



Robotic Hand with Voice Control

Türkay Özkan and Hakan İşik

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

March 13, 2022

Ses Kontrollü Robotik El

Türkay ÖZKAN^{1*}, Hakan IŞIK^{2*}

¹Mekatronik Mühendisliği / Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Türkiye
ORCID ID 0000-0003-4376-0686

²Elektrik Elektronik Mühendisliği / Teknoloji Fakültesi, Selçuk Üniversitesi, Türkiye
ORCID ID 0000-0002-7602-4434

*(turkay.zkn@gmail.com)

*(hisik@selcuk.edu.tr)

Özet – Sürekli olarak yaşanan teknolojik gelişmelerde temel amaç insan hayatının kolaylaştırılmasıdır. Bu amaçla yapılan çalışmaların ciddi bir kısmını engelli bireylerin sosyal hayata katılımı ve engellerinin teknoloji sayesinde ortadan kaldırılması amacı oluşturmaktadır. .Engelsiz Yaşam Derneğinin verilerine göre dünya üzerinde bir milyar doğuştan veya sonradan engelli birey yaşamakta. Her insanın bir engelli adayı olduğu gerçeğini düşündüğümüzde bu alanda yapılacak çalışmalar her dönem önemini koruyacaktır.

Araştırmacıların üzerinde çalışmakta olduğu diğer bir konu insan hayatının korunmasıdır. Uzaktan yapılan tıbbi müdahaleler, insan hayatının riskli olduğu işlerde insan faktörünü ortadan kaldırmak bu araştırmaların temelini oluşturmaktadır. Geliştirilen laparoskopik cihazlar sayesinde uzaktan gerçekleştirilen ameliyatlara yaygın hale gelmeye başladı. Ayrıca insan sağlığını etkileyebilecek zararlı ortamlarda programlanabilir robotlar artık iş gücünü kolaylıkla karşılayabilir durumda.

Değinilmesi gereken belki de en önemli konu araştırma, keşif. Son dönemlerde ülkelerin uzay çalışmalarında girmiş oldukları yarış birçok yeni cihazın geliştirilmesine neden oluyor. Bu amaçla geliştirilen robotlardan olan “DA VİNCİ” NASA tarafından geliştirildi. Uzay araştırmaları yapan astronotların acil durumlarda cerrahi müdahalesi için geliştirilen robot aynı zamanda günlük hayatımızda da kullanılmaktadır.

Bu belgede bahsi geçen çalışmada tasarlanan mekanik el öncelikli olarak engelli bireylerin gündelik işlerinde hayatlarını kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca tasarımın ileri ki versiyonlarında yapılacak geliştirmeler ve değişikliklerle, yukarıda bahsi geçen diğer araştırma konuları için gerekli durumlarda uzaktan cerrahi müdahale, insan hayatının tehlikede olduğu alanlarda çalışma ve akademik araştırmalar vb. alanlarda kullanılması amaçlanmaktadır. Çalışmamız sesli bir şekilde kablosuz olarak kontrol edilebilmektedir. Tasarım yapılırken insan eli ölçüleri referans alınmış olup, beş parmak ve her parmak iki serbestlik derecesine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda açıkça tasarımı yapılan elin amaca uygun şekilde kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler –Robotik, protez el, sesli kontrol, uzaktan kontrol, programlanabilir el.

Abstract- The main purpose of continuous technological developments is to facilitate human life. A significant part of the studies carried out for this purpose is the participation of disabled people in social life. It is aimed to eliminate the barriers of people with disabilities through technology. According to the data of the Association for Life without disabilities, there are one billion individuals with congenital or acquired disabilities in the world. Considering that every person is a candidate for disability, studies in this field will be important in every period. Another issue that researchers are working on is the protection of human life. Minimizing the human factor in jobs where human life is risky with remote medical interventions is the basis of these researches. Thanks to the developed laparoscopic devices, remote surgeries have become common. In addition, programmable robots are now in a position to easily meet the workforce in harmful environments that may affect human health. Perhaps the most important issue to be addressed is researches and discoveries. Recently, the race that countries have entered in space studies has led to the development of many new devices. "DA VINCI", one of the robots developed for this purpose, was developed by NASA. This robot, which is used by astronauts doing space exploration in emergencies that will require surgical intervention, is also used in our daily lives. The mechanical hand designed in the study mentioned in this document primarily aims to facilitate the lives of people with disabilities in their daily work. In addition, in future versions of the design, it is aimed to be used in remote surgical intervention for other research topics mentioned above, working in areas where human life is in danger, and academic research when necessary. This project can be controlled wirelessly by voice. While designing, human hand measurements were taken as reference and five fingers and each finger is designed with two degrees of freedom. As a result of the experiments, it has been seen that the designed hand can be used in accordance with the purpose.

Anahtar Kelimeler –Robotic, prothesis hand, remote control, programmable hand.

I. GİRİŞ

Engelli bireyler için engel teşkil eden durumlarının ortadan kaldırılması amacıyla yapılan çalışmalar çok uzun yıllar öncesine dayanmakta. Finch(2011) yapmış olduğu çalışmada bulduğu bir protezden bahsetmiş ve protezin milattan önce ki yıllara ait olduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca yine bu tarihten önce yaşayan bilginlerin kitaplarında protezlere ait çizimlere rastlanmıştır. Bizim çalışmamıza benzer protezler üzerine çalışmaların yapılması ve kullanılmaya başlaması ise 16. yüzyılda olmuştur.

Yapılan çalışmalar her geçen yıl gelişerek devam ettiği için literatür çalışması son dönemlerde yapılan çalışmalara odaklanarak yapılmıştır.

olduğumuz protez ele benzer bir el yapılarak mikroişlemci olarak arduino uno kullanmışlardır. Esneklik sensörlerinin kullanılmış olduğu tezde , sensörler bir eldivene dikilerek bir operatörün eline giydirmek suretiyle hazırlanan el uzaktan kontrol edilmiştir.[2]

“ Design and Implementation of Artificial Upper Limbs Based on Arabic Speech Words “ isimli çalışmalarında Huseein (2020) ve arkadaşları arduino uno kullanılmış olup bizim çalışmamızdan

Tasarımımız ses ile kontrol edildiği için benzer kontrollü ve çalışma mantığı aynı olan protez el dışında ki çalışmalar ayrı incelenmiş, ses ile kontrol edilmese de farklı yaklaşımlara sahip protez el çalışmaları da ayrıca incelenmiştir.

Saravanan (2020) ve arkadaşları “Arduino Based Voice Controlled Robot Vehicle “ isimli çalışmalarında arduino uno ve hc05 bluetooth modülü kullanarak tasarlamış oldukları aracın kontrolünü android tabanlı cep telefonu arayüzü ile sesle kontrol etmişlerdir. Kullanmış oldukları android tabanlı “AMR_VOICE” isimli mobil uygulama bizim tezimizde de kullanılmıştır.[1]

Karaçizmeli (2014) ve arkadaşları “ Robotic Hand Project “ isimli çalışmalarında yapmış farklı olarak sesli komutlar bilgisayar üzerinden mikroişlemciye aktararak yapılan el kontrol edilmiştir. Komut dili olarak Arapça kullanılmıştır.[3]

Gökbayrak (2016) ve arkadaşları yapmış oldukları “Esnek Algılayıcı Kontrollü Robot El Tasarımı ve Gerçeklenmesi Üzerine Bir Çalışma” isimli çalışmada esnek sensörler kullanarak insan eline benzer bir el tasarlayarak kontrolünü uzaktan sağlamış ve her bir parmak için ayrı ayrı kinematik denklemlerini hesaplamışlardır.[4]

Endüstriyel tarzda tasarlanmış olduğu robotla yapmış olduğumuz projeye çalışma mantığı olarak benzeyen makalede Naik (2020) arduino uno yardımıyla servo motorların kontrolünü sesli komutlar ile yapmıştır.[5]

“Beş Parmaklı Protez Robot El” isimli yüksek lisans tezi çalışmasında Arı (2016), tasarlanmış olduğu beş parmaklı protez elde amaç olarak ele piyano çaldırılmış, bizim yapmış olduğumuz çalışmaya yakın çalışmasının detaylı bir araştırmasını yaparak her parmak için ayrı kinematik hesaplamalar yapmıştır. Tasarlanmış olduğu elin parçalarını bizimde yapmış olduğumuz gibi 3D yazıcıdan çıkartarak bir araya getirmiştir. Yapmış olduğu tez çalışmasında parmakların kontrolü için işlemci olarak arduino mega kullanmış ve parmakların hareket etmesini servo motorlar aracılığı ile yapmıştır. El piyanonun ön kısmına yerleştirilen bir raylı sistem üzerinde hareket ederek belirlenen notalar üzerinde belirlenen parmaklar hareket ederek piyano çalma işlemi gerçekleştirilmektedir.[6]

“Design of an Automatic Voice Controlled System and Remote Control” isimli bir diğer çalışmada, bir üretim sisteminin, ses komutları ile uzaktan kontrolü gerçekleştirilmiştir. Farklı mobil platformlarda da çalışabilen bir uzaktan kumanda uygulaması oluşturulmuştur. Bu uygulama ile araç türünü, motorun hızını, verici parçalarını ve renk seçimini yapmak için birtakım düğmeler mevcut kılınmıştır. Elektronik kontrol için Arduino kartı ve uzaktan kumanda uygulaması ile kontrol donanımı arasındaki kablosuz iletişimi sağlamak için Wi-Fi modülü kullanılmış. Ses tanıma sistemi olarak Arduino için konuşma tanıma aracı olan µSpeech tercih edilmiş. µSpeech kütüphanesi, Goertzel algoritması kullanılarak geliştirilmiş. Bu algoritma, Ayırık Fourier Dönüşüm (Discrete Fourier Transform-DFT) bir uyarlaması olarak elde edilebilir.[7]

González (2019) ve bir arkadaşı “Optimization of the Kinematic Chain of the Thumb for a Hand Prosthesis Based on the Kapandji Opposition Test” isimli çalışmalarında insan eline yakın ölçülerde

tasarlamış oldukları elin özellikle başparmak kısmına odaklanmışlardır. Kinematik hesaplamalarını yapmış oldukları başparmağın tasarımının uygunluğunu KOT ile başarılı bir şekilde test etmişlerdir.[8]

Zaidan (2021), “Design and Implementation of Upper Prosthetic Controlled remotely by Flexible Sensor Glove” isimli makalesinde tasarlanmış olduğu protez elin uzaktan kontrolünü sağlamıştır. Operatöre giydirilecek şekilde bir eldiven üzerine esneklik sensörleri yerleştirmiş ve operatörün hareketlerini bu sensörler yardımıyla veriye dönüştürmüştür. Esneklik sensörleri ile algılanan veriler arduino nano mikroişlemcisine aktarılmıştır. Mikroişlemcide incelenen veriler anlamlandırılarak karşılıkları HC-12 kablosuz modülü ile protez elde bulunan SG-90 servo motorlara aktararak parmakların operatörün parmak hareketlerini taklit etmesi sağlanmıştır. Ayrıca parmak uçlarında bulunan FSR400 ve MLX906 sensörleri ile temas edilen yüzeylerden geri bildirimler alınmıştır. Bu sensörler sayesinde temas edilen obejeye uygulanan basınç ve objenin sıcaklığı gibi veriler elde edilmiştir.[9]

“Design of a Robotic Hand With a Biologically-Inspired Parallel Actuation System for Prosthetic Applications” isimli makalede Crawford (2010) ve Perez-Gracia (2010) insan parmaklarının hareketini sağlayan Flexor Digitorum Profundus (FDP) ve the Flexor Digitorum Superficialis (FDS) isimli tendonların incelemelerini yaparak anatomik bir çalışma yapmışlardır. İki tendonun çalışmasına benzer bir mantıkla çalışan bir başparmak tasarımı yapmışlardır. Çalışma başparmak özelinde yapılmış olup belirli objelerin tutulması sağlanmıştır.[10]

Sakshi Sharma, Shubhank Sharma, Piyush Yadav (2017) yayınlamış oldukları “Design and Implementation of Robotic Hand Control Using Gesture Recognition” isimli çalışmada tasarlamış oldukları protez eli hareketli bir platform üzerine yerleştirmişlerdir. Eldiven üzerine konumlandırılmış esneklik sensörleri ve ivme ölçerler sayesinde eldiveni giyen operatörün parmak hareketlerine göre üç boyutlu yazıcıda basılan elin parmakları hareket etmektedir. Aynı zamanda operatörün elinin açısına göre platform ivme ölçerden gelen veri sayesinde konum değiştirmektedir. Veriler bluetooth modülü sayesinde aktarılmış ve mikroişlemci olarak arduino mega kullanılmıştır.[11]

II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde ses kontrollü robotik elin tasarım aşamalarından, tasarım yapılırken yararlanılan programlar ve malzemelerden detaylı olarak bahsedilmiştir.

Mikroişlemci olarak arduino nano, parmak hareketlerini sağlamak amacıyla SG-90 servo motorlar kullanılmıştır. Elin parçalarının çizimleri gerçek bir insan elinden ölçüler alınarak SolidWorks programı üzerinden yapılmıştır. Solidworks üzerinden tasarlanan parçalar üç boyutlu yazıcıdan bastırılarak bir araya getirilmiştir. Sistemin çalışması için gerekli elektrik enerjisi lityum iyon pil ile sağlanmıştır.

A.Devre Elemanları

A.1. Arduino Nano

Arduino genel kullanım amacıyla bilgisayarımızda ki işlemciye benzeyen bir mikro kontrol ünitesidir. Kullanım amaçlarına göre ve ihtiyaçlara göre farklı çeşitleri bulunmaktadır. Her çeşidi farklı bir mikrodenetleyiciye sahiptir. Programlamak için Arduino IDE isimli kendi arayüzü kullanılır.

Çalışmamızda kullanacak olduğumuz arduino çeşidi arduino nanodur. Arduino nano kolaylıkla USB Mini-B kablosuyla bilgisayara bağlanabilir. Mikrodenetleyici olarak ATmega328 kullanır. Çalışma gerilimi 5V olan arduino nanonun önerilen besleme voltaj aralığı 7V-12V tur. Üzerinde 14 adet dijital giriş bulunmaktadır.

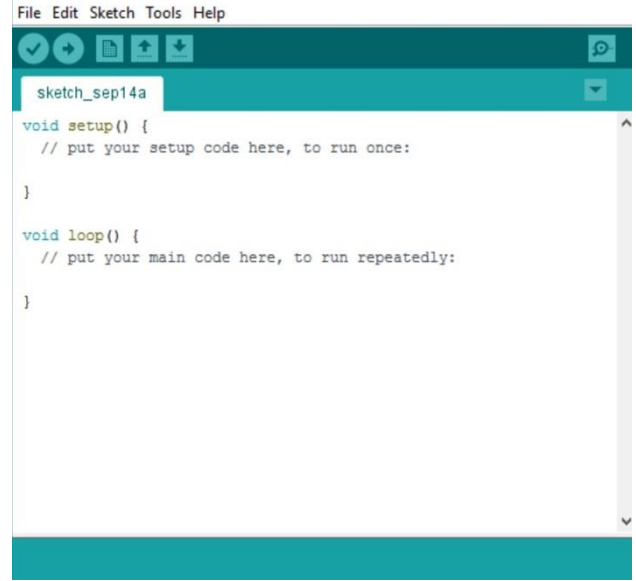


Şekil 1. Arduino Nano

A.2. Arduino IDE

Arduino IDE , arduino kitlerinin programlanması için geliştirilmiş bir arayüzdür. Bu arayüzde yazılan kodlar kolayca derlenerek bilgisayar usb portuna kablo ile bağlı olan

arduino kitine kolaylıkla aktarılabilir. C ve C++ programlama dillerini temel alan bir programlama diline sahiptir.



Şekil 2. Arduino IDE

A.3. SG-90 Servo Motor

Çalışmada on bir adet SG-90 servo motor kullanılmıştır. Tasarlanan elin eklem yerlerine gelecek şekilde montajlanan servo motorlar sayesinde baş parmak için üç , diğer dört parmak için iki farklı serbestlik derecesi elde edilmiştir. SG-90 servo motor 23.1 mm X12.2 mm X29 mm boyutlarına, 9 g ağırlığa sahiptir. 0°-180° arasında dönüş hareketi gerçekleştirebilir. Üzerinde bulunan üç ayrı kablo toplama, güç ve sinyal kablosu olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3. SG-90 Servo Motor

A.3. Lityum Polimer Pil

Devrenin çalışması için besleme lityum polimer pil ile yapılmıştır. Lityum polimer piller normal pillerde kullanılan sıvı elektrolit yerine, polimer bir elektrolit kullanılmaktadır.

Tercih etmiş olduğumuz pil yirmi hücreli bir pil. Her bir hücreden anlık 800 mAH çekebiliyoruz. Konfigürasyon olarak iki seri ve bir paralel bağlanmış hücreden oluşan pilimizde gerilim değeri 7.4 V'tur.



Şekil 4. Lityum Polimer Pil

A.4. HC-05 Bluetooth Modülü

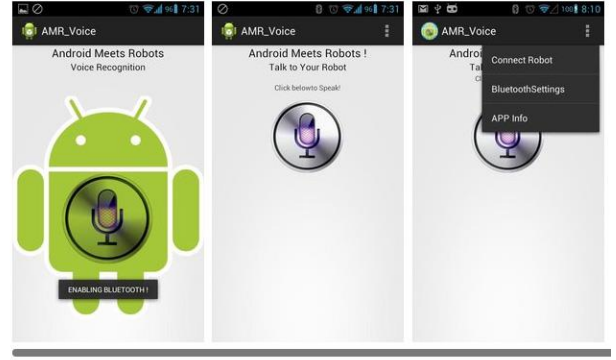
Uzaktan kontrolü HC-05 isimli bluetooth modülü sayesinde mobil telefondan arduino nano mikroişlemcisine aktaracağız.



Şekil 5. HC-05 Bluetooth Modülü

A.5. AMR Voice Uygulaması

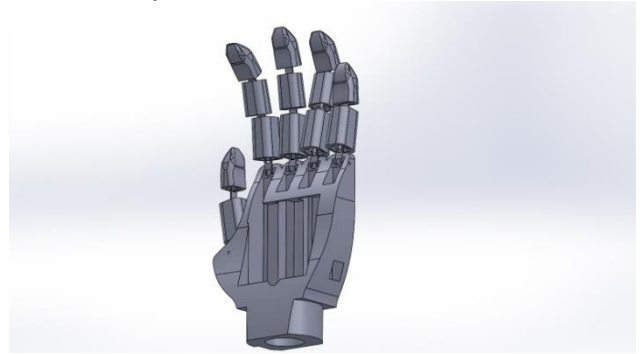
Elin ses komutlarını algılamak ve bluetooth modülü aracılığı ile işlemciye aktarılmasını sağlamak amacıyla AMR Voice isimli uygulamadan yararlanılmıştır. AMR Voice uygulaması sesi google aracılığıyla harflere çevirir ve bluetooth üzerinden bluetooth modülüne yollar. AMR kod gönderime başlarken "*" ifadesi, bitirirken "#" ifadesi kullanıldığı için konuşma komutlarımızı arduino kartta denetlerken başına "*" ve komutun bittiği anlam için "#" ifadesini kullanırız.



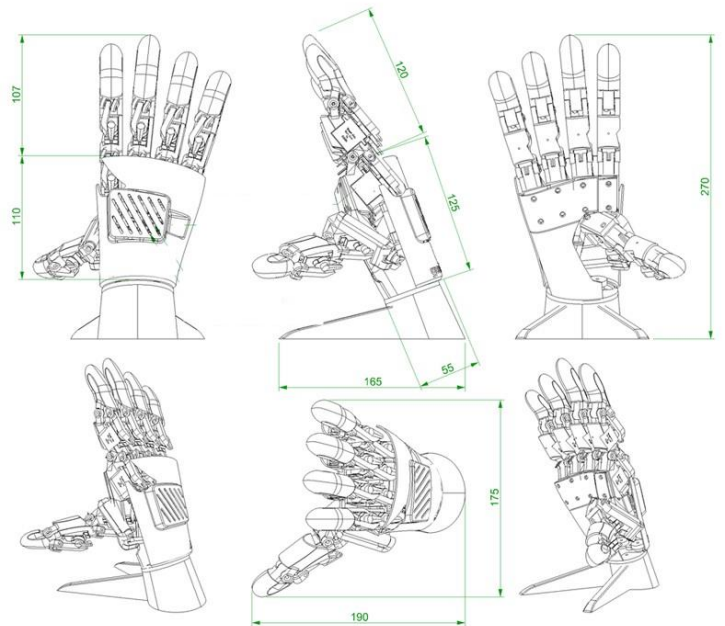
Şekil 6. AMR Voice Uygulama Arayüzü

B. Tasarım ve Montaj

Çalışmanın her bir parçasının tasarımı SolidWorks programı kullanılarak yapılmıştır. Parçalar daha sonra üç boyutlu yazıcıdan bastırılarak bir araya getirilerek montaj işlemi tamamlanmıştır.



Şekil 7. SolidWorks Tasarımı 1



Şekil 8. SolidWorks Tasarımı 2

C. Programlama ve Komutlar

Çalışmanın temelinde tasarlanan elin sesli komutlar ile tanımlanan temel komutları yerine getirmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda komutlar şunlardır ;

- Baş parmak
- İğaret parmağı
- Orta parmak
- Yüzük parmağı
- Serçe parmağı
- Bütün parmaklar
- Yakala
- Bırak

III. BULGULAR

Sonuç olarak protez ele ayrı ayrı hedeflenen tüm temel komutlar verilerek komutları yerine getirdiği gözlemlenmiştir. Çapı 60 mm olan sert bir cismi (Şekil 9) ve çapı 50 mm olan yumuşak bir cismi (Şekil 10) yakalaması istenmiş ve bu işlemleri başarıyla tamamlamıştır.

Sesli komutlar on farklı kişi tarafından ayrı ayrı mobil telefona söylenmiş ve elin temel komutların tamamını yerine getirdiği görülmüştür.

Sessiz bir oda da desibel değeri 27 db iken telefondan 25 cm uzaklıkta komutlar verilmiş ve konutların algılandığı desibel değeri aralıkları belirlenmiştir (Tablo 1).

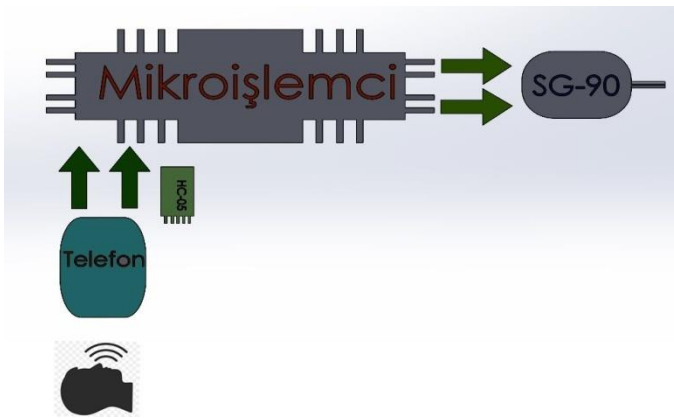
Temel komutların tepki süreleri ölçülerek gözlemler kaydedilmiştir (Tablo 2).



Şekil 10. Cisim1 Yakala Komutu



Şekil 11. Cisim2 Yakala Komutu



Şekil 9. Çalışma Şeması

Tablo 1. Komutlar ve Algılama Desibel Aralığı

Komutlar	En düşük (DB)	En Yüksek(DB)
Baş parmak	32	73
İşaret parmağı	45	79
Serçe parmağı	39	76
Yüzük parmağı	34	75
Orta Parmak	42	79
Yakala	33	74

Tablo 2. Komutlara Tepki Süresi

Komutlar	En düşük (sn)
Baş parmak	3
İşaret parmağı	4
Serçe parmağı	3
Yüzük parmağı	2
Orta Parmak	4
Yakala	5

Tablo 3. Komutlar ve Görüntüsü

Komutlar	Görüntü
Bir	 Şekil 12: Bir Komutu Görüntüsü
İki	 Şekil 13: İki Komutu Görüntüsü
Üç	 Şekil 14: Üç Komutu Görüntüsü
Dört	 Şekil 15: Dört Komutu Görüntüsü
Beş	 Şekil 16: Beş Komutu Görüntüsü

IV. TARTIŞMA

Yapılan literatür çalışmasında ses ile kontrol edilebilen el dışında çalışmaların veya çalışmanın temelini oluşturan protez ele farklı yöntemler ile yaklaşan çalışmalar olduğunu gördük. Protez el araştırmalarında bizim yaklaşımımıza benzer sınırlı sayıda çalışma olduğunu tespit ettik. Ses ile kontrol edilebilen protez ellerden farklı bir tasarım anlayışı ile çalışmamızı tamamladık. Tasarım sürecinde elin ölçülerini birebir belirlemiş olduğumuz bir bireyin el ölçülerini alarak ortaya çıkardık ve Şekil 8'de ölçülerini detaylandırdık. Ortaya çıkarmış olduğumuz ses ile kontrol edilebilen protez elin benzerlerinden daha etkili bir şekilde günlük hayatta kullanılabileceği ve görsel olarak insan eli görünüşüne çok daha yakın bir görüntü ortaya koyduğu düşüncesindeyiz.

V. SONUÇLAR

OECD-AB ve Türkiye verilerine göre, dünya nüfusunun yaklaşık %15'i engelli bireylerden oluşuyor [12]. Bu sayının gün geçtikçe artıyor olması hepimiz açısından üzücü olmakla birlikte, hayatında bir gerçeği. Engelli bireylere yönelik araştırmaların ilerleyen dönemlerde çok daha etkili sonuçlar ortaya koyacağı kesin. Bu çalışmada bizde engelli bireylerin sosyal hayata katılımları ve günlük işlerinde kullanabilecekleri temel komutları yerine getiren bir el yaptık. Çalışmamız kapsamında tasarlamış olduğumuz el ses ile kontrol edilebilir durumdadır. Yapılan çeşitli denemeler sonucunda hedeflenen komutların başarıyla yerine getirildiğini gözlemledik. Tepki süresini (Tablo 2) ve çalışma desibel aralıklarını (Tablo 1) ölçerek belirledik. Yapılan literatür çalışmalarında, benzerlerinden farklı olarak ses ile kontrol edilebilir oluşu veya tasarım farklılıkları açısından çalışmamızı ayırtırdık. Yapılan çalışmanın geliştirilebilir olduğu ve ileride yapılacak çalışmalar için bir kaynak olacağı düşüncesindeyiz.

TEŞEKKÜR

Çalışma sırasında elinden gelen her türlü desteği veren Arş.Gör. Yavuz Selim TAŞPINAR'a teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- [1] M. Saravanan, B. Selvababu, A. Jayan, A Anand and A. Raj, "Arduino Based Voice Controlled Robot Vehicle," *IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.*, vol. 993, no. , 2020, doi:10.1088/1757-899X/993/1/012125.
- [2] C. Karaçizmeli, G. Çakır, D. Tükel, "Robotik El Projesi," *22th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2014.
- [3] J. S. Huseein , T. R. Saeed , and A. H. Ali, "Design and Implementation of Artificial Upper Limbs Based on Arabic Speech Words," *Kerbala Journal for Engineering Science*, vol. 00, no. 2, 2020.
- [4] İ. Gökbayrak, S. S. Özkan, D. Karayel ve G. Atalı, "Esnek Algılayıcı Kontrollü Robot El Tasarımı ve Gerçeklenmesi Üzerine Bir Çalışma," *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES)*, 2016.

- [5] A. Naik, A. Abraham, ‘‘ Arduino based Voice controlled Robotic Arm,’’ 2020.(yayınlanmamış.)
- [6] A. Arı, ‘‘Beş Parmaklı Protez El,’’ Yüksek Lisans Tezi,
- [7] J. P. V. Alfonso, P. Jhonatan, G. A. L. Felipe, ‘‘ Design of an automatic voice controlled system and remote control,’’ *2014 III International Congress of Engineering Mechatronics and Automation (CIIMA)*, 14826847, 2014, doi: 10.1109/CIIMA.2014.6983461.
- [8] A. Pérez-González, I Llop-Harillo, ‘‘ Optimization of the Kinematic Chain of the Thumb for a Hand Prosthesis Based on the Kapandji Opposition Test,’’ *In book: Computer Methods, Imaging and Visualization in Biomechanics and Biomedical Engineering (pp.271-287)*, 2020, doi:10.1007/978-3-030-43195-2_22.
- [9] A. H. Zaidan¹, Mousa K. Wail , A. A. Yasee, ‘‘ Design and Implementation of Upper Prosthetic Controlled remotely by Flexible Sensor Glove,’’ *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, The Fifth Scientific Conference for Engineering and Postgraduate Research (PEC 2020)*, vol. 1105, 2021, doi:10.1088/1757-899X/1105/1/012080.
- [10] A. L. Crawford, A. Perez-Gracia, ‘‘ Design of a Robotic Hand With a Biologically-Inspired Parallel Actuation System for Prosthetic Applications,’’ *ASME 2010 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference(DETC/CIE 2010)*, 2010, doi:10.1115/DETC2010-28418.
- [11] S. Sharma, S. Sharma, P. Yadav, ‘‘ Design and Implementation of Robotic Hand Control Using Gesture Recognition, *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, vol. 06, no. 04, 201, doi: 10.17577/IJERTV6IS040352.