

Mobil kontrollü deprem simülatörü geliştirilmesi

Development of a mobile-controlled earthquake simulator

Utku Bayram^{1*} , Nazlıcan Kayhan¹ , Ramazan Eyüp Gültekin¹ , Vildan Bayram¹ 

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye.

Özet: Deprem simülatörü denilince akla, içerisinde eşyaların bulunduğu gerçek bir oturma odası boyutunda, büyük ebatlı, büyük bütçeli, ağır ve taşınması zor cihazlar gelmektedir. Daha küçük çaplı ve mobil uygulama ile kontrol edilebilecek deprem simülatörlerinin üretilmesi mümkün olmasına rağmen, bu olasılık henüz değerlendirilmemiştir. Bu makalede, gerek bütçeden gerekse kullanım amacı itibarıyla piyasadaki deprem simülatörlerine farklı bir boyut getirebilecek bir deprem simülatörü prototipi anlatılmaktadır. Gömülü mobil sistem içeren ve 35cmx20cm boyutunda tasarlanan simülatör, taşınabilir ve düşük bütçelidir. İnşaat Mühendisliği ve Mimarlık Fakültelerinde tasarlanan yapı konstrüksiyon maketlerinin test edilmesinde kullanılması planlanan prototip, depremin etkileri ile ilgili deneylerin daha uygun bütçeler ile gerçekleşmesini mümkün kılacaktır. Önerilen bu prototip cihazı kullanacak araştırmacılar, mobil uygulama ile sarsıntı yönü, şiddeti ve zamanını ayarlayarak deprem deneyinde test edilecek örnek bir yapıdaki hasarı ölçebilecek ve bulgular üzerinde gerekli hesaplamaları yaparak gerçek, daha büyük boyutlu bir yapıdaki hasarı ve olası hayat kayıplarını önlemek için gerekli iyileştirmeleri yapabileceklerdir.

Anahtar Kelimeler: Gömülü Sistemler, Deprem, Titreşim Simülatörü, Mobil Uygulama.

Abstract: Real-life earthquake simulators are commonly known as heavy, hard-to-mobilize, big-budget devices with the size of a fully furnished living room. It is possible to construct earthquake simulators that are smaller in size and can be controlled via mobile applications, but this possibility has not been explored yet. In this study, an earthquake simulator prototype is proposed that presents a new dimension to the simulators on the market, both in terms of budget and useability. The proposed earthquake simulator has a size of 35cmx20cm and contains an embedded mobile system. It is portable and low-budget. The prototype will be used in the Faculty of Civil Engineering and Architecture for testing mock-up structures against possible earthquakes, making it possible to determine the effects of earthquakes at a reasonable budget. Those who will employ the proposed prototype will be able to control the seismic vibration directions, their amplitudes, and timings. They will simulate these designed earthquakes on their mock-up models, will assess the damages, and will be able to take preventative measures on the real-life structures based on the damages present in the models.

Keywords: Embedded Systems, Earthquake, Vibration Simulator, Mobile Application.

1. Giriş

Deprem, dünyanın şekillenmesinde milyonlarca yıldır rol alan ve hala görevine devam eden bir doğa olayıdır. Kandilli Rasathanesi'nin tanımına göre deprem, yer kabuğunun gerilme etkisi sonucu belirli bir derinlikte kırılmasıdır ve depremin büyüklüğü de kırılan bu yüzeyin büyüklüğünü ve dolayısıyla ortaya çıkan enerjinin düzeyini belirtmektedir. Buna ek olarak, hissedilen deprem büyüklüğünü etkileyen iki faktör vardır: atım ve berklik (rijidite), fakat genel olarak yüzey alanının bilinmesi büyüklük ölçümünde yeterlidir (URL-1, 2024).

Dünya'nın tüm bölgelerinde var olan deprem doğa olayı, gerçekleştiği bölgede çeşitli değişikliklere neden olmaktadır (Oluwafemi, J.O. ve ark., 2018). Himalayaların her yıl 5mm yükselmeye devam etmesi bu deverana en güzel örnektir (Grandin, R. ve ark., 2012). Milyarlarca yıldır devam eden bu doğa olayının insanlar üzerindeki etkile-

ri, insanların yerleşik hayata geçmeleri ve içinde yaşadıkları yapıları inşa etmeleri ile daha da artmıştır. Örneğin depremler nedeni ile kalıntıları Çanakkale ilinde bulunan Truva kenti, yapılan kazılardan elde edilen bilgilere göre en az sekiz defa deprem nedeniyle yıkılmış ve dokuz defa eski kalıntıların üstüne yeniden inşa edilmiştir (URL-2,2019),(Gözüm, Y.U. ve ark., 2015). Bu sebeple, geçen yıllarda depremlerle sık karşılaşılan bölgelerde yapılar daha güçlü ve/veya tekniklerle inşa edilmeye başlanmıştır. Ek olarak, teknolojinin de gelişmesi ile depremi önceden tahmin edebilmek ya da var olan depremi, titreşimler binalara ulaşmadan önce tespit edebilmek ve insanlara önlem alabilmeleri için saniyeler de olsa zaman tanıyan sistemler geliştirilmiştir (Mousavi, S.M. ve ark., 2020). Fakat, ülkemizde son yıllarda yaşanan deprem felaketleri ve kaybedilen hayatlar göstermektedir ki var olan bu sistemler yeterli olmamaktadır.

Araştırma merkezleri ve üniversiteler gerek zaman ka-

*İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : ubayram@comu.edu.tr

Geliş / Received: 20.06.2024, Revizyon / Revised: 08.07.2024

Kabul / Accepted: 20.07.2024



zanmak gerek düşük maliyet sağlama açısından simülasyon kullanılır. Bu simülasyonların gerçeklikle olan farkları teknoloji geliştikçe azalmaktadır. Hatta bazı durumlarda simülasyon kullanmak daha avantajlı hale gelebilmektedir. Örneğin sanal gerçeklik gözlüklerinin yaygınlaşmasıyla birlikte bir öğrenci artık kimya laboratuvarında kimyasallara maruz kalmadan, sanal gerçeklik gözlüğü için hazırlanan program sayesinde sanal bir kimya deneyi yapabilmektedir. Bu sayede, yanlış kimyasalların kullanılmasının doğuracağı sonuçlardan etkilenmeyecektir. Mevcut çalışma da konu itibarıyla bir simülasyon tasarımıdır.

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte yaşayarak öğrenmek yerine gerçeğe yakın simülasyonlar kullanarak, oluşturulacak yapıların dayanıklılığı önceden test edilebilmektedir. Ülkemizde ve dünya genelinde yaşanacak yeni depremlerde hayat kayıplarının önlenmesi için de en önemli mekanizmalar bu simülasyonlardır. Literatürde var olan deprem simülasyonları bilgisayar ortamında yazılımlar aracılığı ile olası zarar tespitlerine odaklanmaktadır (Richards-Dinger, K. ve ark., 2012; Tang, A.ve ark., 2009). Alternatif olarak fiziksel simülasyonlar da önerilmiştir (Sinha, P. ve ark., 2009). Fakat bu fiziksel simülasyonlar, boyut olarak çok büyük olmakta ve maliyet açısından kolaylıkla erişilebilirliği mümkün değildir. Bu makalede çok sayıda hayat kurtaracak yeni bir deprem simülasyonu önerilmektedir.

Titreşim masası adı ile de bilinen deprem simülasyonu, bir mekanizma üzerine yerleştirilmiş metal tabladan oluşmaktadır. Bu metal, mekanizmalar sayesinde çok eksenli olarak hareket edip üzerine inşa edilecek olan yapıya deprem etkisi vermektedir. Bu mekanizmalar birbirlerinden bağımsız olarak metal tablayı hareket ettirmektedir. Hareketi meydana getiren mekanizma elektronik kontrol kartları ve gömülü sistemler sayesinde deprem verileri girilerek daha önce olmuş bir depremi tekrardan canlandırma veya farklı deprem verisi girilerek bu depremin gerçekleşmesini sağlamaktadır (Demir, E., 2018).

Son yıllarda şehir genelinde yapılan bina güçlendirme çalışmaları sebebiyle birçok cihazın yeri değiştirilmiştir. Yeniden kurulum çalışmaları sırasında deprem kayıt cihazları bazı yerlerde mevcut kurulum prosedürüne uygun şekilde, bazı yerlerde doğrudan beton döşemeye ve bazı yerlerde ise köpük kullanmadan sadece ahşap plakalarla yere tespit edilmişlerdir. Bir çalışmada, mevcut üç farklı cihaz tespit düzeneğinin elde edilen kayıtlar üzerinde olabilecek etkisini değerlendirmek amacıyla sarsma masası testleri yapılmış ve üç farklı modelin farklı sismik hareketler altındaki davranışları değerlendirilmiştir (Alçık, H. ve ark., 2014).

Literatürde var olan çalışmalar gözden geçirildiğinde, mobil uygulama ile ayarlanabilir zaman ve ayarlanabilir frekansı olan; hatta titreşim ivmesini ve kalan zamanı geri bildirebilen bir mobil uygulama kontrollü titreşim masası örneği ile karşılaşmamıştır. Bu makalede anlatılan proje, bu ihtiyacı gidermeye yöneliktir.

Önerilen deprem simülasyonu prototipi, boyut açısından

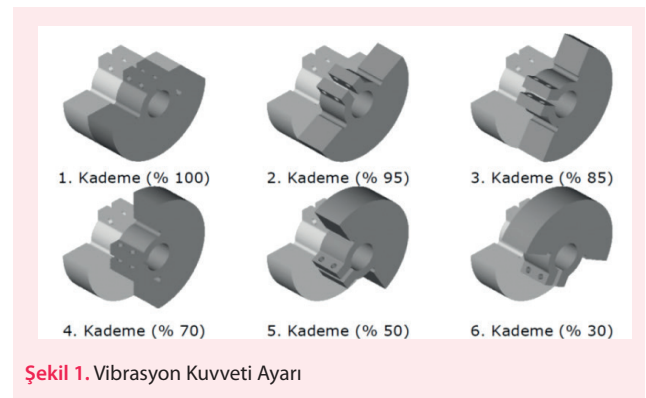
ve maliyet açısından büyük avantajlara sahiptir. Üretim maliyeti küçük bir proje bütçesi ile karşılanabilmekte, ayrıca kolaylıkla taşınır olması sayesinde de farklı ortam ve alanlarda kullanılabilir. İnşaat Mühendisliği ve/veya Mimarlık Fakültelerinde tasarlanan yapı konstrüksiyon maketlerinin test edilmesinde kullanılacak, gömülü sistem içeren bu simülasyon sayesinde deprem deneyleri daha uygun bütçeler ile gerçekleştirilecektir. Önerilen bu prototip cihazı kullanacak araştırmacılar, mobil uygulama ile sarsıntı yönü, şiddeti ve zamanını ayarlayarak deprem deneyinde test edilecek örnek bir yapıdaki hasarı ölçebilecek ve bulgular üzerinde gerekli hesaplamaları yaparak gerçek, daha büyük boyutlu bir yapıdaki hasarı ve olası hayat kayıplarını önlemek için gerekli iyileştirmeleri yapabileceklerdir.

2. Materyal ve Metod

Önerilen prototip üç ana aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, deprem simülasyonunun mekanik tasarımıdır. Mekanik tasarım tamamlandıktan sonra gelen aşama, elektronik donanımın tasarımıdır. Elektronik tasarım ile mekanik tasarım birleştikten sonra, elektronik sisteme yazılım gömme aşaması gelmektedir. Tüm bu üç aşama sonrasında sistem hazırdir.

2.1. Mekanik Tasarım

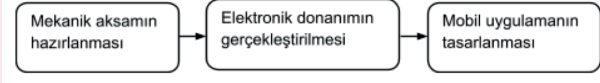
Titreşim teknolojisi geniş bir yelpazede yer almaktadır. Asenkron bir motorun miline takılan ve Şekil 1'deki gibi çekiç adı verilen asimetrik bir ağırlığın döndürülmesiyle elde edilen düzensiz salınım, günlük hayatımızda cep telefonlarımızın içerisinde, fabrikalarda ayıklama için, beton dökümünde harcın içerisindeki havayı almak için, kaldırım taşı döşemesinde taşların kuma yerleşmesi gibi oldukça geniş bir uygulama alanına sahiptir.



Şekil 1. Vibrasyon Kuvveti Ayarı

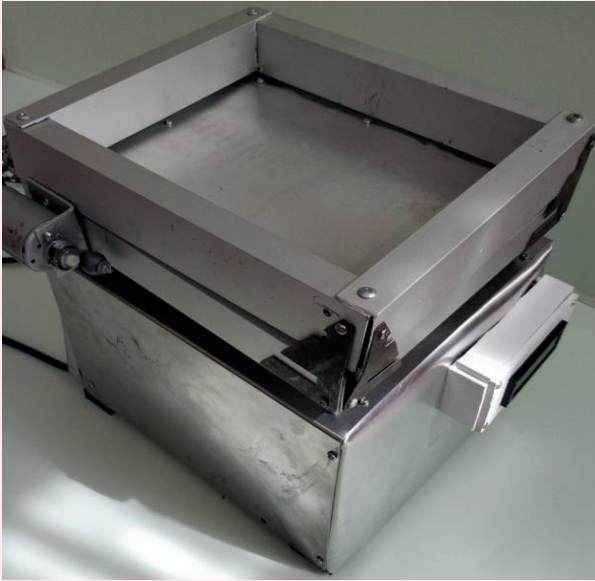
Titreşim için üretilen cihazlarda titreşim zamanı genellikle bulunmamaktadır. Titreşim frekansı ise iki şekilde yapılabilmektedir. Şekil 1'deki gibi motorun mili üzerinde bulunan çekiçlerin birbirlerine göre açıları ayarlanarak veya kullanılan motorun frekansı seçilerek ayarlanır ve çalışmaya bırakılır. Literatürde var olan çalışmalar gözden geçirildiğinde, mobil uygulama ile ayarlanabilir zaman ve ayarlanabilir frekansı olan; hatta titreşim ivmesini ve kalan zamanı geri bildirebilen bir mobil uygulama kontrollü titreşim masası örneği ile karşılaşmamıştır.

Bu makalede anlatılan proje, bu ihtiyacı gidermeye yöneliktir. Yapılması planlanan simülasyonun yapım aşamaları Şekil 2'deki gibidir.



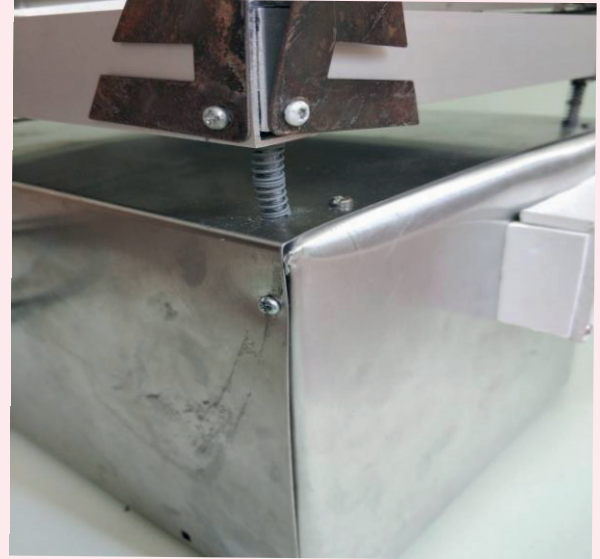
Şekil 2. Proje ana aşamaları

Projenin bir titreşim prototipi olmasından dolayı cihazın titreşim esnasında hareket etmemesi için Şekil 3'teki gibi oluşturulan kutu içerisine ağırlık konularak titreşim esnasında sabit kalması sağlanmıştır. Hareketli kısım ise sabit tabana Şekil 4'teki gibi içerisinde dikey serbest hareket edebilen vidalar bulunan yaylarla bağlıdır. Titreşime dayanabilmesi açısından prototip cihazın tüm aksamında alüminyum malzemeler kullanılmıştır. Alüminyumdan daha hafif olan titanyum, pahalı olması nedeniyle tercih edilmemiştir. Alternatif olarak karbon içeren plastik karışımları da kullanılabilir bu dizayn için, fakat yine maliyeti arttıracakları için tercih edilmemişlerdir. Sabit ve oynar aksam oluşturulduktan sonra titreşimi verecek motorlar birbirine 90 derecelik açı yapacak biçimde Şekil 5'teki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 3. Prototip genel görünüş

Titreşim kuvvetini oluşturabilecek üç etmenden birisi, kullanılan yayların sertliğidir ve bu yayları her defasında daha sert/yumuşak yaylarla değiştirmek mümkün değildir. İkinci etmen ise Şekil 6'daki gibi motorların millerine asimetrik olarak takılacak ağırlıkların ağırlıkları ve motor milline uzaklıkları olmaktadır. Ağırlıkların motor millerine olan mesafesi de kolaylıkla değiştirilemeyeceği için ağırlık değişimi bir seçenek olarak kayda geçebilir. Titreşim kuvvetini etkileyecek unsurlardan birisi de, ucunda asimetrik ağırlık olan motorların hızlarının



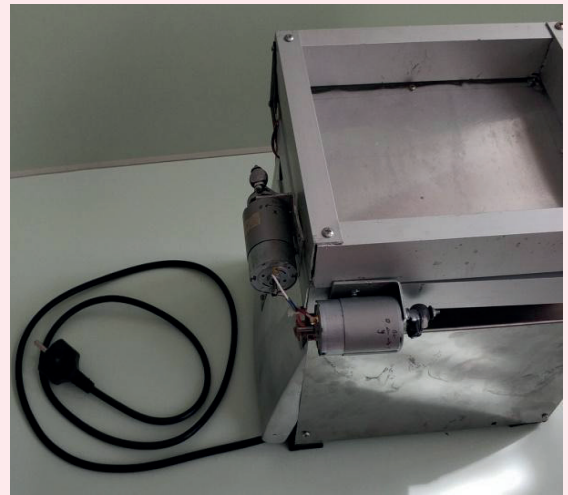
Şekil 4. Serbest ve sabit düzenekler arası bağlantı

ayarlanması olmaktadır. Gerçekleştirilecek mobil yazılım sayesinde bu seçenek, mekanik bir zahmet gerektirmeden kullanıcıya sunulacak ayarlar sayesinde kolaylıkla uygulanacak olup titreşim kuvveti ayarlanabilmektedir.

2.2. Elektronik Donanım Tasarımı

Şekil 2'de yer alan aşamalardan ilki olan mekanik aksamın tamamlanmasının ardından ikinci aşama olan elektronik donanımın yapımına başlanmıştır. Gerçekleştirilen bu elektronik aksam Şekil 7'de görüldüğü üzere prototipin arka kapağı açılarak cihaz içerisine yerleştirilmiştir.

Şekil 7'de görüldüğü üzere cihaz içerisine güçlü bir güç kaynağı yerleştirilmiştir. +12Vdc çıkışına sahip bu güç kaynağı şehir şebekesi olan 220Vac ile beslenmektedir. Bu sebeple prototip cihazın arka kapağı kapatıldığında cihaz içerisinden sadece şehir şebekesine takılacak olan güç kablosu çıkmaktadır.



Şekil 5. Titreşim motorları

Elektronik donanımda yer alan üniteler cihaz dışına çıkarıldığında Şekil 8'deki gibi görünür. Elektronik aksamda tüm verilerin toplandığı ve işlenip çıktı veren ünite mikrodenetleyici kontrol ünitesidir. Bu ünite Arduino serisinin Uno modeli kullanılmıştır. Cihaz içerisinde kullanılan güç ünitesi +12Vdc (volt DC) çıkışlıdır ve aynı anda hem motor sürücü ünitesini hem de Arduino Uno'nun güç girişini beslemektedir. Şekil 9'da görüldüğü gibi Arduino Uno'nun diğer Arduino serilerinden farkı, +5Vdc üzeri bir güç beslemesinin olmasıdır. Modül içerisinde yer alan regülatörler sayesinde +5Vdc üzeri verilecek olan gerilimler +5Vdc'ye ve +3,3Vdc'ye dönüştürülerek gerektiğinde kullanılmak üzere ünite üzerindeki soketlerden dışarıya verilir. Diğer ünitelerin ihtiyacı olan +5Vdc gerilim bu soketten alınarak kullanılır.

Bu mikrodenetleyici ünitesi üzerinden kablosuz haberleşme amaçlı alınacak gönderici (Transmit-Tx) ve alıcı (Receive-Rx) bağlantı bacakları, Şekil 10'da görünen ve mobil cihaza bağlanmayı sağlayacak kablosuz haberleşme aygıtı olan HC-05'e bağlanmaktadır. Bu aygıt sayesinde prototip cihazı ile mobil uygulamanın bulunduğu mobil cihaz asenkron haberleşme yaparak veri alışverişinde bulunmaktadır.

Şekil 11'de yer alan ünite, motor kontrol ünitesidir. Aynı anda iki motoru kontrol edebilen bu ünite motorların bağlanacağı ikişer adet motor bağlantı çıkışları ve bu motorların çalışma gerilimini karşılayacak gerilim girişi mevcuttur. Motor sürücü ünitesi motor gerilimini harici almaktadır ve motorların çekeceği yüksek akım mikrodenetleyici ünitesinden karşılanmamış olur, böylece mikro denetleyici ünitesine aşırı bir yük binmemiş olur. Prototip cihazda kullanılan motorlar +12Vdc motorlar olmasından dolayı bu gerilim direkt olarak güç ünitesinden karşılanmıştır. Motor sürücü entegresinin kontrol girişleri 6 adet olup ikisi mikro denetleyiciden gelen +5Vdc'lik referans gerilimdir. Diğer ikisi 2 ayrı motorun yönlerinin değiştirildiği kontrol girişleri ve son iki tanesi de her

iki motorun PWM (Darbe genişlik modülasyonu-Pulse Wave Modulation) girişleridir. Bu PWM girişlerine mikrodenetleyici tarafından verilecek 0-255 arası sayı değerleri, motor referans gerilimlerini örnekleyerek 0-5V arası gerilim üretmektedir ve motor sürücüsü bu dijital değeri analog değere dönüştürerek motorlara 0-12V arası gerilim olarak yansıtmaktadır. Bu sayede motorların hızları kontrol edilmiş olmaktadır. Elbette toplanan verilerde gürültü olma ihtimali bulunmaktadır, fakat sistem ufak dijital değer oynamalarına karşı hassas tepkiler vermeyecek ve beklendiği performansı verecektir. Bunu sağlayan da mekanik tasarımın dizaynıdır.

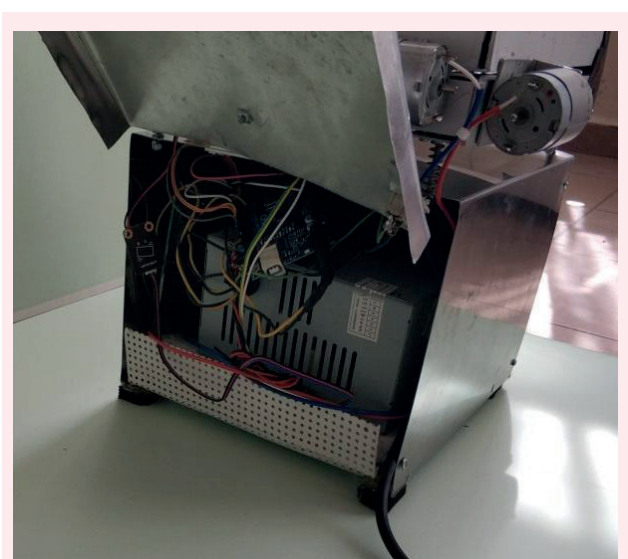
Motorlar PWM ile sürülüp istenilen hızlarda hareket ettirildikten sonra prototip cihazın hareketli tezgahında hissedilen titreşim miktarını ölçmek için, titreşim sensörünün ölçüm yapan diski hareketli tezgaha yerleştirilmiştir. Sensörden alınan analog değer sensör kartından mikrodenetleyiciye tek kablo üzerinden analog olarak aktarılmaktadır. Bu sebeple mikro denetleyicinin analog girişine takılması zorunlu kılınmıştır. Bununla birlikte Şekil 2'de yer alan aşamalardan ilk ikisi tamamlanmış olup üçüncü aşama olan mobil yazılım aşamasına geçilmiştir.

2.3. Yazılım

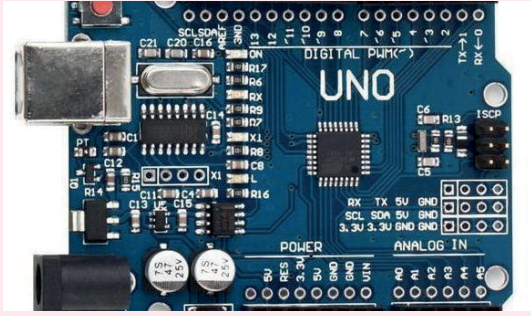
Prototip cihaz ile mobil cihazın haberleşebilmesi için gereken mobil uygulama React Native teknolojisi kullanılarak hazırlanmıştır. Prototip cihazın elektronik donanımında bulunan ve kablosuz haberleşme aygıtı olan HC-05 Bluetooth aygıtı ile haberleşmek için gereken protokolleri barındıran React-Native-Bluetooth-Serial kütüphanesinden faydalanılmıştır. Bu kütüphane aracılığıyla full-duplex bir iletişim sağlanmıştır. Tarafımızca oluşturulan kullanıcı ara yüzlerine ait görseller Şekil 13, Şekil 14, Şekil 15 ve Şekil 16'daki gibidir. Şekil 13'te yer alan görselde prototip cihaz ile iletişimin sağlanması için öncelikle mobil cihazdaki Bluetooth durumunun kontrolünün sağlanması gerçekleştirilmektedir. Şekil 14'te ise bluetooth kontrolü sağlandıktan sonra



Şekil 6. Titreşim ağırlıkları



Şekil 7. Prototip cihazın iç dizaynı



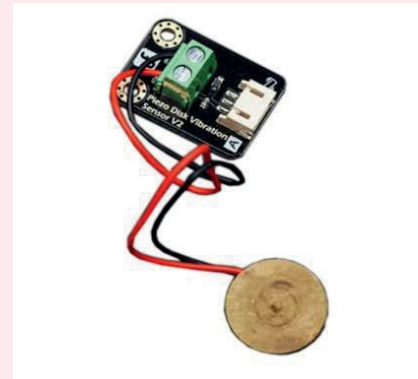
Şekil 9. Mikrodenetleyici kontrol ünitesi



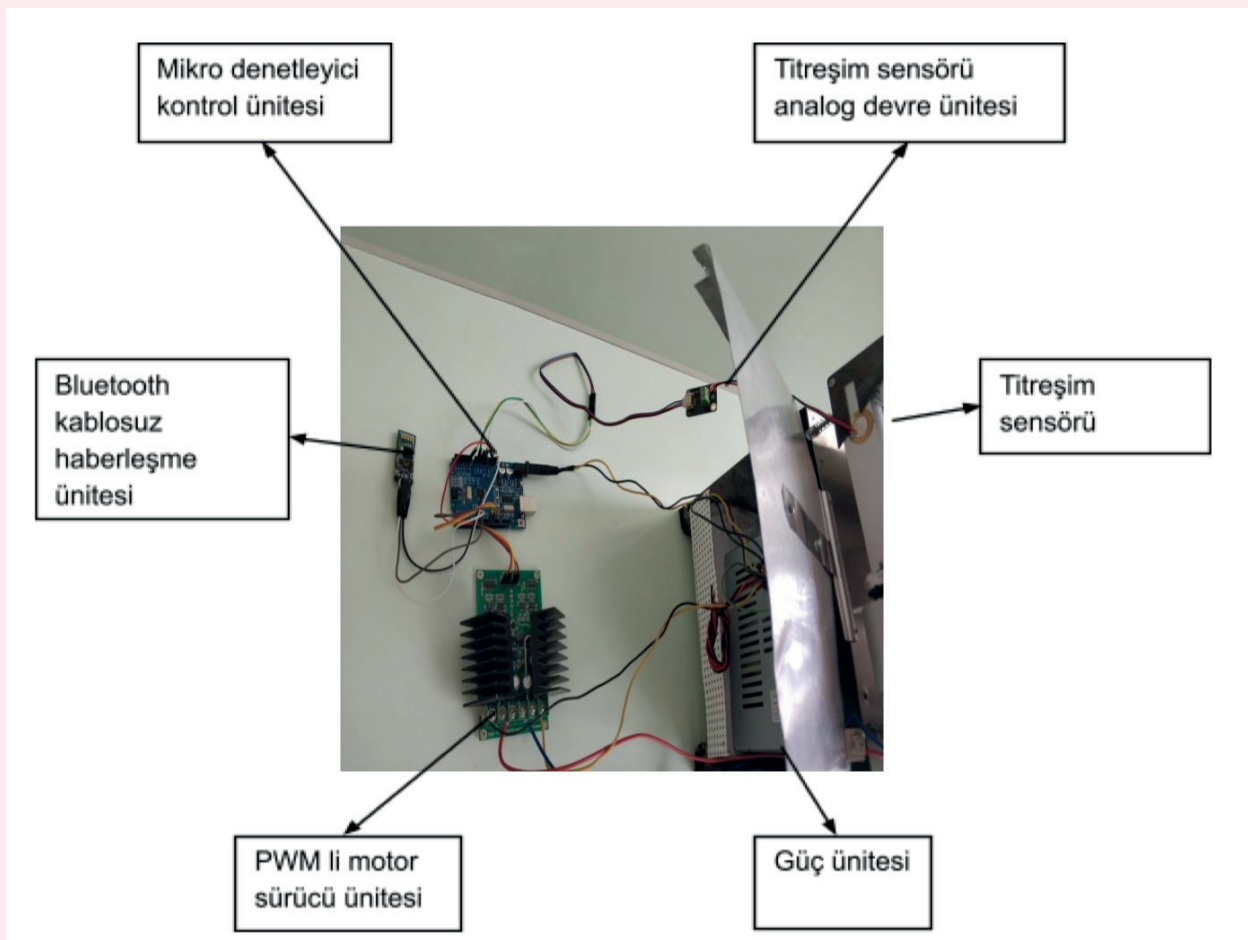
Şekil 11. Motor kontrol ünitesi



Şekil 10. Bluetooth kablosuz haberleşme ünitesi



Şekil 12. Titreşim sensörü



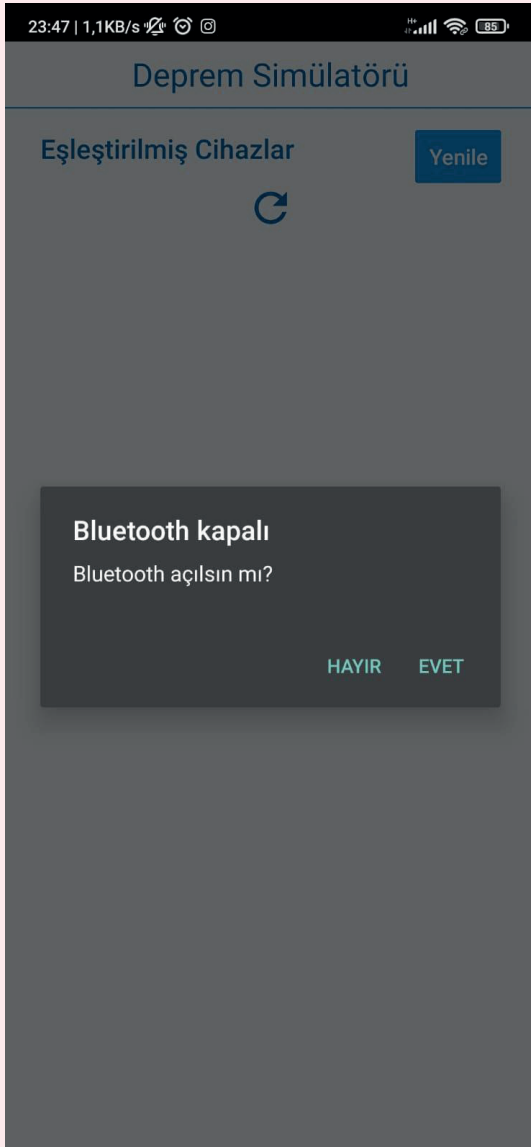
Şekil 8. Elektronik donanım

çevrede bulunan bluetooth'larının açık olduğu cihazların taranması sağlanmıştır. Şekil 15'te ise prototip cihaz ile eşleşme sağlandıktan sonra kullanıcının ayarlamalar yapabileceği kullanıcı ara yüzü görünmektedir. Bu ara yüzde her iki motorun ayrı ayrı titreşim şiddetleri ve bu şiddetlerin verileceği süreler ayarlanabilmektedir ve başlat butonuna basıldığında ayarlanan veriler blok halinde prototip cihaza gönderilmektedir. Prototip cihazda bulunan Arduino Uno mikro denetleyici ise blok halinde alınan bu verileri ayrıştırarak her motorun ayrı ayrı kontrolünü sağlamaktadır. Şekil 16'da ise titreşim tezgahı çalışırken tezgah üzerinde bulunan titreşim sensöründen mikro denetleyiciye geri gönderilen titreşim şiddeti verisi, bluetooth cihazı üzerinden mobil cihazdaki mobil uygulamaya gönderilerek, elde edilen titreşim verisinin kullanıcı arayüzünün en altında görmemizi sağlar.

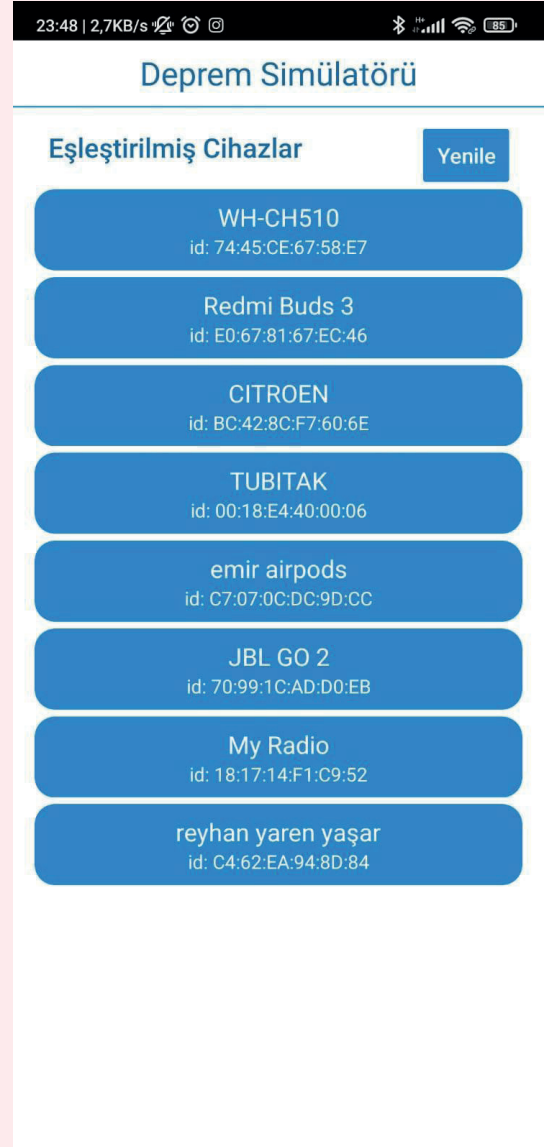
3. Bulgular ve Tartışma

Şekil 15 ve 16'da görüldüğü üzere, yatay ve dikey titreşim motorlarını çalıştıran mobil uygulama ara yüzünde,

kullanıcının ayarlayabileceği şiddet barı 10 üzerinden verilmiştir ve bu sayıların deprem şiddetiyle direkt olarak bağlantısı yoktur. Prototip cihaz üzerinden ölçülen titreşim verisi ise, girilen şiddet değeriyle orantılı olup girilen değerin yaklaşık 2 katına tekabül etmektedir. Girilen veriler ile ölçülen verilerin değerlendirilmesi ve gerçek bir yeraltı depremine gelen karşılığının ölçülmesi için prototipin üzerine bir sismik ölçüm cihazı monte edilecek ve hissedilen deprem karşılığı da mobil uygulamaya eklenecektir. Jeoloji ve Jeofizik Mühendislerinin istekleri doğrultusunda mobil uygulama güncellenerek, deprem sismik değerleri de mobil uygulamaya eklenecektir. İşin deprem boyutu ayrı bir uzmanlık ve ayrı bir çalışma gerektirdiğinden bu yayında ele alınmamıştır. Prototip cihazda girilen değerler ile ölçülen değer arasındaki oranı belirleyen etken, motor millerine takılan kurşun ağırlıklar olmuştur. Bu ağırlık miktarlarının değiştirilmesiyle elde edilecek ölçüm verileri, girilen değerlerle tekrar ilişkilendirilmelidir. Çalışmanın bu kısmı da deprem ölçümü aşamasında ele alınacaktır.



Şekil 13. Bluetooth durum kontrolü



Şekil 14. Cihaz eşleşmesi



Şekil 15. Ayarlama ara yüzü



Şekil 16. Titreşim verisi geri bildirim

Cihazın güç gereksinimini karşılayan ve cihaz içerisinde bulunan güç kaynağının 220Vac girişi topraklı olup, güç kaynağından alınan toprak hattı, cihaz gövdesine de bağlanarak, iletken alüminyum bir gövdeye sahip prototip cihazın, kullanıcıya karşı oluşturabileceği bir elektrik çarpmasının da önüne geçilmiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi sürekli titreşerek çalışacak olan prototip cihazın dayanıklı olması için oluşturulan alüminyum gövde, alüminyum profillerin birleştirilmesiyle tasarlanmıştır. Titreşim esnasında birleşim yerlerinden ayrılmaması için alüminyum profil birleştirme aparatları ve bu aparatları profillere bağlayan somunlu vidalara somunlar takıldıktan sonra vida uçlarına bakır tel sarılıp lehim atılarak somunlar mühürlenmiştir. Böylelikle somunların titreşim esnasında açılması önlenmiş, devamında da profillerin ayrışarak deprem simülatorü prototipinin çözülmesi engellenmiştir.

Önerilen prototip, çeşitli başlangıç seviye deneylerde başarılı ve beklenen performansı göstermeyi başarmıştır. Elbette ilerleyen aşamalarda simülatorün daha da geliştirilmesi planlanmaktadır. Bu planlar kapsamında, simülatorün yapımında deprem atım tipleri göz önünde bulundurularak yanal atım, dikey atım gibi çeşitlerin uygulanabilmesi için tasarımı geliştirme aşamasında Jeoloji Mühendisliği ve Jeofizik Mühendisliği Bölümlerinden yardım alınacaktır. Simülatorün tamamlanmasının ardından İnşaat Mühendisliği Bölümünde kullanılacak üzere teslim edilecektir. Kullanıcıların istekleri doğrultusunda mobil uygulama kısmı geliştirmeye açık olduğundan zamanla en verimli haline getirilecektir.

Ülkemizde bütçe sıkıntısı yaşayan çok sayıda araştırmacının kolaylıkla üretip kullanabileceği bu dizayn sayesinde ülkemizde daha güçlü binalar yapılabilmesi sağlanacak ve kolaylıkla testler gerçekleştirilecektir.

4. Sonuç

Bu çalışma, Tübitak burs programına 2023 yılında Ülkemizin yaşadığı Hatay merkezli deprem felaketinden sonra başvurulmuş olup titreşim cihazına yerleştirilen prototip inşaat yapılarının ve/veya inşaatlerde kullanılacak malzemelerin deprem sarsıntılarına karşın gösterecekleri tepkileri ölçmek ve bu yapıların geliştirilmesinde bir araç olarak kullanılması amaçlanmıştır. Prototip cihazı kullanacak araştırmacı, mobil uygulama ile sarsıntı yönü, şiddeti ve zamanını ayarlayarak titreşim tezgahının üzerine konulacak olan yapıdaki hasarı ölçebilecek ve gerekli hesaplamaları yaparak gerçek bir yapıdaki hasarı boyuta oranlayabilecektir. Ayrıca bu cihaz aracılığıyla toplanan verileri analiz etmek için Yapay Zeka, Yapısal Mühendislik ve Malzeme Bilimi alanlarından çeşitli yöntemler kullanılabilir. Örneğin, yapay zeka yöntemleri kullanılarak prototip cihazdan gelen titreşim verilerine göre örnek yapıdaki hasarın türünü, şiddetini ve konumunu tahmin edilebilir (Bhatta, S. ve ark., 2023).

Kaynaklar

- Alçık,H., Zülfikar,C., Korkmaz, A. (2014). İstanbul Deprem Acil Müdahale ve Erken Uyarı Sisteminde Kullanılan GSR Katıyıcı Sistemlerinin Farklı Kurulum Düzeneklerinin Sarsma Masası Testleri ile İncelenmesi. İstanbul Yerbilimleri Dergisi. C.27, S.1, SS.1-16.
- Bhatta, S., Dang, J. (2023). Seismic damage prediction of RC buildings using machine learning. *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, C.52, S.11, SS.3504-3527.
- Demir,E. (2018). Dijital Kontrollü Çok Eksenli Titreşim Masası Geliştirilmesi. *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Gelişim Üniversitesi.
- Gözüm, Y.Ü., Akşit, İ., Tolun, V., Özkök, F., Kaşıkçı, A. (2015). Karınca Yayıncılık, Türkiye.
- Grandin, R., Doin, M. P., Bollinger, L., Pinel-Puysségur, B., Ducret, G., Jolivet, R., Sapkota, S. N. (2012). Long-term growth of the Himalaya inferred from interseismic InSAR measurement. *Geology*. C.40, S.12, SS.1059-1062.
- URL-1 (2024). <http://www.koeri.boun.edu.tr/bilgi/buyukluk.htm>. Erişim tarihi: 09.07.2024
- URL-2 (2019). <http://ekitap.kulturturizm.gov.tr/TR-80090/dokuztarihsel-katman.html>. Erişim Tarihi: 10.01.2019

Yapısal mühendisler istatistiksel analizlerde bulunabilir (Lignos, D.G. ve ark., 2013).

Bu konulardaki değerlendirmeler Bilgisayar, Jeoloji ve İnşaat Mühendislikleri alanlarındaki araştırmacılar tarafından iletilebilir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209A, 2023/1. Dönem üniversite öğrencileri araştırma projeleri destek programı kapsamında burs desteği verilerek gerçekleştirilmiş olup, verdiği destekten ötürü TÜBİTAK kurumuna teşekkür ederiz.

Orcid

Utku Bayram <https://orcid.org/0000-0001-9746-3535>

Nazlıcan Kayhan <https://orcid.org/0009-0000-4890-4453>

Ramazan Eyüp Gültekin <https://orcid.org/0009-0001-3017-5704>

Vildan Bayram <https://orcid.org/0000-0002-8343-1126>

Lignos, D. G.,Krawinkler, H. (2013). Development and utilization of structural component databases for performance-based earthquake engineering. *Journal of Structural Engineering*, C.139, S.8, SS.1382-1394.

Mousavi, S. M., Ellsworth, W. L., Zhu, W., Chuang, L. Y., Beroza, G. C. (2020). Earthquake transformer—an attentive deep-learning model for simultaneous earthquake detection and phase picking. *Nature communications*. C.11, S.1, SS.3952.

Oluwafemi, J. O., Ofuyatan, O. M., Sadiq, O. M., Oyebisi, S. O., Abolarin, J. S., & Babaremu, K. O. (2018). Review of world earthquakes. *International Journal of Civil Engineering and Technology*.C.9, S.9, SS.440-464.

Richards-Dinger, K., Dieterich, J. H. (2012). RSQSim earthquake simulator. *Seismological Research Letters*. C.83, S.6, SS.983-990.

Sinha, P., Rai, D. C. (2009). Development and performance of single-axis shake table for earthquake simulation. *Current science*, C.96, S.12, SS.1611-1620.

Tang, A., Wen, A. (2009). An intelligent simulation system for earthquake disaster assessment. *Computers & Geosciences*. C.35, S.5, SS.871-879.