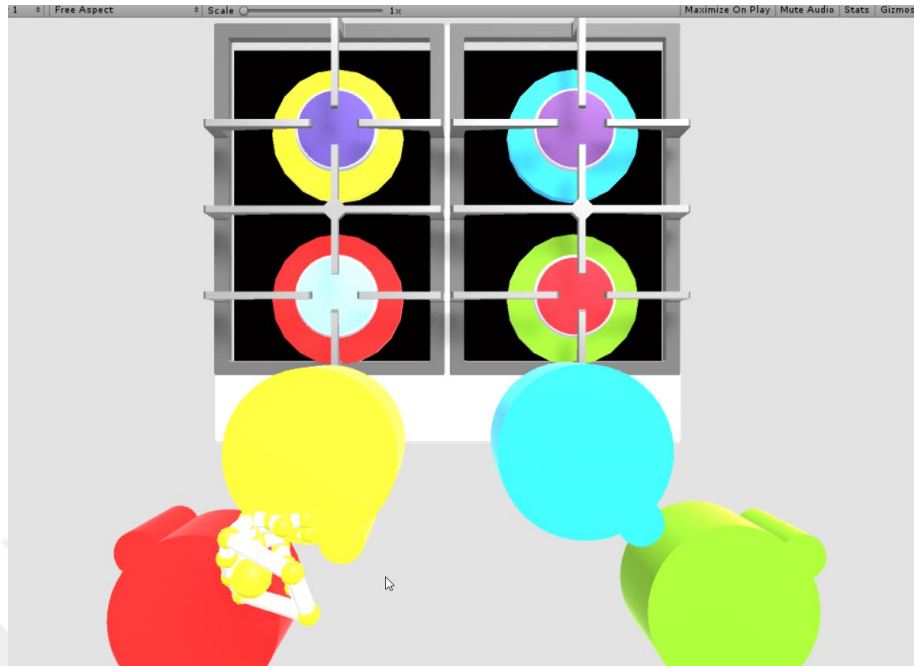
Şekil 27’de belirtildiği üzere, düğmelerin dönüş ve hareket eksenlerini belirleyip, tek bir açıda dönme hareketi yapabilmesi için Z eksenini hariç, diğer pozisyonlarına ait eksenler dondurulmaktadır. ‘Rigid Body’ ve ‘Mesh Collider’ tanımlayarak objelerimizi diğer objelerle etkileşimine izin vermek gereklidir.



Şekil 27. Butonların etkileşimini kısıtlamak için dondurulan pozisyonlar



Şekil 28. Buton ve ocak beklerinin etkileşimde değilken sahnede görüntüsü



Şekil 29. Buton ve ocak beklerinin etkileşimde iken sahnede görüntüsü

3.3.5. Arduino-Unity Entegrasyonu

Arduino ve Unity arasındaki haberleşme Asset Store üzerinden sahneye aktarılabilen bir kütüphane olan Ardity ile gerçekleştirilmektedir.

Unity arayüzünde Serial Controller denetçisi kullanılarak ile Arduino'nun bağlı olduğu Port bağlantısı, Arduino üzerinden belirlenmiş Baud Rate ve seri haberleşmenin sağlandığı 'Message Listener' ile doğru obje seçilmesi gerekmektedir. Port bağlantısı ve Baud Rate Arduino arayüzünde belirlenmiş bilgilerle doğru eşleşmelidir; aksi halde proje çalışmayacaktır.

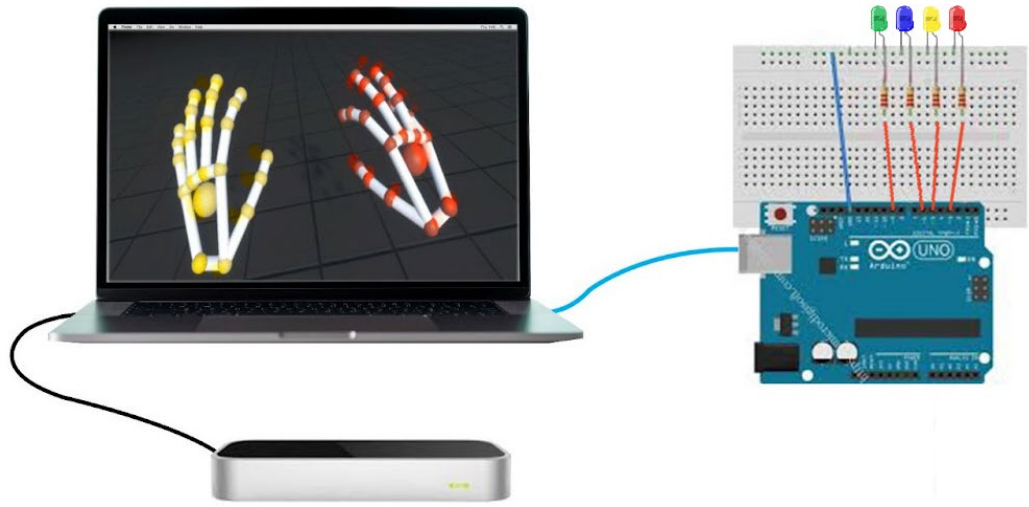
3.3.6. Arduino bağlantısı

Arduino üzerinde her bir LED ve direncin doğru şekilde bağlanması gerekmektedir. Aksi halde Unity üzerinden gönderilen bilgilerin LED ile iletişimi doğru sağlanamayacaktır. Breadboard üzerinde LED yerleşimi şu şekilde olmalıdır:

- Direnç LED'in artı yani diğer uca göre uzun olan ucuna bağlanmaktadır. Direncin diğer ucu PWM desteği veren pinlerden birine bağlanmaktadır.

- LED'in negatif olan ucu topraklama bağlantısı için Arduino üzerinde GND pinine bağlanmaktadır.

Sistemde kullanılan dirençler 220Ω olup, daha yüksek değerlerdeki dirençler LED'lere yeterli parlaklığı vermeyecektir. Projede, her LED'e ait dört adet negatif ucun aynı anda topraklanması sağlanmaktadır. Her bir LED'e ait bağlantı birbirine paralel olmalıdır, aksi halde devre kısa devre olup çalışmayacaktır. Buna göre LED'in pozitif ucu, negatif ile paralel fakat breadboard üzerindeki topraklama sağlayan satıra bağlanmamalıdır. Bunun için şekilde görüldüğü gibi bir bağlantı gerçekleştirilmektedir. Ardından diğer uca paralel şekilde direnç yerleştirildikten sonra jumper kablolar ile LED düzeneğinin Arduino ile olan bağlantısı sağlanmaktadır. Bu şekilde Arduino düzeneği tamamlanmaktadır.



Şekil 30. Arduino Pin bağlantıları

Pulse Width Modulation adı verilen pinler, dijital sonuçlar analog sonuçlara dönüştürülerek, bu çalışmada uygulandığı gibi LED lambaların farklı ışık şiddetinde yanmasına olanak sağlamaktadır. Arduino'nun dijital pinlerde '~' işareti barındıran pinler PWM pini olarak adlandırılmaktadır. 3,5,6,9,10 ve 11 numaralı 6 adet pin PWM özelliği barındırmaktadır. Bu pinlerden değer okuması yapmak için analogWrite() komutu kullanılır.

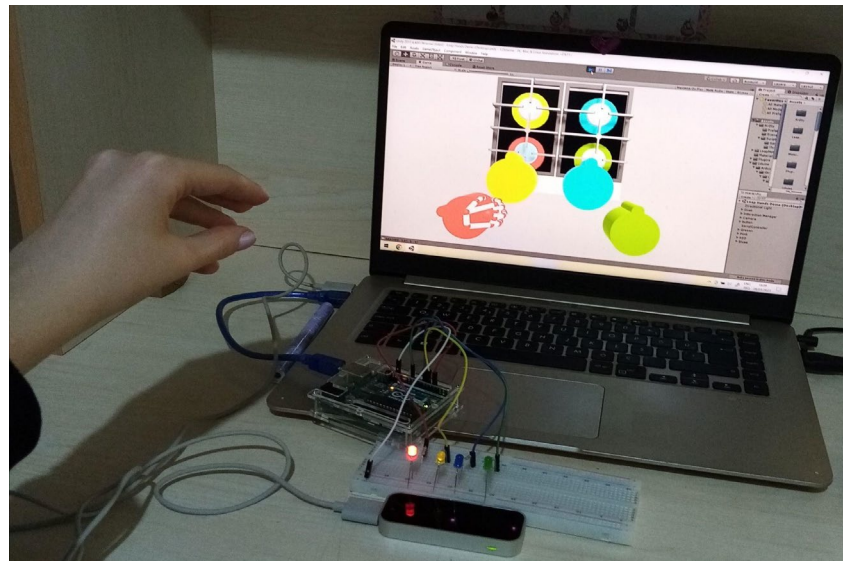
Tablo 3. Temel Arduino Komutları

Serial.begin()	Seri iletişim başlatma komutu
Serial.println()	Her bir okumayı yeni satıra yazdırma
analogRead()	Analog okuma
analogReference()	Analog giriş için referans girme
pinMode()	Pin Giriş-Çıkışını belirtme komutu
digitalRead()	Dijital olarak HIGH-LOW okuma
delay()	Okumayı erteleyerek yazdırma

Projede, LM üzerinden gelen veriler analog olarak okunup ve Arduino üzerinde bağlanan LED'lerin PWM özelliği kullanılacağı için digital yazma komutları kullanılmaktadır.

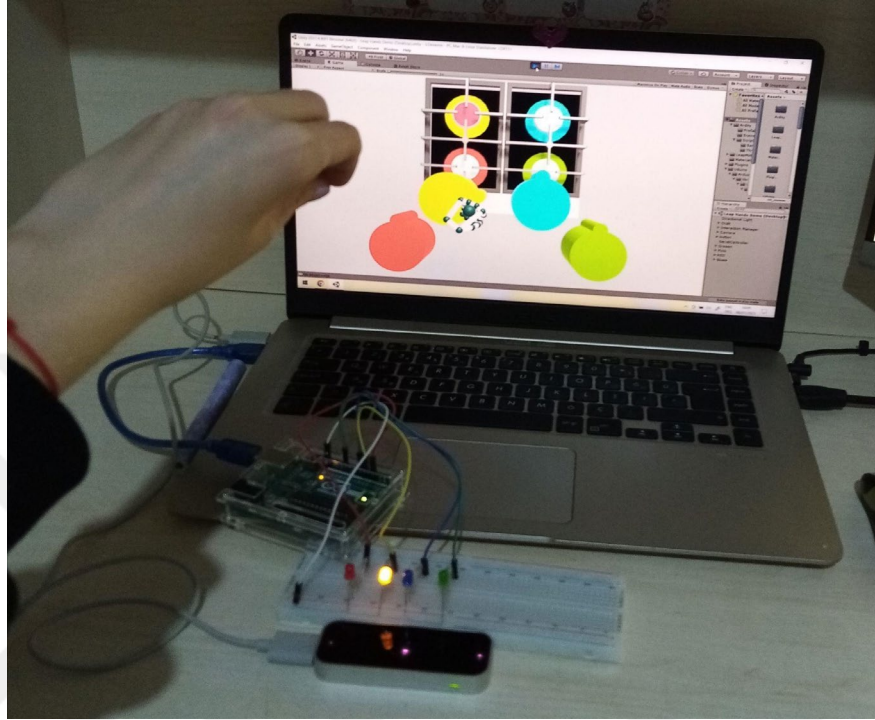
3.4. Projenin Çalışması

Proje Unity ortamında konumlandırılan her bir buton ile LM etkileşimi aracılığıyla eşleşen LED'lerin başarılı şekilde yanması ile tamamlanmıştır.



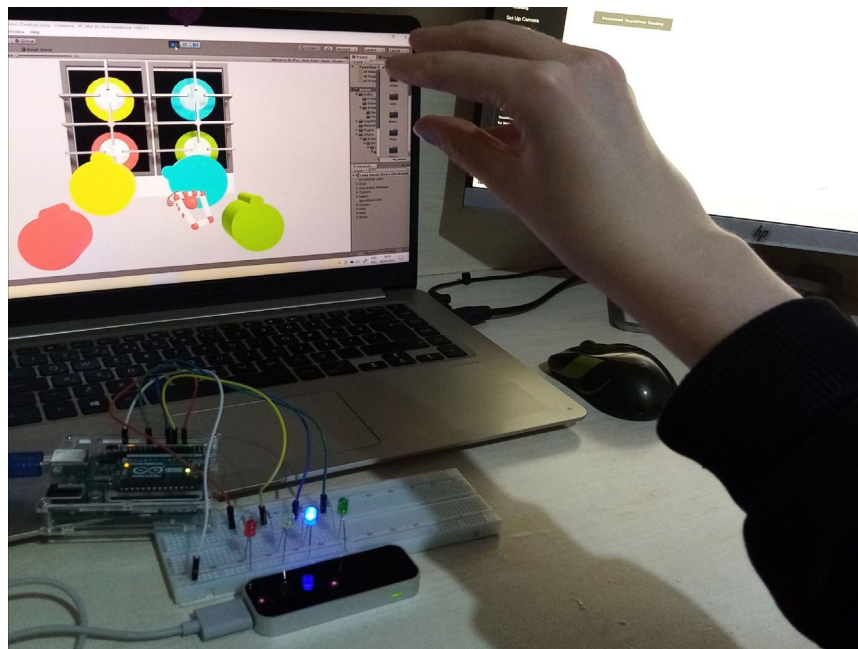
Şekil 31. Kırmızı butonla eşleşen kırmızı LED'in yanması

Şekil 31’de kırmızı buton ile eşleşen kırmızı renkli LED’in yanması ve kullanıcı elinin konumu görülmektedir.



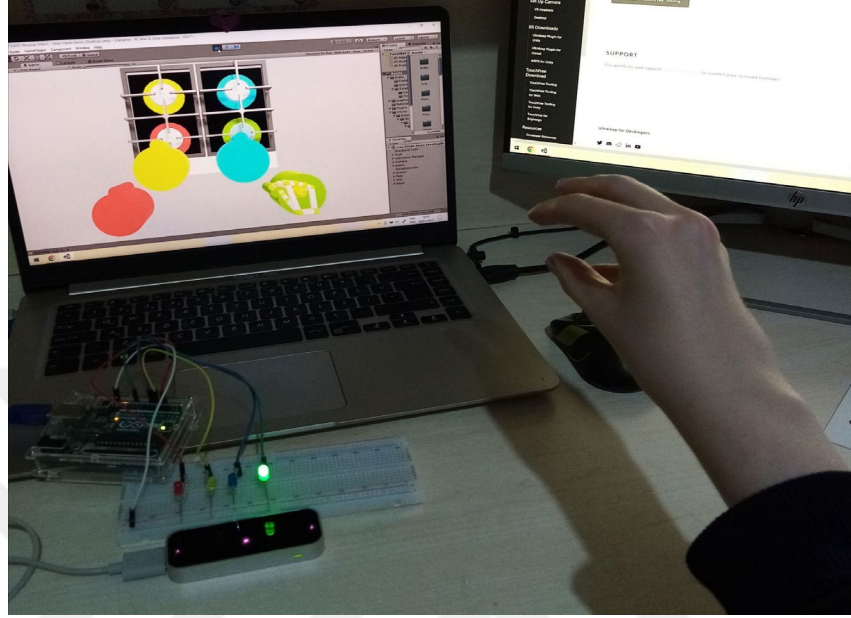
Şekil 32. Sarı butonla eşleşen sarı LED’in yanması

Şekil 32’de sarı buton ile eşleşen sarı renkli LED’in yanması ve kullanıcı elinin konumu görülmektedir.



Şekil 33. Mavi butonla eşleşen mavi LED’in yanması

Şekil 33’de mavi buton ile eşleşen mavi renkli LED’in yanması ve kullanıcı elinin konumu görülmektedir.

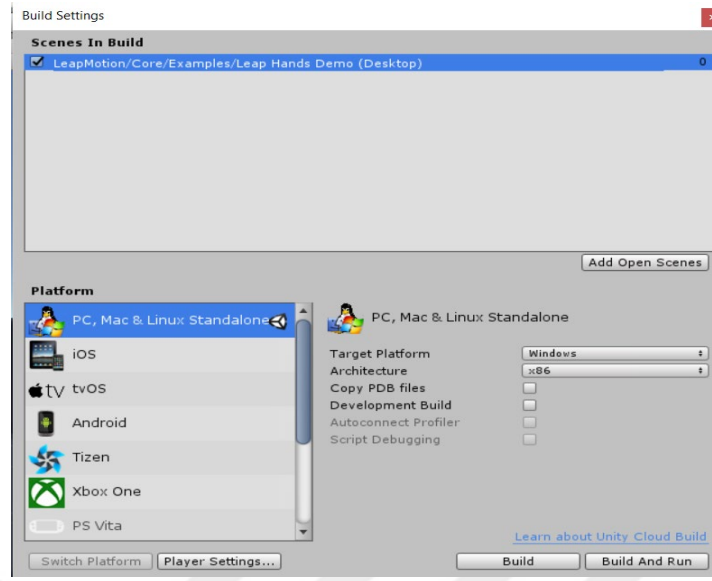


Şekil 34. Yeşil butonla eşleşen yeşil LED’in yanması

Şekil 34’te kırmızı buton ile eşleşen kırmızı renkli LED’in yanması ve kullanıcı elinin konumu görülmektedir. Proje tüm LED’lerin Unity ortamından gelen verilerle parlaklığının kontrol edilebilmesi ile başarılı bir şekilde tamamlanmıştır.

3.5. Projeyi Dışa Aktarma

Bu işlem ile çalışmamızı bir uygulama haline getirmek için önemlidir. Tamamlanan projemizi .exe formatında tek tıkla açmak için File → Build Settings komutunu seçtikten hangi sahnenin işlenmesini isteniyorsa ona göre sahne ekleyip Build seçilmektedir. Hangi konuma kaydedilmesi isteniyorsa o konum seçilip isim girdikten sonra Execute işlemi tamamlanmaktadır. Projemizde tek bir sahne olduğu için mevcut sahnenin seçilmesi yeterlidir. Birden fazla sahne olması durumunda, her bir sahnenin işlem sırasına göre Build işleminden önce seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 35. Projenin Execute edilerek uygulama haline dönüştürülmesi

Bu işlem sonunda projemiz bir masaüstü uygulaması haline gelerek, tek bir tuşla açılarak kullanıcıların kullanımına sunulmaktadır.

4. TARTIŞMA-SONUÇ ve ÖNERİLER

LM, kolay programlanabilir ve piyasadaki muadillerine göre uygun fiyatlı bir teknoloji olması sebebiyle, her kesimden insanın kullanımına açıktır. Yapılan çalışmalar sonucunda algıladığı görüntüyü bilgisayara anında aktarmayıp iletişim kuramaması ve uzun süreli kullanımda ellerin uzun süre havada kalması sebebiyle yorucu bir teknoloji gibi görünse de, kısa süreli kullanımlarda tercih edilebilmesi daha makul görünmektedir. Her ne kadar sadece elinizi hareket ettirip bilgisayardan kontrol sağlayacak da olsanız, arayüze adapte olmak için belli bir zaman pratik yapmayı gerektirmektedir. Yine de ilerleyen güncellemeler ve yeni uygulamalarla sadece hayal gücü ile hayatımızı LM ile kolaylaştıracak projeler vaad etmektedir.

Evde, TV kumandası yerine komut vermek için, her türlü elektronik aletleri çalıştırmak için ve hatta perdeleri açıp kapamak için bile kullanabilmektedir.

LM aynı zamanda 2D ve 3D çizim yapmaya da olanak sağlayabilmekte, herhangi bir fare, trackpad ihtiyacı duymadan mühendislerin çizim üzerinde değişiklik yapmasına olanak vermektedir. Gelecekte makine kontrollerinde, robot asistanlarda kullanılması mümkün görünmektedir [45].

Müzik aleti çalıp, oyun oynamaya imkan tanımaktadır. Bilgisayarınıza fare imleci yerine kullanarak, komut verip dosyalarla işlem yapabilir, çağrı oluşturup sonlandırabilmek mümkündür.

Sadece bu alanlarla sınırlı kalmayıp ilkökul seviyesinde öğrencilerin eğitiminde önemli bir yere sahip olabilir. Harfleri öğretmede, matematiksel işlemlerde, çevreyi tanımlarında ve teknoloji ile tanışmaları için LM güzel bir fırsat sunabilme becerisine sahiptir.

Yapılan çalışmalarda gözlemlendiği kadarıyla, tıp ve veterinerlik alanında hem eğitim hem de ameliyat esnasında efektif bir şekilde kullanılacağı öngörülebilmektedir.

Yapılan literatür taramaları, deneyler ve ortaya konan bu proje göz önüne alınarak, LM kurulumu kolay bir uygulamadır. Gerekli eklentiler ve örnek projeler ulaşılabilir olup çok bilinen bir donanım olmadığı için karşılaşılan bir problemi çözmek çok uzun zaman almaktadır. Kendi projemizde sahne buton tutma ve çevirme işlemleri yapılsa da diğer projelerde gözlemlendiği kadarıyla, çok hızlı hareket eden eli algılamamaktadır. Bu yüzden yapacağının uygulamada mümkün olduğunca kameranın eli tanınmasına ve işlemi algılaması için en yavaş şekilde hareket edilmesi daha mantıklı görünmektedir. Etkileşim alanı arttırılmadan kullanılması, kısıtlı bir çalışma imkanı sağlamaktadır. Daha büyük çapta kullanılacak bir çalışma için LM etkileşim alanı için donanım eklentisine gidilmesi gerekmektedir.

Günümüz şartları için diğer alternatiflerine oranla uygun fiyatlı olması donanımı tercih edilebilir kılmaktadır. Belki ilerleyen sürümlerde yapılan iyileştirmeler ile donanımdaki dezavantajlar ortadan kaldırılırsa daha fazla kullanıcının aktif olarak üzerinde çalışacağı bir teknoloji olması kaçınılmazdır.

UltraLeap tarafından yayınlanan rapora göre, Çin, Kuzey Amerika, Japonya ve İngiltere'deki kullanıcılarla yapılan anket ve değerlendirmeler sonucunda: kullanıcıların yarısı, toplu alanlarda kullanılan ekranların hijyenik olmadığı farkında ve kullanmaya mecbur kalmadıkça tercih etmediklerini belirtmektedir. %83'ü, tanıştırdıktan sonra Temassız sistemleri daha kullanışlı bulduklarını, her türlü ortamda, dokunmatik sistemlere üstün olduğunu söylemektedir. Temel sebep, bir restoranda sipariş verirken kullanıcılar, ellerinin temiz kalmasını istemektedir. Sadece restoranda değil, ATM'lerde, mağazalarda ödeme yaparken, müzede sergide, otobüs bileti alırken ve hatta oyun oynarken temassız bir sistemin kullanılmasının daha iyi olacağını düşünmektedirler. Ankete katılan bireyler, temassız sistem kullanılan mağazaları daha çok tercih edeceklerini ifade ederek, bu sistemin kurulması ve daha hızlı işleme olanak tanınması mağazalara ciddi oranda kar sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

1. Potter, Araullo, Carter, 2013. The Leap Motion controller: A view on sign language. *Proceedings of the 25th Australian Computer-Human Interaction Conference: Augmentation, Application*, 175–178.
2. Demircioglu, Bulbul, Kose (2016). Turkish Sign Language Recognition with Leap Motion. Conference: 2016 *24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)*
3. Mohandes, Aliyu, Deriche (2014). Arabic Sign Language Recognition Using the Leap Motion Controller. 2014 *IEEE 23rd International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)*
4. Zaiți, Pentiuc, Vatavu, 2015. On free-hand TV control: experimental results on user-elicited gestures with Leap Motion. **Personal and Ubiquitous Computing** 19, pages 821–838.
5. Rahmat, Hasibuan, Siregar, Syahputra, 2018. A Traditional Bekel Game Using Leap Motion Controller. *Journal of Physics Conference Series* 1116(2):022036.
6. Cho, Lee, 2014. A Study about Honey Bee Dance Serious Game for Kids Using Hand Gesture: **International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering** 9(6): 397-404.
7. S. Nicola, L. Stoicu-Tivadar, I. Virag and M. Crișan-Vida, 2016. Leap Motion supporting medical education, 2016 *12th IEEE International Symposium on Electronics and Telecommunications (ISETC)*: 153-156.
8. Zhongliu, Xin (2019). Research on Interactive System of Science Exhibition Based on Leap Motion, *IOP Conference Series Materials Science and Engineering* 686(1):012011.
9. Falcão, C., Lemos, A., Soares, M., 2015. Evaluation of Natural User Interface: A Usability Study Based on the Leap Motion Device. **Procedia Manufacturing**. 3: 5490-5495

10. Bachmann, D., Weichert, F., Rinkenauer, G., 2015. Evaluation of the Leap Motion Controller as a New Contact-Free Pointing Device. **Sensors** 15(1):214-233
11. Aimaiti, N., Yan, X., 2011. Gesture-based interaction and implication for the future. Independent thesis of Umeå University.
12. Udayan, D., 2020. Gesture Based Interaction in Immersive Virtual Reality. *Engineering and Scientific International Journal*. 07. 52-56.
13. Zuffo, M., Cabral, Morimoto, 2005. On the usability of gesture interfaces in virtual reality environments. *Proceedings of the 2005 Latin American conference on Human-computer interaction*. 100-108.
14. Dinh, D., Kim, J., Kim, T., Hand Gesture Recognition and Interface via a Depth Imaging Sensor for Smart Home Appliances. **Energy Procedia** 62: 576-582
15. Friedewald M., Raabe O., 2011. Ubiquitous computing: An overview of technology impacts. **Telematics and Informatics**, 28, Issue 2: 55-65.
16. Microsoft. "Holoportation" Erişim: Mayıs 2022 <https://www.microsoft.com/en-us/research/project/holoportation-3/>
17. "Internet of things" Erişim: Haziran 2022 <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/Internet-of-Things-IoT>
18. Google. "Google Nest" Erişim: Eylül 2022 https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Nest
19. "AR Tool Kit" Erişim: Haziran 2022 <https://www.artoolkitx.org/>
20. Vuforia Engine. "Vuforia" Erişim: 13.09.2022 <https://developer.vuforia.com/>
21. İçten, T., Bal, G., 2017. Artırılmış gerçeklik üzerine son gelişmelerin ve uygulamaların incelenmesi. **Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology**, 5 (2), 111-136

22. Adobe. “Adobe Aero” Erişim: Haziran 2022
<https://www.adobe.com/tr/products/aero.html>
23. Ferhat, S., 2016. Dijital Dünyanın Gerçekliği, Gerçek Dünyanın Sanallığı Bir Dijital Medya Ürünü Olarak Sanal Gerçeklik. **TRT Akademi**, **1 (2)**, 724-746
24. Künüçen, H., Samur, S., 2021. Dijital Çağın Gerçeklikleri Sanal, Artırılmış, Karma ve Genişletilmiş Gerçeklikler Üzerine Bir Değerlendirme. **Yeni Medya**, 2021 (11), 38-62
25. Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., Kishino, F., 1995. Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. **Telemanipulator and Telepresence Technologies. Proceedings** 2351,
26. Gilbert, Dionisio, Burns, 2013. 3D Virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. **ACM Computing Surveys** 45 Issue 3: 1-38.
27. Ultra Leap. “Leap Motion Metaverse İlişkisi” Erişim: Ekim 2022
<https://www.ultraleap.com/company/news/blog/metaverse/>
28. Z. Zhang, 2012. Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. **IEEE MultiMedia**, vol. 19, no. 2, pp. 4-10.
29. “NuiTrack” Erişim: Haziran 2022. <https://nuitrack.com/>
30. “Skeletal Tracking” Erişim: Haziran 2022. <https://www.intelrealsense.com/skeletal-tracking/>
31. “Cyber Gloves” Erişim: Eylül 2022 <https://www.cyberglovesystems.com/>
32. “xSens Gloves” Erişim: Eylül 2022 <https://www.xsens.com/products/xsens-gloves-by-manus>
33. “Neonode Contactless” Erişim: Eylül 2022 <https://neonode.com/products-and-solutions/contactless-touch>

34. Nielsen, M., Moeslund, T., Storrang, M., Granum, E., 2003. A procedure for developing intuitive and ergonomic gesture interfaces for human computer interaction. *In Proc. of the 5th International Gesture Workshop*.
35. UltraLeap. "Leap Motion Technical Details" Erişim: Mayıs 2022 https://www.ultraleap.com/datasheets/Leap_Motion_VR_Developer_Mount_Data_Sheet.pdf
36. "Stereo Imaging" Erişim: Aralık 2022. <https://www.techtarget.com/whatis/definition/stereoscopy-stereoscopic-imaging#:~:text=Stereoscopy%2C%20sometimes%20called%20stereoscopic%20imaging,in%20one's%20line%20of%20sight.>
37. UltraLeap. "Virtual Piano" Erişim: Mayıs 2022 <https://gallery.leapmotion.com/virtual-piano-for-beginners/>
38. "Camera Position Visualiser" Erişim: Mayıs 2022 <https://docs.ultraleap.com/CameraPositionVisualizer/>
39. Ergonomic requirements for office work with visual display terminals Part1 ISO 9241-1:1997
40. Osmond Ergonomics. "RULA Table" Erişim: Ekim 2022 <https://www.rula.co.uk/>
41. Tang, Webb, 2018. The design and evaluation of an ergonomic contactless gesture control system for industrial robots: **Journal of robotics** 19: 821 - 838.
42. "Core Asset" Erişim: Mayıs 2022 <https://github.com/ultraleap/UnityPlugin/releases/tag/Release-CoreAsset-4.3.4>
43. "Interaction Engine" Erişim: Mayıs 2022 <https://github.com/ultraleap/UnityPlugin/releases/tag/Release-InteractionEngine-1.1.1>

44. Sharma, A., Yadav, A., Srivastava, S., Gupta, R., 2018. Analysis of movement and gesture recognition using Leap Motion Controller. **Procedia Computer Science**. 132: 551-556.
45. “Stereo Vision” Erişim: Ocak 2023 <https://www.zivid.com/3d-stereo-vision>
46. Xin-Jun, L., Zhengu, N., Jingjun, Y., Fugui, X., Rui Song Intelligent Robotics and Applications: *14th International Conference*
47. “Arduino Pinleri” Erişim: Ocak 2023 <https://sites.google.com/site/robotikprojeses/arduino/arduino-uezerinde-bulunan-pinler>

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: Buse Batukan

Uyruğu: Türkiye (T.C)

EĞİTİM

Derece	Kurum	Mezuniyet Tarihi
Erasmus+	AGH Science and Technology University- Krakow	2021-2022
Lisans	ERÜ- Endüstriyel Tasarım Mühendisliği- Kayseri	2013-2017
Lise	75.Yıl Cumhuriyet A.L.- Kayseri	2009-2013

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görev
Mart 2022-Şu an	Envest Enerji ve Su Teknolojileri Ltd. Şti.	End. Tas. Müh.

YABANCI DİL

İngilizce, Fransızca, Lehçe

YAYINLAR

- Boran, Batukan, Altunbaş. (2021). Kuvars ve Turmalin Malzemelerinin Piezoelektrik Özelliklerinin Karşılaştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 24, ss 479-483.
- Batukan (2023). El Hareketleri ile Mutfak Gereçlerinin Temassız Kontrolü: Sanal Ocak Üzerine Bir Uygulama Arayüzü. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 46.