

AKÜ İJETAS Cilt 8(1) (2025) Haziran (14-22 s)
DOI:10.53448/akuumbd.1680256

AKU İJETAS Vol 8(1) (2025) June (14-22 pp)

Araştırma Makalesi / Research Article
e-ISSN 2667-4165 (<https://dergipark.org.tr/akuumbd>)

Ortopedik Engelli Bireyler İçin Arduino Tabanlı Tek Elle Gitar Çalma Sistemi Tasarımı: Engelsiz Kutu

Belgin Bağrıaçık¹, Ata İskenderoğlu², Doğa Gümüşay³, Agah Yıldız⁴

^{1,2,3,4} Çukurova Bilim ve Sanat Merkezi, Adana, Türkiye.

e-mail: belginyuzgec@hotmail.com ORCID ID: 0000-0001-7335-1432, atanihat@gmail.com ORCID ID: 0009-0003-8653-3712, doganazgumusay@gmail.com ORCID ID: 0009-0008-9269-9635, agahyildiz@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-6978-5331.

Geliş/Received : 20.04.2025 ; Kabul/Accepted : 14.05.2025 ; Revize/Revised : 12.05.2025

Öz

Anahtar Kelimeler
Ortopedik engelli,
Gitar, Teknoloji,
Yazılım.

Bu çalışma, ortopedik engeli bulunan bireylerin (tek kolu olmayan bireyler) gitar çalabilmelerini sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Gitar, normal şartlarda iki elin kullanımını gerektiren bir enstrüman olarak bilinmektedir. Ancak bu projede, gitarın tek elle çalınabilmesini mümkün kılan bir sistem tasarlanarak, engelli bireylerin sanatsal faaliyetlere dahil edilmesi ve kendilerini müzik yoluyla ifade edebilmeleri hedeflenmiştir. Yapılan literatür taramasında tek kolu olmayan bireylerin gitar çalmasına olanak tanıyan bir sisteme rastlanmamıştır. Bu eksiklikten yola çıkarak gitar üzerinde kullanılmak üzere bir kutu tasarlanmıştır. Bu kutu, tek kol kullanılarak müzik yapmayı mümkün kılan servo motorlardan oluşmaktadır. Sistemin yazılımı, Arduino IDE platformu kullanılarak kodlanmış ve servo motorlar aracılığıyla sürekli bir ritim çalan mekanizma oluşturulmuştur. Yapılan testler, sistemin tek kol kullanılarak zorlanmadan çalışabildiğini ve kullanıcılar tarafından rahatça kullanılabildiğini göstermiştir. Bu proje, ortopedik engelli bireylerin sanatsal faaliyetlere katılımını artırarak topluma entegrasyonlarını desteklemeyi ve yaşam kalitelerini yükseltmeyi amaçlayan yenilikçi bir çözüm olarak öne çıkmaktadır.

Arduino Based One Handed Guitar Playing System Design for Orthopaedically Disabled Individuals: Barrier-Free Box

Abstract

Keywords
Orthopaedically
disabled, Guitar,
Technology, Software.

This study was developed to enable individuals with orthopaedic disabilities (individuals without one arm) to play the guitar. Guitar is known as an instrument that requires the use of two hands under normal conditions. However, in this project, by designing a system that makes it possible to play the guitar with one hand, it is aimed to include disabled individuals in artistic activities and to express themselves through music. In the literature review, no system that allows individuals without one arm to play the guitar was found. Based on this deficiency, a box was designed to be used on the guitar. This box consists of servo motors that make it possible to make music using a single arm. The software of the system was coded using the Arduino IDE platform and a mechanism that plays a continuous rhythm through servo motors was created. Tests have shown that the system can be operated without difficulty using one arm and can be used comfortably by users. This project stands out as an innovative solution that aims to support the integration of orthopaedically disabled individuals into society and improve their quality of life by increasing their participation in artistic activities.

© Afyon Kocatepe Üniversitesi

1. Giriş

Engelli bireyler, literatürde psikolojik, zihinsel, bedensel, duysal ve sosyal yeteneklerinde belirli ölçüde kayıplar yaşayan ve bu nedenle toplumsal yaşama uyum sağlama ve günlük ihtiyaçlarını karşılama konusunda güçlük çeken bireyler olarak tanımlanmaktadır (Öztabak, 2017). Engellilik, bireyin yaşam aktivitelerini kısıtlayan ve diğer bireylerin gerçekleştirebildiği rutin faaliyetleri yerine getirmesini engelleyen bir durum olarak ifade edilmektedir (Heward, 2013). Bu kapsamda, engel türleri sekiz ana gruba ayrılarak sınıflandırılmaktadır: görme engeli, işitme engeli, otizm spektrum bozukluğu (OSB), dil ve konuşma engeli, fiziksel engel, zihinsel engel, duysal ve davranışsal bozukluk, özel öğrenme güçlüğü, ruhsal ve duysal hastalıklar, süregen hastalıklar ve çoklu engellilik (Esen, 2018).

Zihinsel engellilik, zihinsel işleyiş ve adaptif davranıştaki sınırlamalarla karakterize edilen nörogelişimsel yetersizliklere sahip bireyleri tanımlamaktadır (Lee vd., 2019; Schalock, 2010). Bu bireyler kavramsal, sosyal ve pratik uyum becerilerinde akranlarına kıyasla geride kalmakta ve bu durum eğitim, sosyal yaşam ve diğer temel gereksinimlerin karşılanmasını doğrudan etkilemektedir. İşitme engelli bireyler ise işitme duysunu tamamen ya da kısmen kaybetmiş bireyler olup, bu kayıp yaşamsal faaliyetlerinde önemli sınırlamalara yol açabilmektedir (Mehra vd., 2009). Uygun destek sağlanmadığında, bu bireylerde dil ve konuşma becerilerinde aksaklıklar meydana gelebilmekte ve dolayısıyla toplumsal etkileşimleri olumsuz yönde etkilenmektedir (Gıcı, Ahmetoğlu, 2023). İşitme cihazlarının kullanımı, bu bireylerin iletişim becerilerini geliştirmelerine yardımcı olabilmektedir. Ortopedik engel ise kas ve iskelet sisteminde yetersizlik, eksiklik veya işlev kaybı ile karakterize edilen bir durumdur (Singh, Bannister, 2004). Kol, bacak, el, parmak veya omurga anomalileri bu kategoriye dâhil edilmektedir (Morris vd., 2015).

Engelli bireyler, tarihsel olarak toplumsal kabul görmekte zorluklarla karşılaşmışlardır. Kamu alanlarının engelli bireylere uygun şekilde tasarlanmaması (Özsan, Hasret, 2017), eğitimde fırsat eşitsizliği (Nota vd., 2015) ve sosyal, akademik ve toplumsal zorluklar bu durumun göstergeleri arasında yer almaktadır. Son yıllarda, engelli bireylerin topluma entegrasyonunu desteklemek amacıyla çeşitli girişimler hayata geçirilmiştir. Van De Ven vd. [(2005), engelli bireylerin topluma entegrasyonunu beş temel başlık altında incelemiştir: normal biçimde işlevsellik göstermek, engelli olmayan bireylerle etkileşim kurmak, toplumsal katılım sağlamak, bireysel potansiyellerini gerçekleştirmek ve yaşamlarını bağımsız olarak sürdürebilmek.

Engelli bireyler, engel türlerine bağlı olarak özel eğitime ihtiyaç duymaktadır (Aykara, 2011). Eğitim süreçleri, bireylerin sosyal yaşantıları üzerinde doğrudan etkili olmaktadır. Türkiye’de engelli bireylerin yaşam kalitesini artırmaya yönelik çeşitli yasal ve sosyal düzenlemeler bulunmaktadır. Bunlar arasında özel eğitim hakkı önemli bir yer tutmaktadır (Demirtaş, 2018; Seyhan & Akduman, 2015). Engelli bireyler, eğitim gereksinimleri doğrultusunda, ülke genelinde engellilere özel olarak düzenlenen eğitim kurumlarında öğrenim görebilmektedir (Seyhan, 2015). Ayrıca, %40 ve üzeri engelli raporu olan bireyler için sağlanan engelli kimlik kartı, toplu taşıma hizmetlerinden ücretsiz yararlanma hakkı gibi çeşitli sosyal destekleri içermektedir (Aktürk & Korkmaz, 2016).

Engelli bireylerin topluma entegrasyonunu sağlamak amacıyla sosyal gelişim süreçleri büyük önem taşımaktadır. Sosyal ilişkiler, bireyin kültürel yapıya uyum sağlamasında belirleyici bir rol oynar. Sosyal gelişim süreci, bireyin doğumdan itibaren çevresiyle etkileşim içinde olduğu ve toplumsal değerleri benimsediği bir süreçtir (Yavuzer, 2000). Sosyal gelişim, bireyin başkalarıyla kurduğu ilişkiler, duygu ve tutumlarını kapsayan bir kavramdır (Binbaşoğlu, 1995). Zihinsel engelli bireylerde

sosyal gelişime dair belirli problemler gözlemlenebilir ve bu durum, toplumdaki bireylerin engelli bireylere yönelik tutumları ve bireyin yaşadığı olumsuz deneyimlerle doğrudan ilişkilidir (Ersoy, Avcı, 2000).

Müzik, bireylerin yaş, cinsiyet ve kültürel geçmiş gibi faktörlerden bağımsız olarak ortak bir etkileşim alanı oluşturmaya olanak tanımaktadır (Artan, 2015). Bu bağlamda, müziğin engelli bireyler için eğitsel, terapötik ve sosyal entegrasyon açısından önemli bir araç olduğu vurgulanmaktadır (. Müziğin bir eğitim aracı olarak kullanımı, aynı zamanda bireyler arasında iletişim kurma ve sosyal etkileşimi artırma potansiyeline sahiptir (Günay, Özdemir, 2003).

Engelli bireylerin müzik eğitimi alabilmesine yönelik çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Özellikle ortopedik engeli bulunan bireylerin enstrüman çalabilmesini sağlamak için geliştirilen teknolojik çözümler büyük önem taşımaktadır (Larsen vd., 2014). Gitar, kültürel açıdan değerli bir enstrüman olmasının yanı sıra, sosyal etkileşimi artıran bir araç olarak da kabul edilmektedir (Bell, 2014). Geleneksel olarak altı telli bir çalgı olan gitar, tellerin sağ el ile tıngırdatılması ve sol el ile perdeler üzerine basılması yoluyla çalınmaktadır (Cangökçe, 2013). Gitarın taşınabilir olması, öğrenme sürecinin görece kolay olması ve geniş bir müzik repertuvarına hitap etmesi gibi özellikler, onu engelli bireyler için uygun bir enstrüman haline getirmektedir. Bu doğrultuda, ortopedik engeli bulunan bireylerin gitar çalabilmesine imkân tanıyacak tasarımlar geliştirilmesi, bu bireylerin sosyalleşmesine ve müzikal becerilerini geliştirmesine önemli katkılar sağlayabilir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma üç aşamadan oluşmaktadır: literatür taraması, kutunun tasarımının gerçekleştirilmesi ve test edilmesi ile gerekli kodların yazılması.

Araştırma konuları belirlendikten sonra literatür taraması sistematik bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Literatür taraması sürecinde "engelli bireyler için müzik eğitimi", "engelliler için enstrüman tasarımı", "fiziksel engelliler için gitar modifikasyonu" gibi

anahtar kelimeler kullanılmıştır. Tarama, 2000-2023 yılları arasındaki akademik çalışmaları içerecek şekilde Google Akademik, Web of Science ve Scopus gibi akademik veri tabanlarında yapılmıştır. İncelenen makaleler, engellilerin müzik yapabilmesine yönelik teknolojik çözümler ve programlama yöntemleri üzerine yoğunlaşmıştır. Bu tarama sonucunda benzer çalışmalardan elde edilen veriler doğrultusunda tasarımlar şekillendirilmiştir.

2.1 Kutu tasarımının gerçekleştirilmesi

Çalışma kapsamında üç farklı tasarım geliştirilmiş ve test edilmiştir.

Tasarım-1: Hangi tele ne kadar şiddetle basıldığını ölçmek amacıyla sensörler entegre edilerek, sensörlerden elde edilen verilere göre belirli tellerin belirli şiddetle çalınmasını sağlayan servo motorlar kullanılması planlanmıştır. Ancak sistemin büyük olması ve yüksek maliyet gerektirmesi nedeniyle bu tasarımdan vazgeçilmiştir.

Tasarım-2: Gitarın tellerinin sökülerek her bareye sensör yerleştirilmesi ve gelen sinyallerin algılanarak basılan notaların veya akorların hoparlörlerden çalınması planlanmıştır. Ancak bu tasarımın maliyetli olması, uygulanmasının zor olması ve gitarın akustik yapısını bozması nedeniyle uygulanabilir bulunmamıştır.

Tasarım-3: "Engelsiz Kutu" adı verilen ve gitara takılıp çıkarılabilen bir modül geliştirilmiştir. Bu kutu içerisine yerleştirilen servo motorlar, belirli bir ritmi sürekli olarak çalacak şekilde programlanmıştır. Bu tasarım hem engelli hem de engelsiz bireylerin kullanabileceği bir mekanizmaya sahip olması ve taşınabilir olması nedeniyle tercih edilmiştir.

2.2 Kutu tasarımının test edilmesi

Test Süreci: "Engelsiz Kutu" tasarımının değerlendirilmesi için

10 engelli birey (yaş aralığı: 12-35) ile test edilmiştir. Katılımcılar, belirli bir süre boyunca tasarımın kullanım kolaylığını ve işlevselliğini değerlendirmiştir. Başarı ölçütleri; sistemin kullanıcı tarafından zorlanmadan çalıştırılabilmesi, gitar

çalma deneyiminin mümkün olması ve kullanıcı geri bildirimleri temelinde belirlenmiştir.

Kodlama süreci Arduino IDE platformu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan yazılım dili C ve C++ olup, Arduino uyumlu kartlar için kod yazımı ve aktarımı sağlanmıştır. Çalışmada, servo motorların belirlenen ritim kalıplarına uygun olarak hareket etmesini sağlamak için çeşitli kütüphaneler (örneğin Servo.h) entegre edilmiştir. Ayrıca, sistemin stabil çalışmasını sağlamak için hata ayıklama ve optimizasyon çalışmaları yapılmıştır.

3. Bulgular

3.1 Çalışmada kullanılan araçlar ve özellikleri

Bu çalışmada kullanılan teknolojik araçlar ve malzemeler aşağıda detaylandırılmıştır:

- **Arduino Uno Kartı:** Giriş/Çıkış işlemlerini yönetmek amacıyla kullanılan ve Processing/Wiring dilini içeren bir geliştirme ortamına sahip mikrodenetleyici kartıdır. Üzerinde Atmel AVR mikrodenetleyici (ATmega328, ATmega2560, ATmega32u4 gibi) bulunmaktadır. Arduino, programlanabilir bir sistem olup, 16MHz kristal osilatör ve en az bir 5V güç çıkışı içermektedir. Programlama için harici bir yazılım gerektirmez, çünkü önceden yüklenmiş bir bootloader içermektedir.

- **Jumper Bağlantı Kabloları:** Standart 2.54 mm'lik pinler için tasarlanmış bağlantı kablolarıdır. 26 AWG ölçülerine sahip olup, dişi-dişi, erkek-erkek ve dişi-erkek olmak üzere üç farklı çeşidi bulunmaktadır.

- **SG90 Servo Motor:** Dişli mekanizması, DC motor, potansiyometre ve kontrol kartı içeren, 0-180 derece aralığında hareket edebilen bir servo motordur. Çalışma voltajı 4.8–6.0 VDC olup, 1.8 kg.cm tork kapasitesine sahiptir. Çalışmada altı adet SG90 servo motor kullanılmıştır.

- **18650 Lityum-iyon Pil:** Servo motorları beslemek amacıyla kullanılmıştır. 3.7V nominal voltaj değerine sahip olup, 1800mAh ile 3500mAh arasında değişen kapasite seçeneklerine sahiptir.

- **Neodyum Mıknatıs:** Güçlü manyetik özelliklere sahip olup, cihazın gitar üzerine sabitlenmesini sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan mıknatısın çapı 10 mm, kalınlığı 5 mm'dir.

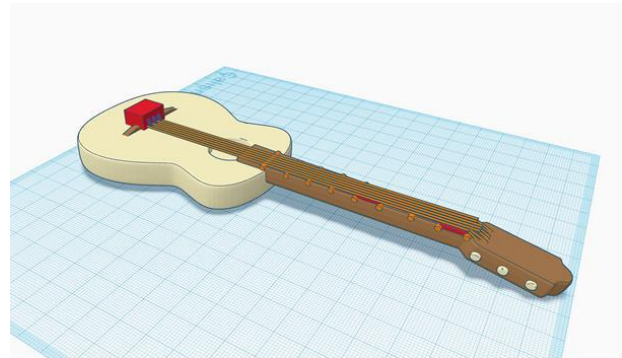
- **3D Baskı ve Tasarım Elemanları:** Kutu ayakları 3D modelleme programları kullanılarak tasarlanmış ve 3D yazıcı ile üretilmiştir. Kutu iç yapısı tahta plakalar ve metal kolonlardan oluşturulmuştur.

3.2 Ön Deneyisel tasarım aşamaları

Cihaz tasarlanırken çeşitli alternatifler değerlendirilmiş ve nihai çözüm olan "Engelsiz Kutu" tasarımı tercih edilmiştir.

3.2.1 İlk tasarım

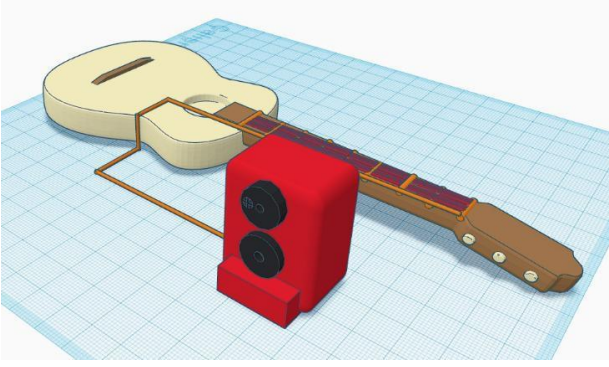
Gitarın her baresine flex sensörler ve her teline bir SG90 servo motor eklenerek, hangi tele ne kadar şiddetle basıldığının ölçülmesi ve buna uygun servo hareketinin sağlanması planlanmıştır. Ancak, sistemin büyük olması ve yüksek maliyet gerektirmesi nedeniyle bu tasarımdan vazgeçilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. İlk tasarım fikrinin bir görseli.

3.2.2 İkinci tasarım

Gitarın tellerinin çıkarılarak her bareye sensör yerleştirilmesi ve gelen sinyallerin analiz edilerek hoparlörlerden akor veya nota sesinin verilmesi önerilmiştir. Ancak bu tasarımın maliyetli olması, uygulanmasının zor olması ve gitarın doğal akustik yapısını bozması nedeniyle uygulanabilir bulunmamıştır (Şekil 2).



Şekil 2. İkinci tasarım fikrinin bir görseli.

3.2.3 Nihai tasarımın deneysel testi (Engelsiz Kutu)

Gitara takılıp çıkarılabilen bir kutu içerisine servo motorlar yerleştirilmiş ve bu motorların belirli bir ritmi çalması sağlanmıştır. Bu tasarımın tercih edilme sebepleri arasında düşük maliyet, taşınabilirlik ve hem engelli hem de engelsiz bireyler tarafından kullanılabilir olması yer almaktadır (Şekil 3,4,5,6,7,8).



Şekil 3. Servo motorlarının önden görünümü.

Kullanılan servo Tower Pro MG90S Servo Motordur.

Teknik özellikleri şu şekildedir:

Boyutları: 22,5 x 12 x 35,5 mm (yaklaşık)

Kablo uzunluğu: 22 cm (yaklaşık)

Durdurma Torku: 1,8 kgf.cm (4.8V), 2,2 kgf.cm(6V)

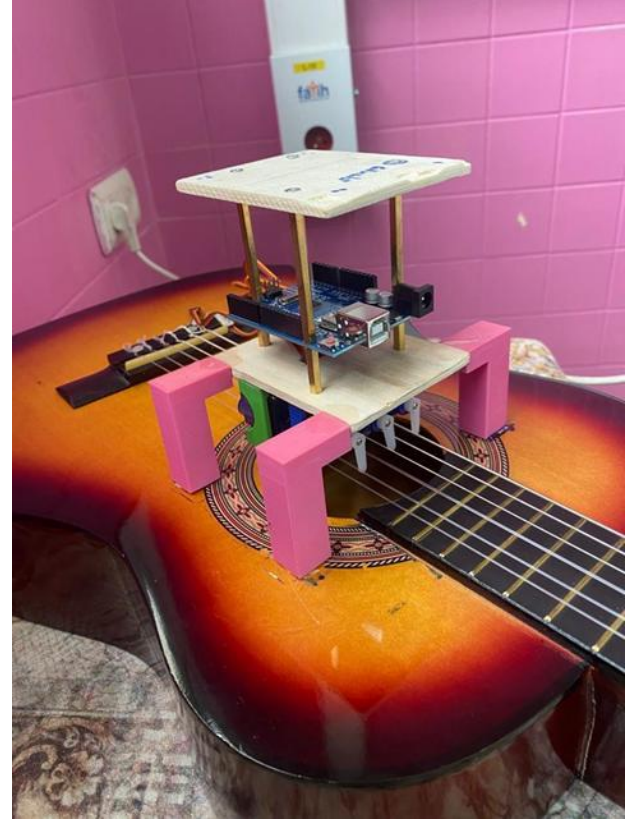
Çalışma Hızı: 0,1 s/60 derece (4.8V), 0,08 s/60derece (6V)

Çalışma gerilimi: 4.8 V- 6 V

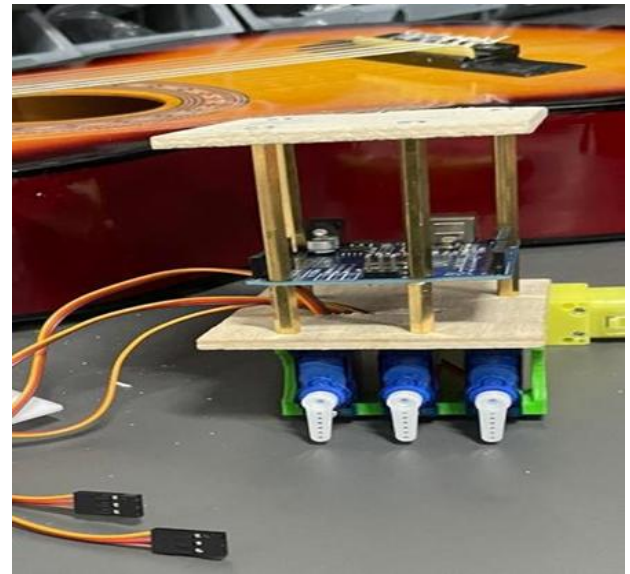
Ağırlığı: 13,4g

Sıcaklık aralığı: 0°C – 55°C

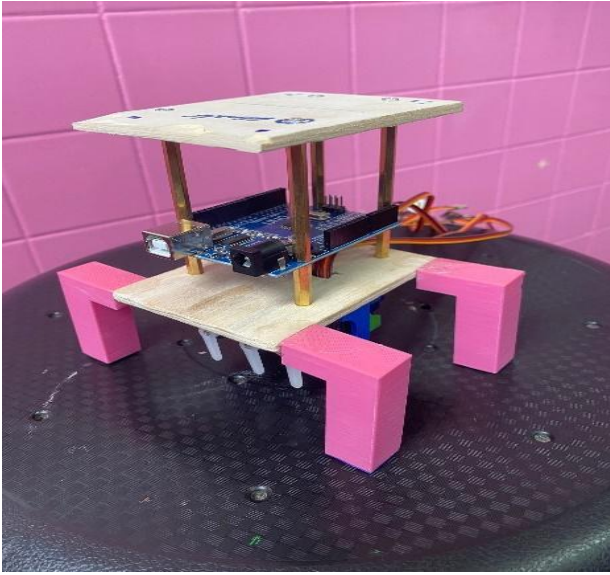
Dişli Tipi: Metal Dişli (Robitshop, n.d.).



Şekil 4. Kutu tasarımının gitar üzerine takılmış haldeyken bir görseli.



Şekil 5. Tahta plakalar ve metal kolonlar kullanılarak oluşturulan taslağın görseli

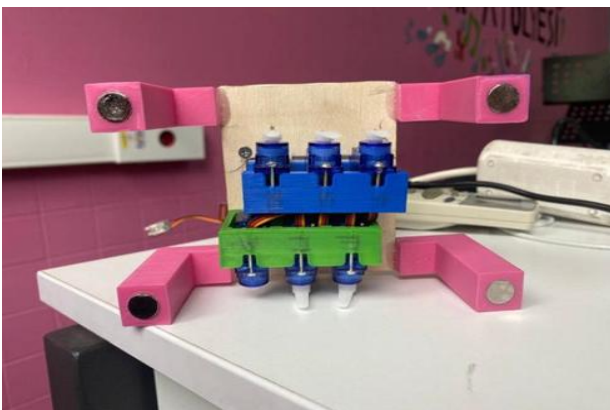


Şekil 6. Tahta plakalar ve metal kolonlar kullanılarak oluşturulan kutunun görseli

Kutunun ayakları Tincercad uygulaması kullanılarak tasarlandı, 3D yazıcıdan çıktısı alındı ve kutunun kenarlarına sabitlendi (Şekil 7).



Şekil 7. Kutunun ayaklarının tasarım aşamasındaki bir görseli.



Şekil 8. Kutunun alt kısmının bir görseli

3.3 Proje işlem basamakları

Cihazın başarılı bir şekilde çalışması aşağıdaki adımlar çerçevesinde gerçekleştirilmiştir:

- Problem tespiti yapılmış ve ilgili literatür incelenmiştir.
- Literatür taraması sistematik olarak gerçekleştirilmiş ve daha önce benzer bir çalışmanın yapılmadığı görülmüştür.
- Hipotez geliştirilmiştir.
- Çalışmada kullanılacak donanımlar (Arduino Uno, jumper kablo, SG90 servo motor, 18650 pil, neodyum mıknatıs) temin edilmiştir.
- Elektronik bileşenlerin devre şeması çıkarılmış ve uygun şekilde montajı gerçekleştirilmiştir.

- Servo motorların gitar tellerini titreştirerek ses çıkarmasını sağlayacak kod Arduino IDE üzerinden geliştirilmiş ve karta yüklenmiştir.
- Kutu iç yapısı, tahta plakalar ve metal kolonlar kullanılarak oluşturulmuştur.
- 3D modelleme ile tasarlanan kutu ayakları yazdırılmış ve kutuya monte edilmiştir.
- Neodyum mıknatıslar, kutunun gitar üzerine sabitlenmesini sağlamak için uygun noktalara yerleştirilmiştir.
- Hipotezin test edilmesi için cihaz farklı kullanıcılar tarafından denenmiş ve işlevselliği değerlendirilmiştir.
- Sonuçlar analiz edilerek raporlanmıştır.

3.4 Arduino sisteminin çalışma prensibi

Bu cihazın sağlıklı şekilde çalışabilmesi için Arduino Uno kartı, jumper kablolar, 18650 pil ve SG90 servo motorlar kullanılarak Arduino IDE ortamında kodlama gerçekleştirilmiştir. Sistem, altı adet servo motorun belirlenen ritmik düzende telleri titreştirmesi prensibine dayanmaktadır. Geleneksel gitar çalma tekniğinde sağlanan ritim hareketi, servo motorlar tarafından programlanmış bir sıra ile sağlanmaktadır. Böylece, engelli bireyler sol ellerini kullanarak akor basabilir ve sağ ellerini kullanmadan ritim oluşturabilirler (Acar, Yarkin, 2023).

4. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışma, tek kolu olmayan bireylerin gitar çalmasını sağlayan bir mekanizma geliştirmeyi amaçlamış ve "Engelsiz Kutu" tasarımı ile bu hedefe ulaşmıştır. Çalışma kapsamında yapılan testler, sistemin kullanıcılar tarafından zorlanmadan

kullanılabildiğini ve akor basma ile ritim çalma işlevlerinin başarılı şekilde gerçekleştirilebildiğini ortaya koymuştur.

Geliştirilen sistemin temel avantajları şunlardır:

- Portatif Tasarım: Hafif ve taşınabilir yapısı sayesinde kullanıcılar gitarı rahat bir şekilde kucaklarında tutabilmektedir.
- Kullanım Kolaylığı: Test sonuçları, cihazın bir el olmadan gitar çalınmasına olanak sağladığını göstermiştir.
- Maliyet ve Verimlilik: İlk tasarımların yüksek maliyet ve verimsizlik nedeniyle uygulanamaz olduğu görülmüş; ancak son tasarım düşük maliyet ve basit mekanizma avantajlarıyla başarılı bulunmuştur.
- Estetik ve Dayanıklılık: Kutu kapatma panelleri, sistemin çalışmasını aksatmadan estetik bir görünüm kazandırmış ve cihazın dayanıklılığını artırmıştır.

Engelli bireylerin müzik yapabilmesine yönelik çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Örneğin, adaptif müzik teknolojileri üzerine yapılan araştırmalar, özel tasarlanmış enstrümanların engelli bireylerin sanatsal faaliyetlere katılımını artırdığını göstermektedir (Bell, 2014; Varış & Hekim, 2017). Ancak bu çalışmalar çoğunlukla piyano veya dijital müzik uygulamalarına odaklanmaktadır ve gitar için benzer bir mekanizma geliştirilmesine dair literatürde sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Engelsiz Kutu, tek el ile gitar çalmasını mümkün kılarak bu alandaki boşluğu dolduran yenilikçi bir çözüm sunmaktadır.

Geleneksel enstrüman adaptasyonları genellikle mekanik modifikasyonlara dayanırken, bu çalışmada Arduino tabanlı elektronik bileşenler kullanılarak düşük maliyetli ve pratik bir alternatif geliştirilmiştir. Daha önceki çalışmalarda yer alan yüksek maliyetli ve kompleks sistemlerin aksine, bu sistem hem üretim hem de kullanım açısından daha erişilebilir bir çözüm sunmaktadır.

Bu çalışma, önemli katkılar sağlamakla birlikte bazı sınırlılıklara sahiptir:

- Kullanıcı Çeşitliliği: Testler belirli bir yaş aralığındaki (12-35 yaş) bireylerle yapılmış olup, farklı yaş grupları ve farklı fiziksel özelliklere sahip kullanıcılarla daha kapsamlı değerlendirmeler yapılması gerekmektedir.
- Müzikal Esneklik: Sistem, yalnızca kodları yazılmış eserleri seslendirmektedir farklı eserlerin kodlarının olduğu bir kütüphane oluşturularak daha farklı müzik türlerine de hizmet edebilir. Ancak daha geniş bir müzik repertuvarına uyarlanabilmesi için ek modifikasyonlara ihtiyaç duyulmaktadır.
- Telli Çalgılar İçin Uygulanabilirlik: Bu sistem yalnızca gitar için geliştirilmiştir; ancak diğer telli çalgılara uyarlanabilirliği üzerine daha fazla çalışma yapılmalıdır.

Gelecekteki Çalışmalar İçin Öneriler

- Üretim Standartlarının Belirlenmesi: Gitar üreticileri ile iş birliği yapılarak, Engelsiz Kutu'nun seri üretime uygun hale getirilmesi sağlanabilir.
- Fonksiyonellik Artırımı: Cihaza iki adet buton eklenerek ritim hızının manuel olarak ayarlanması sağlanabilir.
- Müzikal Çeşitliliğin Artırılması: Ritim ve nota kütüphanesi genişletilerek engelli bireylerin daha fazla müzik türünü çalması sağlanabilir.
- Sensör Entegrasyonu: Engelli bireyin hangi tele basıldığını algılayacak sensörler eklenerek daha özgür bir çalma deneyimi sunulabilir.
- Mobil Uygulama Entegrasyonu: Geliştirilecek bir mobil uygulama ile kullanıcıların ritim ve nota ayarlarını özelleştirebilmeleri sağlanabilir.

Sonuç olarak, Engelsiz Kutu tasarımı engelli bireylerin müzikal yeteneklerini geliştirmelerine ve sanatsal faaliyetlere katılımlarını artırmalarına

olanak tanıyabilecek önemli bir adımdır. Gelecekte yapılacak iyileştirmelerle bu sistemin daha geniş bir kullanıcı kitlesine hitap etmesi sağlanabilir ve farklı enstrümanlara entegre edilebilir.

5. Referanslar

- Acar, Ö. F. ve Yarkan, S. 2023. Raspberry Pi Tabanlı Gitar Akort Cihazı. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Teknoloji ve Uygulamalı Bilimler Dergisi*, **5**(2), 1-10.
- Aktürk, C. ve Korkmaz, A. 2016. Bir yerel e-devlet uygulaması: Engelli bilgi sistemi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, **8**(15), 279-288.
- Artan, İ. 2015. Özel eğitim gerektiren çocuklar için müzik ve dans eğitimi. In N. Baykoç Dönmez (Ed.), *Özel eğitim* (3. baskı). Eğiten Kitap Yayıncılık.
- Aykara, A. 2011. Kaynaştırma eğitimi sürecindeki bedensel engelli öğrencilerin sosyal uyumlarını etkileyen etmenler ve okul sosyal hizmeti. *Toplum ve Sosyal Hizmet*, **22**(1), 63-84.
- Bell, A. P. 2014. Guitars have disabilities: Exploring guitar adaptations for an adolescent with Down syndrome. *British Journal of Music Education*, **31**(3), 343-357. DOI: <https://doi.org/10.1017/S026505171400028>
- Binbaşıoğlu, C. 1995. Eğitim psikolojisi (7. baskı). Yargıcı Matbaası.
- Cangöççe, H. 2013. Gitarda Sağ El Tekniği ve Ekoller. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **15**(2), 213-222.
- Demirtaş, Z. 2019. Uluslararası antlaşmalar çerçevesinde engellilerin eğitim hakkı. *Türkiye İnsan Hakları ve Eşitlik Kurumu Akademik Dergisi*, **2**, 39-59.
- Engelliler Hakkında Kanun. (2005, 1 Temmuz). Mevzuat Bilgi Sistemi. <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.5.5378.pdf>
- Ersoy, Ö. ve Avcı, N. 2000. Özel gereksinimi olan çocuklar ve eğitimleri. In *Özel eğitim* (s. 158). YA-PA Yayınları.
- Esen, M. F. 2018. Türkiye’de engelli bireylerle ilgili veriler. In S. Arıkan & E. Ayyıldız (Eds.), *Engelli bireylerin destekli istihdamı* (ss. 11-38).
- Gıcı Vatansever, A. ve Ahmetoğlu, E. 2023. Otizm Spektrum Bozukluğu Olan Çocukların Eğitiminde Aile Koçluğu. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, **25**(2), 599-624. <https://doi.org/10.26468/trakyasobed.1214061>
- Günay, E. ve Özdemir, M. A. 2003. Müzik öğretimi teknolojisi ve materyal geliştirme. Bağlam Yayıncılık.
- Heward, W. L. 2013. Exceptional children: An introduction to special education. Pearson.
- Larsen, J. V., Overholt, D. and Moeslund, T. B. 2014. The actuated guitar: Implementation and user test on children with hemiplegia. In *nime 2014: 14th International Conference on New interfaces for musical expression 2014* (pp. 60-65). Goldsmiths, University of London.
- Lee, K., Cascella, M. and Marwaha, R. 2019. Intellectual disability.
- Mehra, S., Eavey, R. D. and Keamy Jr., D. G. 2009. The epidemiology of hearing impairment in the United States: Newborns, children, and adolescents. *Otolaryngology—Head and Neck Surgery*, **140**(4), 461-472. <https://doi.org/10.1016/j.otohns.2008.12.022>
- Morris, J. H., James, R. E., Davey, R. and Waddington, G. 2015. What is orthopaedic triage? A systematic review. *Journal of Evaluation in Clinical Practice*, **21**(1), 128-136. <https://doi.org/10.1111/jep.12260>
- Nota, S. P., Bot, A. G., Ring, D. and Kloen, P. 2015. Disability and depression after orthopaedic trauma. *Injury*, **46**(2), 207-212. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2014.06.012>
- Öztabak, M. Ü. 2017. Engelli bireylerin yaşamdan beklentilerinin incelenmesi. *FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi*, **9**, 355-375.
- Özsan, M. ve Hasret, F. 2017. Görme Engelli Bireylerin Günlük Yaşamını Kolaylaştırmak Adına Bir Önerme: Braille Alfabeli Giysiler. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, **5**, 89-94.
- Robitshop. (n.d.). *Tower Pro MG90S Servo Motor*. Robitshop. <https://www.robitshop.com/urun/tower-pro-mg90s-servo-motor>
- Schalock, R. L. 2010. Intellectual disability. In *Cross-cultural psychology: Contemporary themes and perspectives* (s. 312).
- Seyhan, B. ve Akduman, G. 2015. Ulusal yasalar ve yönetmelikler ile uluslararası sözleşmeler açısından engelli çocukların eğitim hakkı. *Hacettepe University Faculty of Health Sciences Journal*.
- Singh, A. K. and Bannister, G. C. 2004. What are most disabling conditions in orthopaedics? *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, **14**, 23-26.
- Van De Ven, L., Post, M., De Witte, L. and van den Heuvel, W. 2005. It takes two to tango: The integration of people with disabilities into society. *Disability & Society*, **20**(3), 311-329. <https://doi.org/10.1080/09687590500060778>
- Varış, Y. A. ve Hekim, M. M. 2017. Özel gereksinimli bireyler ve müzik eğitimi. *Gazi Eğitim Bilimleri Dergisi*, **3**(3), 29-42.

Yavuzer, H. 2000. Çocuk psikolojisi. Altın Kitaplar.