

## TARIM MAKİNELERİ İMALATHANELERİ İÇİN AKUSTİK SENSÖRLÜ ARDUINO VE LABVIEW TEMELLİ BİR SES SEVİYESİ ÖLÇÜM SİSTEMİ TASARIMI

Abdullah BEYAZ <sup>1\*</sup>, Veysel GÜL <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-7329-1318>

<sup>2</sup> Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Pilot Üniversite Koordinatörlüğü

ORCID No: <http://orcid.org/0000-0002-9345-8613>

Anahtar Kelimeler	Öz
Akustik sensör Arduino Ses ölçümü İş güvenliği Tarım makineleri imalathaneleri	<i>Tarım makineleri imalathaneleri, genellikle yüksek ses seviyesine sahip iş yerleri arasında yer almaktadır. Bu durum, imalathanelerde günümüz şartları doğrultusunda yüksek sesli (gürültülü) ortamda çalışanların sağlıklarını korumak için düşük maliyetli ve gelişmiş teknolojik ürünlerden faydalanmak gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Tarım makineleri imalat sektöründe insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen ses düzeylerinden çalışanları korumak önemli bir gereksinimdir. Bu çalışmada, tarım makinaları imalatı yapan bir işletmede ses ölçümleri, geliştirilen akustik sensör ve Arduino temelli bir sistem ile yapılmaya çalışılmıştır. Çalışmanın amacı tarım makineleri imalathanelerinde farklılık gösteren ses verilerinin ölçümü için ticari ses ölçüm sistemlerine alternatif, otomasyona uygun düşük maliyetli bir sistem tasarımıdır. Ses ölçüm sisteminin çalışma prensibi, akustik sensörün sağladığı çıkışların ses verisi olarak değerlendirilmesi ve grafiksel programlama ile analizi esasına dayanmaktadır. Araştırmada elde edilen veriler LabVIEW programı ile saptanmış ve R<sup>2</sup> değeri %94,7 olarak tespit edilmiştir. Bu sistem sayesinde; sese uzun süreli maruziyet sonrasında zarar eşiği olan 85 dB üzerine çıkmadan imalathanelerde bir uyarı sistemi oluşturulabilecektir. Bu sistem sayesinde imalathanelerde çalışanlara rahatsızlık verme başlangıcı olan 55-60 dB, rahatsızlığın belirgin şekilde artmasına sebep olan 60-65 dB ve 65 dB'in üzerinde ise davranış biçiminde bozulmalara neden olan ses seviyeleri belirlenebilecektir.</i>

## DESIGN OF A SOUND LEVEL MEASUREMENT SYSTEM BASED ON ARDUINO AND LABVIEW WITH ACOUSTIC SENSORS FOR AGRICULTURAL MACHINERY WORKSHOPS

Keywords	Abstract
Acoustic sensor Arduino Sound measurement Work safety Agricultural machinery workshops	<i>Agricultural machinery workshops are generally among the workplaces with high noise levels. In line with today's conditions, these factories have revealed the necessity of using low-cost and advanced technological products to protect the health of employees in a loud (noisy) environment. It is an important requirement to protect employees from sound levels that negatively affect human health in the agricultural machinery manufacturing sector. In this research, sound measurements were tried to be obtained in a company manufacturing agricultural machinery with the developed acoustic sensor and an Arduino-based system. The study aims to design a low-cost system suitable for automation, an alternative to commercial sound measurement systems, for the measurement of sound data that varies in agricultural machinery workshops. The working principle of the sound measurement system is based on evaluating the outputs provided by the acoustic sensor as sound data and analyzing them with graphical programming. The data obtained in the research were measured in the LabVIEW program and the R<sup>2</sup> value was determined as 94.7%. Thanks to this system, a warning system can be created in workshops before the sound exceeds 85 dB, which is the harm threshold after long-term exposure. Thanks to this system, sound levels of 55-60 dB, which start to cause discomfort to employees in workshops, 60-65 dB, which causes a significant increase in discomfort, and above 65 dB, which cause behavioral deterioration, can be determined.</i>

Araştırma Makalesi	Research Article		
Başvuru Tarihi	: 30.01.2024	Submission Date	: 30.01.2024
Kabul Tarihi	: 09.08.2024	Accepted Date	: 09.08.2024

\* Sorumlu yazar e-posta: abeyaz@ankara.edu.tr

Bu çalışma 29. Ulusal Ergonomi Kongresi'nde (12-14 Ekim 2023/ Çanakkale) sözel bildiri olarak sunulmuş ve bildiri özetleri kitapçığında özet olarak yer almıştır.

## 1. Giriş

Günümüzde modern teknoloji ve bu teknolojilere ait ürünler hızla yayılmaktadır. Tarım teknolojileri sahasında da bu durum benzer bir seyir izlemektedir. Çeşitli nitelikteki sensör, elektronik ürün ve geliştirme kartlarının üretim miktarlarının artmasına paralel olarak ortaya çıkan fiyat düşüşleri ile düşük maliyetli ölçüm sistemi kavramı gelişmiştir. Bu kavramın gelişimini takiben çok sayıda ölçüm sistemlerinin düşük maliyetli alternatifleri geliştirilmeye başlanmıştır. Bu sistemlerin imalat sektöründe gürültü başta olmak üzere çevresel etkileri ölçmede kullanılabilmesi, çalışanların sağlığı ve üretimin sürekliliği açısından önem arz etmektedir. İmalat sektörlerinde gürültü miktarı, insanlar üzerinde birçok olumsuz etkileri olmasına rağmen dikkate alınmayan konuların da başında gelmektedir. Gürültü, çalışanların iş verimlerinin düşmesine, iş akışında aksaklıklara ve süreçlerde zaman kaybına neden olmaktadır.

Gürültü uzun süre devam ettiğinde çalışanlarda fizyolojik ve psikolojik sağlık sorunlarının oluşabileceği belirlenmiştir (Serin vd., 2013). Tüm bu süreçlerde sorumluluk işverenlerdir. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığının Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmeliğin 8. maddesine göre; maruziyetin önlenmesi ve azaltılması sorumluluğu işverenindir. Aynı yönetmeliğin 5. maddesine göre  $L_{EX}$  (haftalık gürültü maruziyet düzeyi), 8 saatlik bir maruziyet için değerleri en düşük 80 dB, en yüksek 85 dB, sınır değeri ise 87 dB olarak belirlenmiştir (Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, 2013).

İmalat sektöründeki gürültü kaynakları üretim sürecinde, kullanılan ekipman ve makinelere bağlıdır. Genel olarak yüksek ses seviyelerine ulaşılması birçok faktörle ilişkilendirilebilir. Bunlar; ilgili endüstri sektörü, tesis ve süreç türü, hammaddeler, makineler, kişisel koruyucu cihazların kullanımı gibi işyerlerine özgü uygulamalar dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır (Nelson vd., 2005). Williams vd. (2007), işyerlerinin %73'ünde 85 dB'i aşan ses olduğunu, bu iş yerlerinde ulusal standartları aşan sese maruz kalanların oranının %45'i olduğunu belirtmişlerdir. Melemez (2015)'te gürültünün işçiler üzerindeki olumsuz etkilerini araştırmak için mobilya üretimi yapan 3 adet küçük ve orta ölçekli işletmede 4 değişik makine ile çalışan işçiler üzerinde ölçüm yapmıştır. Ölçümler sonucunda tehlike sınırı olan 87 dB'den daha yüksek gürültü değerlerinin olduğunu tespit etmiştir. İşçilerin yüksek gürültü seviyesinden etkilenme düzeylerinin azaltılması ve gerekli önlemlerin alınması gerektiğini belirtmiştir. Serin vd. (2013) küçük ölçekli mobilya işletmelerinde gürültü seviyelerini tespit etmek için bir araştırma

yapmıştır. Araştırmada seçilen 450 işletmede 5460 gürültü ölçümü yapmıştır. İşletmelerde kullanılan makine farklılıklarına rağmen ortalama ses değerlerini hesaplamışlardır. Makineler yüklü çalışırken ortalama en yüksek ölçüm planyada  $95.17 \pm 4.5$  dB, boş durumda çalışırken ise ortalama en yüksek değer CNC tezgâhında  $88.09 \pm 0.036$  dB olarak ölçtüğünü belirtmiştir. Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütü'nün (OECD) 1996 yılındaki raporunda, gürültünün herkesi etkileyen bir faktör olduğu belirtmiştir. Rahatsızlık verme başlangıcı olan ses değerinin 55-60 dB, rahatsızlığın belirgin şekilde artması için ulaşılması gereken değerin 60-65 dB ve davranış biçiminde bozulmalar gerçekleşmesi için ulaşılması gereken ses değerinin ise 65 dB üzeri bir ses değeri olduğu ifade edilmiştir (OECD, 1996). Polastre vd. (2005), otomatik çevre izleme araştırmalarında kullanılması amacıyla California Üniversitesinde bir kablosuz sensör ağı (WSN) geliştirmiştir. Bu sensör ağının en önemli özelliği ultra düşük güç sarf etmesi ve kablosuz olmasıdır. Kullanılan sensörlerin 8 analog hat ve G/Ç kanalı sunarak ve Analog-Dijital Dönüştürücü (ADC) yoluyla 200 örnek/sn'ye kadar okuma yapabildiğini vurgulamışlardır. Santini ve Vitaletti (2007), özellikle kentsel alanlarda çevresel gürültü kirliliğinin izlenmesine odaklanan çok çeşitli çevresel izleme uygulamalarında kullanılacak bir WSN'nin kullanılabilmesi için bir fizibilite raporu çıkarmışlardır. Daha sonra aynı yazarlar, WSN tasarımının teknik sorunlarından biri olan algılayıcı düğümlerden merkezi sunucuya veri iletimi kısmına odaklanarak WSN tasarımı üzerinde çalışmalarını devam ettirmişlerdir. Wang vd. (2013) yılında Çin'in Xiamen şehrinde yaptıkları araştırmada, şehrin çeşitli yerlerinde gürültü değerlerini toplamak için ZigBee teknolojisi ve GPRS iletişimi ile düşük maliyetli ticari ses ölçüm cihazlarından oluşan bir ağ kurmuşlardır. Yapılan çalışmalarda imalat işlemleri için belirtilen gürültü değerlerinin 85 dB üzerinde olduğu görülmektedir. Bu durum çalışanların sağlığının önemsenmesi gerektiğini göstermektedir (Darpe, 2015). Ateş ve Alagöz (2018)'de yaptıkları araştırmada tarım makineleri imalatı yapan bir fabrikada çalışanların üzerlerinde gürültünün işleme kaybı açısından etkilerini incelemişlerdir. İmalathanede bulunan tezgâhların ve makinelerin gürültü değerlerini ölçmüşler, en yüksek gürültü değerinin 86.1 dB, en düşük değerin ise 75.7 dB olduğunu tespit etmişlerdir. Thomas ve ark. (2018), fabrika çalışanlarının sağlığı için düşük maliyetli, dağıtılmış çevresel monitörleme yaklaşımına odaklanmışlardır. Düşük maliyetli gürültü sensörü ölçümlerinin, 60 dBA ve üzeri için referans cihazla karşılaştırıldığında aynı sonuçları verdiğini bulmuşlardır. Yine Navarro ve ark. (2020), yapay sinir ağı kullanarak akustik sensör ağında ses seviyesi tahmini üzerine çalışmıştır. Modeller arasında anlamlı bir regresyon bulmuşlardır. Monti

ve ark. (2020), temel düzey mikrofonlar ve makine öğrenimini kullanan bir gürültü izleme platformu üzerinde çalışmışlardır. Shah ve ark. (2020), hava kalitesi ve çevresel gürültü tespiti için gerçek zamanlı makine öğrenimi üzerinde çalışmışlardır. Hava kalitesi verilerinin ardından belirli bir alanın gürültü seviyesini tespit etmek için gürültü verilerini de kullanmışlardır.

Bu araştırmada, ülkemiz şartlarına uygun bir ses ölçüm sisteminin geliştirilmesi ile tarım makinaları imalathanelerinde oluşan ses seviyelerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda bu ölçüm sistemi sayesinde sektör çalışanlarının sağlığının korunması hedeflenmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

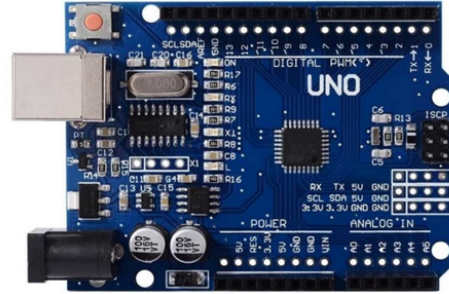
Araştırmada bir adet akustik sensör modülü kullanılmıştır. SparkFun firması tarafından üretilen bu akustik sensör modülü üç farklı çıkışa sahip olan, küçük ve kullanımı kolay bir ses algılama kartıdır (Şekil 1). Akustik sensörde yer alan bu çıkışlar ses çıkışı, analog çıkış ve dijital çıkışlar şeklindedir. Bu üç çıkış da birbirinden bağımsız olduğundan aynı anda istenilen sayıda çıkış kullanılabilir. Sensör üzerinde yer alan 'Envelope' çıkışı analog voltajı ölçerek genlik değerinin kolaylıkla okunmasını sağlayabilmektedir. Çıkış değerleri direnç yardımıyla ayarlanarak dijital çıkış pininin eşik değeri değiştirilebilir. Her sinyal, kartta bir başlığa çıkış olarak verilmiş ve bu sayede kullanıma uygun hale getirilmiştir. Eşzamanlı olarak aktif olabilmektedirler. Yapılan uygulamada pinlerden herhangi birinin kullanılmaması durumunda ilgili pin devre dışı bırakılabilir özelliğindedir.



Şekil 1. Akustik Sensör Modülü

Sensör, analog verilerin bilgisayar tarafından da istenildiğinde çeşitli şekillerde değerlendirilebilmesine olanak sağlayan Arduino UNO R3 geliştirme kartı ile kullanılmıştır (Şekil 2). Bu kart üzerinde bulunan mikro denetleyici programlandığı doğrultuda sensör verilerinin işlenmesini ve bilgisayar ortamında eş zamanlı olarak görülebilmesini sağlamaktadır. Arduino UNO R3 geliştirme kartı Arduino geliştirme kartı ailesinin

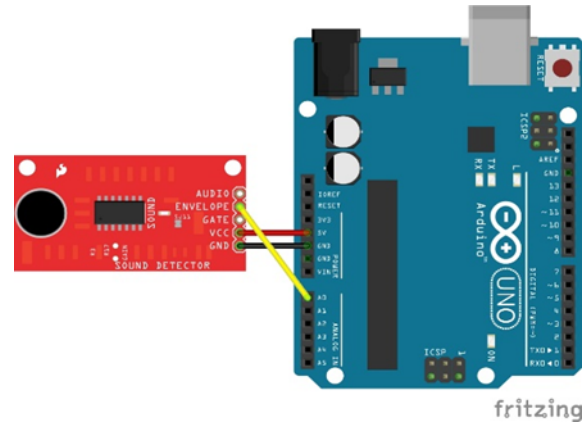
temel kartı niteliğini taşımaktadır. Amaca uygun olarak farklı pin yapısına sahip versiyonlarının da kullanılması imkânı bulunmaktadır.



Şekil 2. Arduino UNO R3 Geliştirme Kartı

Arduino UNO R3 şu özelliklere sahiptir; Arduino'nun temel kartı niteliğindedir, ATmega328 mikro denetleyici kullanmaktadır, 14 dijital giriş- çıkış pini, 6 PWM çıkışı, 6 analog DC girişi bulunmaktadır ve 32 KB flash belleği vardır.

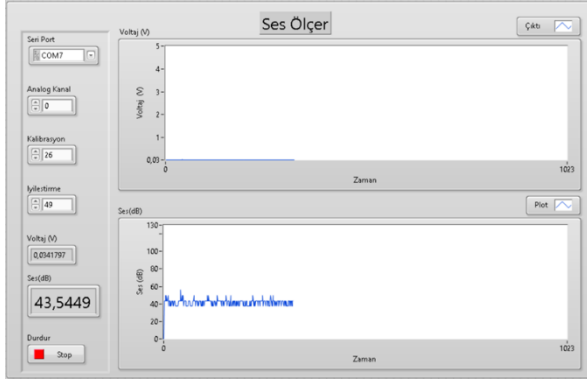
Arduino UNO R3 ve Sparkfun ses kartından oluşan ölçüm sistemine ait kablolama diyagramı Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Tasarlanan Ölçüm Sisteminin Bağlantı Şeması

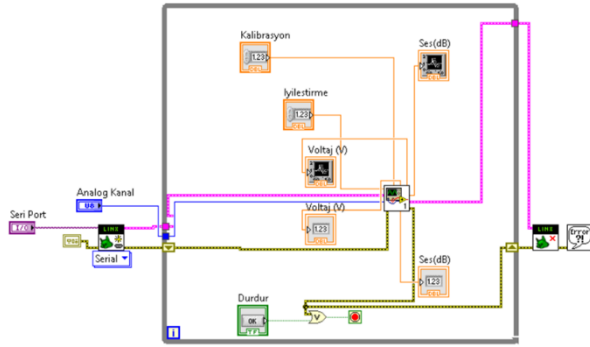
Verilerin güvenli ve hızlı bir şekilde depolanmasını sağlamak amacıyla sistem USB ara yüzü vasıtasıyla bir bilgisayara bağlanmıştır.

USB ara yüzü ile bilgisayarla iletişime geçen Arduino UNO R3 geliştirme kartı LabVIEW platformuna bağlanarak analog verilerin grafiksel olarak izlenmesine olanak tanımaktadır. Aynı zamanda bu verilerin Microsoft Excel formatında depolanması işlemi de gerçekleştirilebilmektedir. LabVIEW platformunda tasarlanan programa ait ön panel Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 4. Tasarlanan Programa Ait LabVIEW Ön Paneli

Ayrıca verilerin zamana bağlı akışını kontrol etmek üzere geliştirilmiş blok diyagram ise Şekil 5'te verilmiştir. Blok diyagram vasıtasıyla volt cinsinden ölçülen analog değerler, katalog değerleri göz önünde bulundurularak hesaplanan bir çarpan ile ses (dB) değerlerine çevrilmiş ve bir düzeltme çarpanı kullanılarak ön panel üzerinde kolay ve anlaşılabilir bir gözleme uygun hale getirilmiştir.



Şekil 5. Tasarlanan Programa Ait Blok Diyagram

Ticari amaçlı kullanılacak bir ses ölçer olan Unit Ut353-BT mini ses seviyesi ölçer kullanılarak kalibrasyon, iyileştirme ve ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 6). Unit Ut353-BT mini ses seviyesi ölçer özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

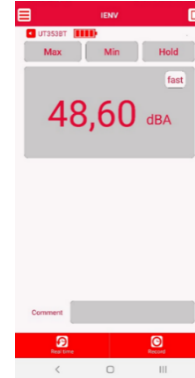


Şekil 6. Unit Ut353-BT Mini Ses Seviyesi Ölçer

Tablo 1. Unit Ut353-BT Mini Ses Teknik Özellikleri

Gürültü	30~130 dB
Doğruluk	±1.5 dB
Çözünürlük	0.1 dB
Örnekleme Oranı	Hızlı:125 ms Yavaş: 1000 ms
Frekans Tepkisi	31,5 Hz~8 kHz
Güç	1,5 V pil (R03) x 3
Boyutlar	32 mm x 26 mm

Unit Ut353-BT mini ses seviyesi ölçer bluetooth üzerinden iENV 2.0 cep telefonu uygulamasına ölçüm sonuçlarını gönderebilmekte ve bu değerler kaydedilebilmektedir. Bu sayede güvenli ve kalıcı 15 ölçüm gerçekleştirilerek, sağlıklı bir değerlendirme süreci oluşturulmuştur (Şekil 7).



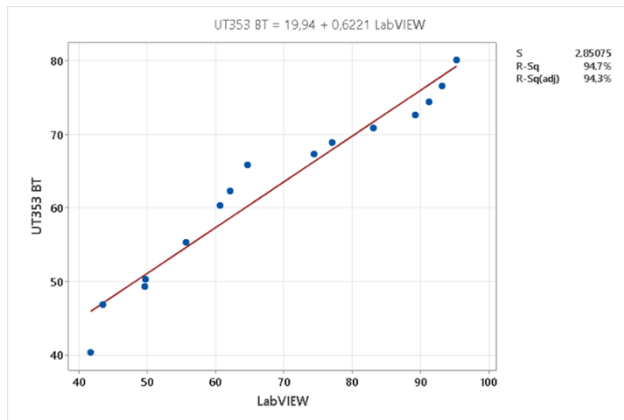
Şekil 7. Unit Ut353-BT Mini Ses Seviyesi Ölçer İle Kullanılan iENV 2.0 Cep Telefonu Yazılımı

### 3. Sonuçlar

Tarım makineleri imalatı yapılan bir alanda hangi makinelerin üretildiği, seçilen teknik ve ses analiz araçları üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Bu anlamda imalat yapılan alanın görsel ve işitsel tasarımı önem kazanmaktadır. İmalat yapılan alanda ses ölçümleri için bir ses kayıt cihazı veya mikروفon kullanılarak çevredeki gürültüleri kaydedilebilir. Bu amaçla benzer şekilde akustik ses basınç seviyesi haritalayan cihazlar ve ses seviyesi ölçerler kullanılmaktadır. Böylece bir alandaki ses basıncı seviyelerini belirlenebilir ve haritalandırılabilir. Ayrıca sesin farklı yönleri için kayıtlar incelenebilir. Uygun ses düzeylerini tespit etmek için ses kontrol yazılımları kullanılabilir. Böylece hangi alanlarda akustikğin kötü veya çok gürültülü olduğu, sesin

yankılanma sürelerini ve yansımalarını belirlenebilir. Ses ölçümleri için hedefler belirlenerek ne elde etmeyi umduğunuzu ve hangi sesleri incelemek istediğinizi açıkça bilmek gerekmektedir. Böylece atölyenin amacı doğrultusunda uygun ekipmanı seçmek mümkün hale gelmektedir. Bununla birlikte kullanıcı deneyimi ve bütçede düşünülmalıdır. Sesi düzgün bir şekilde kaydetmek için ses ölçüm cihazının doğru konumlandırıldığından ve kayıt parametrelerinin doğru yapılandırıldığından emin olmak gerekir. Bunun için ise gereksinimlere en uygun ölçüm araç ve metodolojisinin seçilmesi önemlidir. Hem yazılım hem de donanım kullanabilen atölyelerde seçilen araçları kullanarak toplanan bilgileri anlamayı öğrenmek mümkündür. Ses analizinden değerli bilgiler elde etmek için bu durum çok önemlidir. Bu amaçla kullanılacak değişkenlerin birbirleriyle nasıl ilişkili olduğunu anlamak için kullanılacak güçlü istatistiksel tekniklerden biri de regresyon analizidir. Özellikle bir veya daha fazla bağımsız değişkenin bağımlı değişkeni nasıl etkilediğine bağlı olarak bağımlı bir değişkeni tahmin ederken yararlıdır. 'Regresyon değeri' terimi, bağımsız değişkenin veya regresyon denkleminde dahil edilen değişkenlerin değerleri tarafından belirlenen bağımlı değişkenin beklenen değerini tanımlar. Bunu, bağımsız değişkenler için belirli bir değer kümesi verilen bir bağımlı değişken tahmini olarak düşünmek gerekir. Regresyon denklemi ise bağımsız ve bağımlı değişkenlerin matematiksel olarak nasıl ilişkili olduğunu gösterir.

Bu araştırma için geliştirilen ses ölçüm sisteminin çalışma prensibi akustik sensörün sağladığı çıkışların ses verisi olarak değerlendirilmesi ve grafiksel programlama analizi esasına dayanmaktadır. Araştırmada elde edilen veriler LabVIEW programında ölçülmüş ve  $R^2$  değeri %94,7 olarak tespit edilmiştir.



**Şekil 8. Unit Ut353-bt Mini Ses Seviyesi Ölçer İle SparkFun Mikrofon Modüllü LabVIEW Ses Ölçüm Sistemi Sonuçlarına Ait Regresyon Grafiği Ve Denklemi**

#### 4. Tartışma

Birçok üretim süreci, makine ve ekipman çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilecek düzeyde ses (gürültü) ortaya çıkarırlar. Bu tür üretim süreçlerinde ses oranlarını kontrol etmek ve çalışanları uyarmak için çeşitli teknolojilerinden yararlanılabilir. Literatürde benzer amaçlarla geliştirilmiş sistemler bulunmaktadır.

Navarro ve ark. (2020), yapay sinir ağı kullanarak akustik sensör ağında ses seviyesi tahmini üzerine çalışmıştır. Modeller arasında en yüksek regresyon değerini %75 olarak bulmuşlardır. Benze şekilde Monti ve ark. (2020), temel düzey mikrofonlar ve makine öğrenimini kullanan bir gürültü izleme platformu üzerinde çalışmışlardır. Yaptıkları değerlendirmeler arasında en yüksek regresyon değerini %90 olarak bulmuşlardır. Görülmektedir ki YSA gibi makine öğrenmesi algoritmaları ile karşılaştırıldığında araştırmada tarım makineleri imalatı yapan bir işletmeye ait ses değerlerinin akustik sensör ve Arduino temelli bir sistem geliştirilerek yapılan ölçüm sonucuna air regresyon değerinin %94,7 olarak bulunması başarılı olarak görülmektedir.

Benzer şekilde literatürde, Shah ve ark. (2020), gerçek zamanlı makine öğrenimi kullanarak hava kalitesi ve çevresel gürültü seviyesini belirlemek için yaptıkları araştırmada gürültü verilerini kullanmışlardır. SVM algoritmasının, %70 eğitim ve %30 test verisi değerlendirmesi ve bölünmüş veri normalizasyonuna dayalı olarak %98'lik bir ortalama gürültü seviyesi sınıflandırma doğruluğu sağladığını belirtmişlerdir. Başka bir araştırmada, Thomas ve ark. (2018), fabrika çalışanlarının sağlığını korumak amacıyla dağıtılmış çevresel izleme yöntemine odaklanmışlardır. Gürültü sensörü ölçümlerinin, 60 d(BA) ve üzeri için referans cihazla karşılaştırıldığında aynı sonuçları verdiğini bulmuşlardır. Araştırmada 30 sensörün ortalaması kullanılmış ve 60 d(BA) üzerindeki değerler için  $R^2$  değerini %100 olarak tespit etmişlerdir.

Çalışmamızda 85 dB ses seviyesine ulaşıldığında uyarı veren bir sistem geliştirilmiştir. Ölçüm yapılan ses düzeyi olarak değerlendirildiğinde, literatürün farklı ürün imalathaneleri içinde seçilen ses eşliğini destekler nitelikte olduğu görülmektedir. Örneğin Ateş ve Arabacıoğlu (2018) yılında çivi imalatı yapan bir işletmede, işçiler üzerinde gürültünün etkisini tespit etmek için gürültü ölçümleri yapmış ve en düşük gürültü seviyesini 86,1 dB(A), en yüksek gürültü seviyesini ise 101,6 dB(A) olarak belirlemişlerdir. Elde ettikleri yüksek gürültü seviyelerinin işçilerin sağlığını olumsuz yönde etkilediğini ve işletmenin gerekli önleyici tedbirleri alması gerektiğini vurgulamışlardır. Benzer şekilde Kodalıoğlu ve Delikanlı (2021) battaniye işletmesinin örme ve şardon bölümlerinde bulunan makinelerin

ortama yaydıkları gürültü ses basınç değerlerini ölçümler yaparak belirlemeye çalışmışlardır. Şardon makinalarının gürültü ses seviyeleri 88,9 dB ile 89,5 dB ölçülürken, örme makinalarının ses seviyeleri ise 81,9 dB ile 82,7 dB arasında olduğunu vurgulamışlardır. Ayrıca, Kalelioğlu ve Köse (2021) yılında yaptıkları çalışmada bir çimento fabrikasının gürültü seviyelerini belirlemek için mevcut işletmenin 6 farklı bölümünde gürültü ölçümleri yapmışlardır. Fabrikanın kömür değirmenlerinin ve kırıcı ünitelerinin olduğu bölümlerde sınır değerlerini aşan yüksek gürültü seviyelerinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Yine literatürde daha fazla sayıda ya da daha güçlü ekipmanlar ve değerlendirme yöntemleri kullanılarak ölçüm başarı düzeyinin artırabildiği görülmektedir. Fakat bu araştırmada olabildiğince az ve kolay temin edilebilir ekipman üzerinden bir çalışma yürütülmek istenmiş ve elde edilen sonucun literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür. Bu tip düşük maliyetli ve pratik sistem tasarımlarının özellikle küçük tarım makineleri imalathanelerinde kullanılmasının, sektörün devamlılığı ve çalışanların sağlığı açısından büyük bir önem taşıdığı görülmektedir.

Sonuç olarak, öncelikle çalışanların gürültüye maruz kalmalarını azaltmak ve işitme sağlıklarını korumak için kulak koruma cihazları kullanmaları gereklidir. Ayrıca, bu koruyucu cihazların doğru kullanımını ve sürekli etkinliğini sağlamak için işletmelerde çalışanlar için eğitimler verilmesi oldukça önemlidir.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

### Kaynaklar

- Ateş, E. ve Alagöz, M. G. (2018). Tarım Makinaları İmalatı Yapan Bir Firmada Gürültü Analizi. *Karaelmas Journal of Occupational Health and Safety*, 2 (1), 13-22.
- Ateş, E. ve Arabacıoğlu, E. (2018). Çivi İmalatı yapan bir İşletmede gürültü analizi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(1):99-111.
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik. Resmi Gazete Sayı:28721, Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/07/20130728.pdf>, Erişim tarihi: 05 Temmuz 2023.
- Darpe, A. K. (2015). Fundamentals of Noise. Department of Mechanical Engineering. IIT Delhi.

- Kalelioğlu, Ö. ve Köse, E. (2021). Çimento fabrikasında gürültü düzeylerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25:43-49.
- Kodaloğlu, M. ve Delikanlı, K. (2021). Battaniye işletmesinde maruz kalınan gürültünün iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 11(1):33-38.
- Melemez, K. (2015). Mobilya Üretimi Yapılan İşletmelerde Gürültü, Titreşim ve Odun Tozunun Ergonomik Etkilerinin İncelenmesi. *TÜBİTAK Projesi; Proje Kodu 1002/No 114Y043*.
- Monti, L., Vincenzi, M., Mirri, S., Pau, G., Salomoni, P. (2020). Raveguard: A noise monitoring platform using low-end microphones and machine learning. *Sensors*, 20(19), 5583.
- Navarro, J. M., Martínez-España, R., Bueno-Crespo, A., Martínez, R., Cecilia, J. M. (2020). Sound levels forecasting in an acoustic sensor network using a deep neural network. *Sensors*, 20(3), 903.
- Nelson, D. I., Nelson, R. Y., Concha-Barrientos, M., Fingerhut, M. (2005). The global burden of occupational noise-induced hearing loss. *American Journal of Industrial Medicine*, 48(6), 446-458.
- OECD, Future Noise Policy, Brussels, 04.11.1996.
- Polastre, J., Szewczyk, R. and Culler, D. (2005). Telos: Enabling Ultra-Low Power Wireless Research. *In Proceedings of the Fourth International Symposium on Information Processing in Sensor Networks (IPSN 2005)*, IEEE Press, 364-369.
- Santini, S. and Vitaletti, A. (2007). Wireless Sensor Networks for Environmental Noise Monitoring. *In Proceedings of the 6th GI/ITG KuVS Fachgespräch "Drahtlose Sensornetze"*, 98-101.
- Serin, H., Şahin, Y., Durgun, M. (2013). Küçük Ölçekli Mobilya İşletmelerinde Gürültü Analizi. *Ormancılık Dergisi*, 9 (2), 1-8.
- Shah, S. K., Tariq, Z., Lee, J., Lee, Y. (2020). Real-time machine learning for air quality and environmental noise detection. *In 2020 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)*, IEEE., 3506-3515.
- Thomas, G.W., Sousan, S., Tatum, M., Liu, X., Zuidema, C., Fitzpatrick, M., Koehler, K.A., Peters, T.M. (2018). Low-Cost, Distributed Environmental Monitors for Factory Worker Health. *Sensors*, 18(5):1411, <https://doi.org/10.3390/s18051411>
- Wang, C., Chen, G., Dong, R., Wang, H. (2013). Traffic Noise Monitoring and Simulation Research in Xiamen City Based on the Environmental Internet of Things. *International Journal of*

*Sustainable Development & World Ecology*, 20 (3), 248-253.

Williams, W., Purdy, S. C., Storey, L., Nakhla, M., Boon, G. (2007). Towards More Effective Methods for Changing Perceptions of Noise in the Workplace. *Safety Science*, 45 (4), 431-447.