

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

Performing of Reptile Robot Prototype with Radio Frequency Remote Control for the Exploration After the Earthquake Ruins

Kemal Kedikli^a, Bayram Yıldız^b, Kenan Toka^c, Abdullah Genç^{*d}

Submitted: 13.10.2021 Revised: 21.02.2022 Accepted: 07.03.2022 doi:10.30855/gmbd.2022.01.05

ABSTRACT

Keywords: Reptilian robot, Additive manufacturing, Radio frequency, Arduino

Time is very significant for living things that are left under the rubble after earthquakes. With this study, a prototype design has been made that will accelerate the debris search and rescue activities and inform the search teams about the debris in advance. This prototype design is inspired by reptiles and consists of parts comprising of five different modules. These modules are designed small in structure, allowing the robot to easily pass through narrow spaces. The prototype is remotely controlled by radio frequency. By using the FPV camera in front of the first module, the view from a distance and the sensors in the tail are transmitted to the screens on the control of the gas, temperature, and humidity in the environment. It can move forward and backward thanks to the motors in the prototype modules. With the servo motors located between the modules, the robot can be moved to the right, left, up, and down, avoiding obstacles and climbing on them. The controls of the components used are provided by Arduino Nanos and codes created specifically for the robot. The production of the parts is made of PLA material using different designs by additive manufacturing. In addition to earthquake debris, it can be used in the preliminary exploration of areas that are risky to enter and may endanger human life, especially in military applications.

^a Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Dep. of Mechatronics Engineering 32100 - Isparta, Türkiye
Orcid: 0000-0003-2087-2407

^b Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Dep. of Mechatronics Engineering 32100 - Isparta, Türkiye
Orcid: 0000-0002-2024-5668

^c Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Dep. of Mechatronics Engineering 32100 - Isparta, Türkiye
Orcid: 0000-0002-3554-031X

^d Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Dep. of Mechatronics Engineering 32100 - Isparta, Türkiye
Orcid: 0000-0002-7699-2822

*Corresponding author: abdullahgenc@isparta.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Sürünge robot, Eklemeli imalat, Radyo frekansı, Arduino

Deprem Enkazı Sonrasında Keşif için Radyo Frekansıyla Uzaktan Kontrollü Sürünge Robot Prototipinin Gerçekleştirilmesi

ÖZ

Depremler sonrası enkaz altında kalan canlılar için zaman çok önemlidir. Bu çalışma ile enkaz arama kurtarma faaliyetlerini hızlandıracak, arama ekiplerini enkaz hakkında önceden bilgilendirebilecek bir prototip robot tasarımı yapılmıştır. Bu prototip tasarımı sürünge robotlardan ilham alınmış ve modül adı verilen kısımlardan oluşmaktadır. Bu modüller yapı olarak küçük tasarlanarak robotun dar alanlardan rahatlıkla geçmesi sağlamaktadır. Prototip radyo frekansıyla uzaktan kumanda edilmektedir. İlk modülün önünde bulunan FPV kamera sayesinde uzak mesafeden görüntü ve kuyruk içerisinde bulunan sensörler sayesinde ortamdaki gaz, sıcaklık ve nem bilgisi kumanda üzerinde bulunan ekranlara iletilmektedir. Prototip modüllerinin içerisinde bulunan motorlarla ileri ve geri hareket edebilmektedir. Modüller arasında bulunan servo motorlar ile robotun sağ, sol, yukarı ve aşağıya hareket ettirilerek engellerden kaçmakta, üzerlerine tırmanabilmektedir. Kullanılan bileşenlerin kontrolleri Arduino Nano ve robota özgü oluşturulan kodlar ile sağlanmaktadır. Parçaların üretimi eklemeli imalatla PLA malzemeden farklı tasarımlar kullanılarak imal edilmiştir. Ayrıca, deprem enkazının yanı sıra, özellikle askeri uygulamalarda girilmesi riskli ve insan hayatını tehlikeye atabilecek bölgelerin ön keşfinde kullanılabilir.

1. Giriş (Introduction)

Hızla gelişen teknolojiyle beraber robotlar hayatımızda daha fazla yer kaplamaya başlamıştır. Üretim maliyetlerinin düşmesi, işlevlerinin artması gibi etkenlerden dolayı birçok sektörde kullanım alanı bulmaktadır. Sanayide ağır yüklerin kaldırılmasında, otomobil sektöründe, araç üretim bandında boyama, kaynak gibi işlerde, evler ve binaların temizliğinde, sağlık sektöründe ve büyük şirketlerin dağıtım departmanlarında robotlar aktif olarak kullanılmaktadır [1]. Bunun yanı sıra, keşif için insanların giremediği dar ve tehlikeli yerlerin araştırılması, deprem, maden göçüğü, doğal afetler sonucunda oluşabilecek enkazlarda arama kurtarma faaliyetlerin yürütülmesinde, askeri operasyonlarda kullanılmaktadır. Keşif robotları sayesinde tehlikeli alanlarda oluşabilecek can kayıpları ve yaralanmalar önlenir, arama kurtarma faaliyetlerinde canlıya daha kısa sürede ulaşılabilir. Bu sayede, can kayıplarının en aza düşürülmesini sağlar. Keşif robotları kullanılacağı alana kontrol şekline göre farklı yapısal değişikliklerle üretilebilirler [2].

Literatür incelendiğinde bu alanda çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Carnegie Mellon Üniversitesi'nin Uluslararası Akıllı Robotlar ve Sistemler Konferansı'nda tanıtılan prototipte, wi-fi sinyalleriyle haberleşme sağlanmıştır [3]. Bu robotta kısa ve güçlü eklemleri sayesinde eksenlerdeki manevraların üst düzey olduğu görülmektedir. Geliştirilen prototipin eklem yapısı x ve z ekseninde hareket etmesi için kullanılan motorlar, gövde ve eklemler 3D yazıcıda üretildiği belirtilmiştir. Aynı zamanda baş kısmı (ilk modül) aydınlatma ve kamera için kullanılmıştır. Ayrıca Şahin ve Yalvaç çalışmalarında, paletli ve geniş gövdeli bir araştırma robotu gerçekleştirmişlerdir. Bilgisayarla kontrol edilip, radyo frekansı (RF) haberleşmesiyle uzaktan iletişimi sağlanmaktadır [4]. Prototipin fiziksel olarak büyük yapısından dolayı sadece geniş alanlarda keşif yapması mümkündür. Prototipin büyük olması, kendi üzerine birçok sistemin yerleştirilmesine olanak sağlamıştır. Uzaktan görüntü ve ses iletebilmekte ayrıca etrafına aydınlatma sağlamaktadır. Aynı zamanda engel algılayıcı sensörler sayesinde yarı otonom olması sağlanmıştır. Diğer bir çalışmada Wright ve arkadaşları, çok fazla modülden oluşan bir tasarım önermişlerdir. Modülleri kısa oluşu robotun hareket kabiliyetini üst düzeye çıkarmış ve her eklemi iki eksen hareketinde de yer almıştır. Bu eklem yapısı sayesinde engelden atlayabilen hatta ağaçlara tırmanabilen bir tasarım geliştirilmiştir. Robot, önündeki kamera ve kısa eklemleri sayesinde rahatça önündeki hatta etrafındaki tüm görüntüyü kumanda sistemine iletmektedir [5]. Bir başka sürüngen çalışmada, iki farklı prototip bulunmaktadır ve yılanların hareketlerinden esinlenen robotların tam anlamıyla bir yılan şeklinde sürünme hareketiyle ilerlediği görülmektedir [6]. Prototipler incelendiğinde ikisi de kabloyla bilgisayar üzerinden kontrol edilmekte ve büyük bir güç kaynağından beslenmektedir. Prototiplerin ilkinde, bileşenler motorların üzerinde dağınık biçimde bulunduğu ve tek eksende hareket ettiği görülmüştür. İkinci prototip ise daha düzenli ve pleksiglas şasiden oluşmaktadır.

Kuzu, çalışmasında kablosuz kontrol edilebilen mobil araştırma ve müdahale robotu yapmıştır. Bu çalışma incelendiğinde paletli yapısı sayesinde arazide kolay hareketi sağlanmaktadır. Dört farklı bilgisayar üzerinden kontrol edilmekte RF ile haberleşmesi sağlanmaktadır ve Arduino mega yardımıyla kontrol edilmektedir [7]. Prototip üzerinde bulunan kamera sayesinde ortamın görüntüsü bilgisayara aktarılmaktadır. Kuzu bu çalışmasıyla arazide keşif yapabilen ve müdahale edebilen uzaktan kontrollü bir prototip geliştirmiştir. Ayrıca Sürmen çalışmasında, 3D yazıcılarda üretim aşamaları, malzeme seçimi, hangi parametrelerle üretim yapılacağı açıkça anlatılmıştır. İmalattan önce parçaların tasarımı, hücre yapısının geometrisi, kullanılacak yazılım, dilimleme, yazıcıdaki diğer parametreler açıkça belirtilmiştir. Kullanılacak malzemelerin seçimi ve malzemelerin hangi şartlarda imal edilebildiğini ayrıntılı olarak açıklanmıştır [8].

Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde keşif robotları geniş gövdeli ve paletli yapıda oldukları görülmüştür. Sürüngen robotlar ise yılan gibi sürüngen hayvanların hareketini incelemek için çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sürüngen hayvanların hareket kabiliyetleri örnek alınarak dar alanlarda keşif yapmaya yarayan bir robot tasarımı ve prototipi geliştirilmiştir. Tasarımı yapılan ve üretilen gövdeyle kumandanın mekanik montajı yapılmıştır. Robot gövdesinin ilk üç eklemine iki eksende kontrol edecek şekilde servo motor bağlanmıştır. Elektrik devrelerinin bağlantısı gerçekleştirilmiştir. Elektriksel bağlantısı gerçekleştirilen alıcı ve verici devresi kuyruk kısmına monte edilmiştir. Sensörler kuyruk üst kapağına monte edilmiştir. Kumanda kontrol kolu, LCD ekran ve pil bağlantıları gerçekleştirilerek prototip çalışır hale getirilmiştir. Prototip çalıştırılarak kumandayla sağlıklı bir şekilde bağlantı yapılması sağlanmıştır. Prototip, servo motorlar kontrol edilerek istenilen

şekilde çalışıp çalışmadığı gözlemlenmiştir. Robotun çalışma açıları, çıktığı yükseklik, gidebileceği zeminler hakkında bilgi verilmiştir. Sensörler test edilerek sonuçları hakkında ve kamera ve alıcı çalıştırılarak görüntü iletimi hakkında bilgi verilmiştir. RF ile bağlantıların hangi mesafede çalıştığı belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot (Material And Method)

Önerilen çalışma, modüler bir yapıya sahip olup her modülün farklı bir görevi var ve yapı olarak küçük olması dar alanlardan kolaylıkla geçmesini sağlamaktadır. Her modül hareketli eklemlerle bağlanmıştır bu sayede robotun hareket alanı geniştir. Eklemlerinde bulunan servo motorlar sayesinde belirli yüksekliklerden geçebilmekte veya inebilmektedir. İlk modülün önünde bulunan FPV (First Person View) kamera sayesinde hareketler anlık olarak kumanda üzerinde bulunan ekrana gönderilerek robotun kontrol edilmesi sağlanabilir [9]. Son modül üzerinde bulunan sensörler sayesinde ortamdaki nem oranı, sıcaklık ve gaz değerleri kullanıcıya iletilir. Robot üzerinde uzaktan kontrolün sağlanması için bir alıcı, sensör verilerinin ve kamera görüntüsünün iletilmesi için de iki verici bulunmaktadır [10]. Robotla kontrol kumandası arasında veri iletimi RF sinyalleriyle sağlanmaktadır [11]. Kumanda üzerinde motorların kontrolü için gerekli bir adet verici, sensörden gelen verilerin kullanıcıya iletilmesi için bir adet alıcı ve bu alınan bilgilerin kumanda üzerinde gösterilmesi için LCD ekran bulunmaktadır. Kumanda üzerinde bulunan kontrol mekanizması sayesinde robotun ileri, geri, sağ, sol, yukarı ve aşağı komutları iletilir [12]. Sensörlerden gelen anlık sıcaklık, nem ve gaz değerleri LCD ekrana yazılarak robotun bulunduğu ortam hakkında bilgi alınır. İlk modülde bulunan FPV kameradan gelen anlık görüntü kumanda üzerinde bulunan telefona aktarılır. Robotun kumanda ile RF iletişim yapabilmesi ve kullanıcının kontrol edebilmesi Arduino mikro denetleyici kartıyla sağlanmaktadır [13]. Bu mikro denetleyici bilgisayar ortamında C diliyle robota özgü olarak programlanmıştır. Yazılan bu program kumandayla haberleşmesini, kumandadan motorlara iletilen komutlara göre motorların hareket etmesini ve sensör bilgilerinin kumandaya iletilmesini sağlamaktadır. Prototipin modüler yapıda tasarlanması, geliştirmeye açık ve yapılacak eklemelerin daha kolay yapılmasına olanak sağlayacak bir tasarımı mümkün kılmıştır.

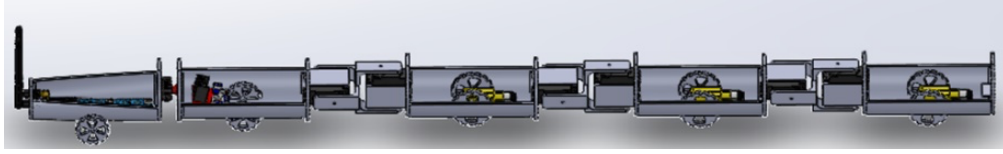
Önerilen prototipin gerçekleştirilmesi, iki ana aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşama, robot gövdesi servo ve DC motorlar, mikro denetleyiciler, sensörler (sıcaklık, nem, gaz), kamera, RF alıcı ve vericilerden oluşur. İkinci aşama ise, kumanda ekranı, kontrol kumandası, cep telefonu, RF alıcı ve vericilerden oluşur. Kullanılan malzemelerin listesi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Kullanılan malzemeler ve özellikleri (Materials used and their properties)

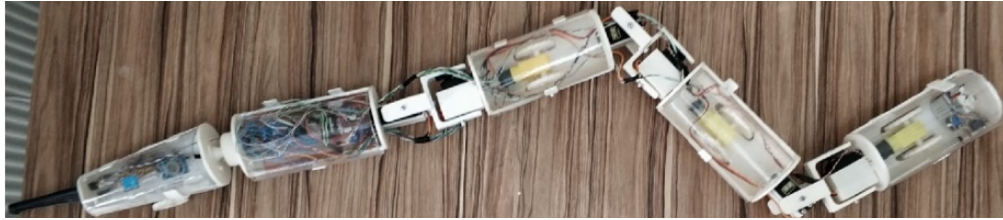
Malzeme Adı	Modeli	Adedi
Tasarlanan Robot		
Kamera	FPV	1
DC motorlar	6V 250 RPM	3
Servo motorlar	Mg995	6
Motor sürücü	L298n	1
Arduino	Nano	2
RF alıcı	NRF24L01+PA	1
RF verici	NRF24L01+PA	1
Sıcaklık sensörü	Dht11	1
Gaz sensörü	Mq7	1
Kumanda		
Telefon	Xiomi	1
Lcd ekran	2x16	1
Kontrol kolu(joystick)	İki eksen	4
Arduino	Nano	2
RF alıcı	NRF24L01+PA	1
RF verici	NRF24L01+PA	1
Kamera verici	SKYDROİD	1
Pil	Lipo	2

2.1. Prototip gövde tasarımı ve imalatı (Prototype Design and Manufacturing)

Gövde içerisinde bulunacak kamera, DC motor ve Arduino ölçülerine uygun olarak bilgisayarda tasarımı yapılarak simülasyonu SolidWorks® ortamında gerçekleştirilmiştir. Tasarımı biten robot gövdesi parçaları 3D yazıcı Creality® Ender3 V2 sayesinde imalatı gerçekleştirilmiştir. Parçalar bağlayıcı elemanlar yardımı ile birbirine montajı gerçekleştirilmiştir.



(a)

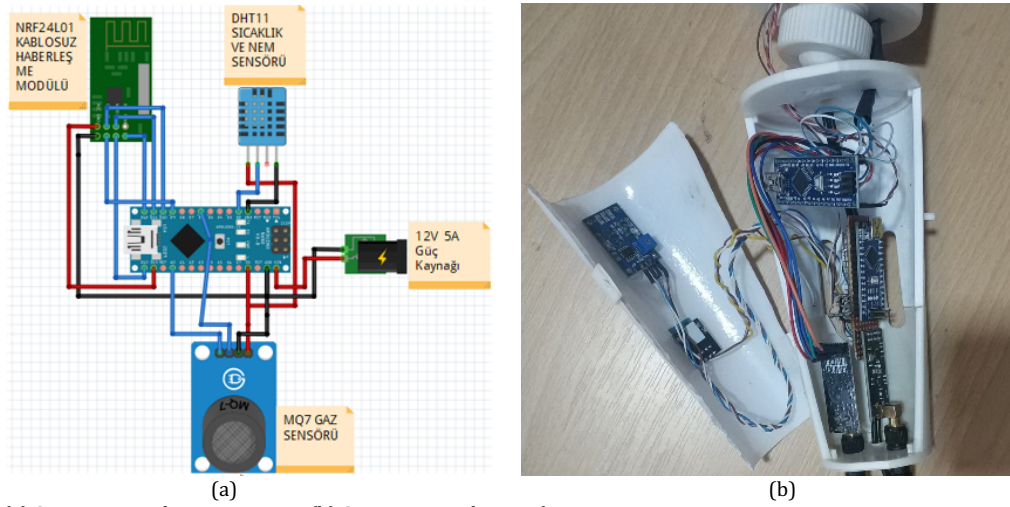


(b)

Şekil 1. a) Robot üç boyutlu tasarımı, (b) Robot üst görünümü ((a)Robot three-dimensional design, (b) Robot top view)

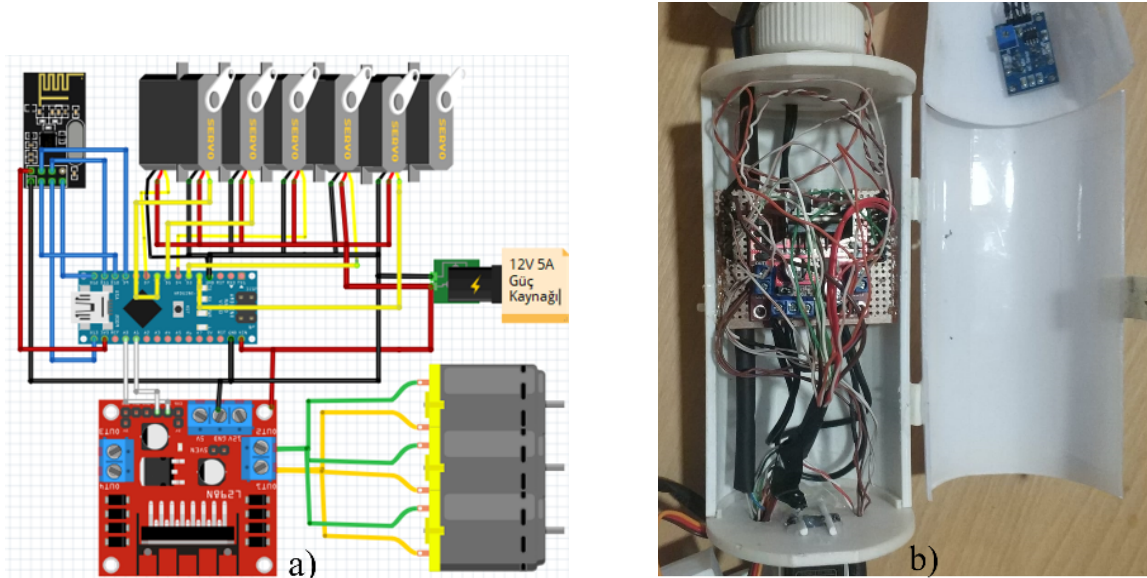
Şekil 1’de önerilen prototipin üç boyutlu tasarımı ve üst görünümü verilmiştir. Robot 20 cm’ye kadar kolaylıkla tırmanabilmektedir. Robot zeminden 2,5 cm yüksekte bulunmaktadır. DC motoru modülün iç zeminine yerleştirmek için uygun bir motor yuvası tasarlanmıştır. Gövdenin arka ve önüne eklenen kapaklar sayesinde robot zemine paralel bir şekilde hareket edebilmektedir.

Şekil 2’de sensörlerin verici devresinde kullanılan Arduino Nano ve NRF24L01+PA kodlu anten, Dht11 modeli sıcaklık ve nem sensörü ile Mq7 modelli gaz sensörü, verici devre tasarımına göre bağlanmıştır. Şekil 2b’de görüldüğü gibi prototip gövdesine yerleştirilmiştir.



Şekil 2. (a) Sensör verici devresi tasarımı (b) Sensör verici devresi ((a)Sensor transmitter circuit design, (b) Sensor transmitter circuit)

Şekil 3’de Arduino, NRF24L01, DC motor sürücü, DC ve servo motorlar bağlantı tasarımı verilmiştir. Modüller üzerinde bulunan servo motorlar, DC motorlar, alıcı ve verici devresinin bağlantı kabloları gövde üzerindeki boşluklardan geçirilerek plakete lehimlenmiştir. Enerji beslemesi için kullanılan 12 volt DC güç kaynağı bir kablo yardımı ile delikli plaket üzerine lehimlenen pinlere bağlanarak sisteme güç verilmiştir. Motor sürücü bu plaket üzerine yerleştirilip gövdeye sabitlenmiştir.

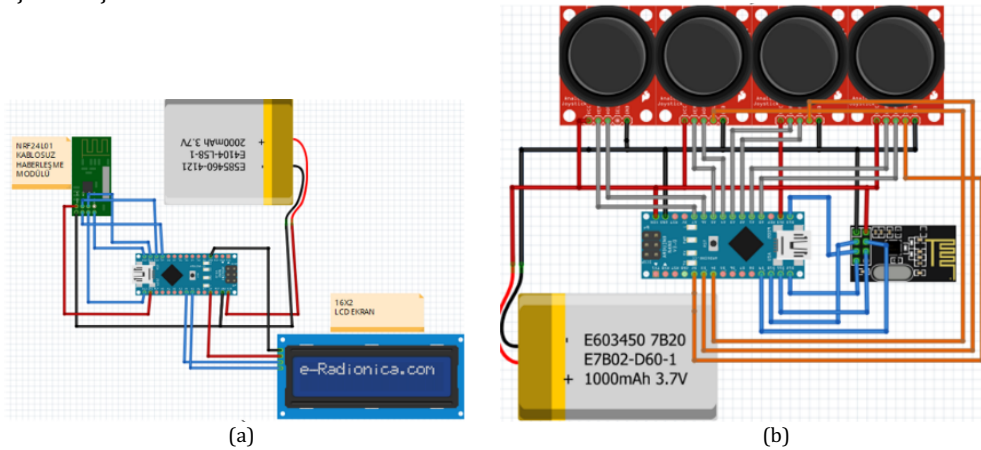


Şekil 3. (a) Kontrol alıcı devresi tasarımı (b) Robot güç bağlantısı ((a) Control receiver circuit design, (b) Robot power connection)

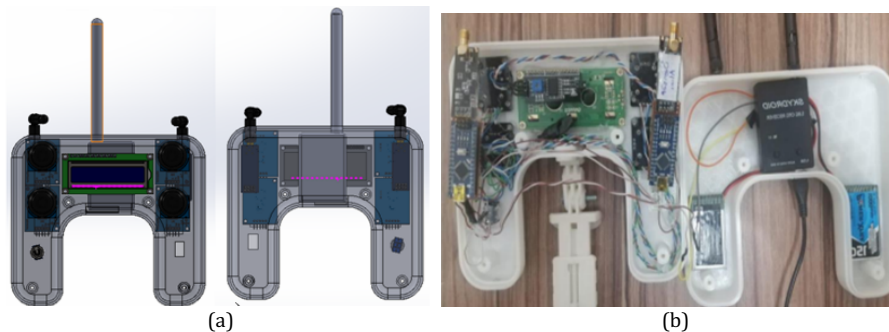
2.2. Kumanda tasarımı ve imalatı (Control Design and Manufacturing)

Şekil 4'de verilen sensör alıcı devresi, Arduino Nano, NRF24L01+PA, LCD ekran, pil ve kablo bağlantılarından oluşmaktadır. Kontrol verici devresi ise Arduino Nano, NRF24L01+PA, kontrol kolları ve lipo pilden oluşmaktadır. Ayrıca kablo bağlantıları tasarımda gösterilmiştir.

Şekil 5'deki kumandanın alt, üst ve telefon tutucusu üç boyutlu tasarımı ve montajı bulunmaktadır. Alt ve üst kapak birbirine sıkı geçme bağlantısıyla birleştirilmiştir. Ayrıca birbirine daha sağlam bir şekilde geçmesi ve sökülebilir olması için dört adet vida deliklerinden birbirlerine sabitlenmiştir. Üst kapağa telefonu sabitlemek için bir telefon tutucu yerleştirilmiştir. Tasarıma göre elektrik bağlantıları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4. (a) Sensör alıcı devresi tasarımı (b) Kontrol verici devresi tasarımı ((a) Sensor receiver circuit design, (b) Control transmitter circuit design)



Şekil 5. a) Kumanda üç boyutlu tasarımı (b) Kumanda elektrik devresi montajı ((a) Control three-dimensional design, (b) control circuit assembly)

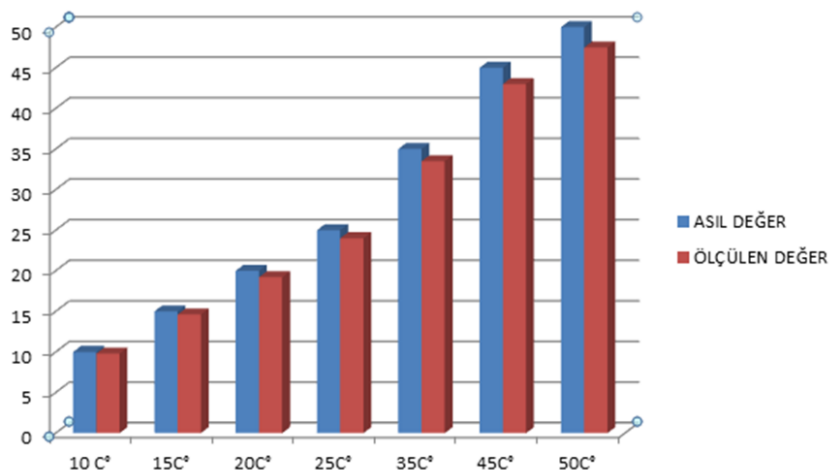
3. Bulgular ve Tartışma (Findings and Discussion)

Kumanda, robot, katı model tasarımı ve gövde montajı Solidworks® ortamında, elektronik bağlantıları ise Fritzing® programında tamamlanarak son kontrolleri yapılmıştır. Kumanda üzerinde bulunan kontrol verici devresi ve robot üzerinde bulunan kontrol alıcı devresi Arduino içerisinde bulunan Arduino IDE ile yazılan kodlarla RF bağlantısı sağlanmıştır. Bu bağlantıyla kapalı alanda 20 metreye kadar, açık alanda ise 80 metreye kadar haberleşme yapılabilir. Kumanda üzerinde bulunan kontrol kolları ile robot eklemelerinde bulunan servo motorların kontrolü test edilmiştir. Servo motorlar kumandadan gelen hareket komutuna sivrulmaması için 1,5 saniyede tepki vermektedir. Motorların yaptığı her bir derecelik açı arasındaki süre farkı 0,05 saniyedir. Eklemler birbirlerine temas etmemeleri için motorlar sıfır konumundan itibaren sağa, sola, yukarı ve aşağı yönlerdeki yaptığı açı 70°'dir. Modüller arasında dört hareketli eklem bulunmaktadır. Birinci eklemdaki motorların hareketi üzerindeki yük ile istenilen şekilde gerçekleştirebilmektedir. İkinci eklemdaki servo motorlar sağa sola dönüşü istenilen şekilde gerçekleştirilebilir. Birinci eklemdaki motorların hareketiyle bu eksiklik giderilebilmektedir. Üçüncü eklemdaki motorlar sağa ve sola dönüş hareketini gerçekleştirebilirken; yukarı-aşağı hareketini ağırlıktan dolayı istenilen şekilde gerçekleştirememektedir. Birinci ve ikinci modüllerin konumuna göre yukarı aşağı hareketinde istenilen şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Robot 20 cm yüksekliğindeki engele çıkabilmekte ve 20 cm yüksekliklerden inebilmektedir. Robot gövdesinde bulunan DC motorlar kumandadan gelen ileri ve geri bildiriyle istenilen şekilde hareket edebilmektedir. Kumanda üzerinden gelen komut 1,5 saniye gecikmeli olarak motorlara iletilmektedir. Bu yüzden hassas bir hız kontrolü yapılamamaktadır. DC motorların devirleri yüksek olduğundan robot hızlı bir şekilde ileri geri hareketi yapmaktadır. Robot düz zeminde istenilen şekilde ilerleyebilmektedir. Pürüzlü ve engebeli alanlarda tekerlek boyundan dolayı hedeflenen hıza ulaşamamaktadır.

Kumanda sensör alıcı, robot sensör verici, elektrik bağlantısı, gövde montajı Fritzing® programında tamamlanarak düzgün çalıştığı kontrol edilmiştir. Sensör alıcı ve verici devresi Arduino Nano içerisinde bulunan kodlar ile RF bağlantısı yapması başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Robot kuyruk modülü üst kapağına montajı yapılan Dht11 nem ve sıcaklık sensörüyle Mq7 gaz sensörü Arduino yardımıyla bilgisayara bağlanarak seri port ekranından okunan değerler gözlemlenmiştir. Sensörlere, sıcaklık ve gaz uygulanarak ölçümlerin doğru bir şekilde yapıldığı test edilmiştir. Bu veriler kumanda üzerindeki alıcıya iletilmiştir. Alıcı üzerindeki LCD ekrandan sensör verileri başarılı bir şekilde okunmuştur. Robot üzerinden gelen sensör değerlerinin LCD ekrana 5 saniye gecikmeli olarak geldiği tespit edilmiştir. Robot üzerinde bulunan gaz sensörüne gaz uygulandığında gaz değeri 200 ppm'i geçtiğinde LCD ekran üzerinde "Yüksek gaz değeri" olarak uyarı vermektedir ve gaz değeri normale geldiğinde bu uyarı silinmiştir. Sensörlerin çalışma aralıkları Tablo 2'de verilmiştir. Şekil 6'da Dht11 sensörünün gerçek ve ölçülen sıcaklık değerleri verilmiştir.

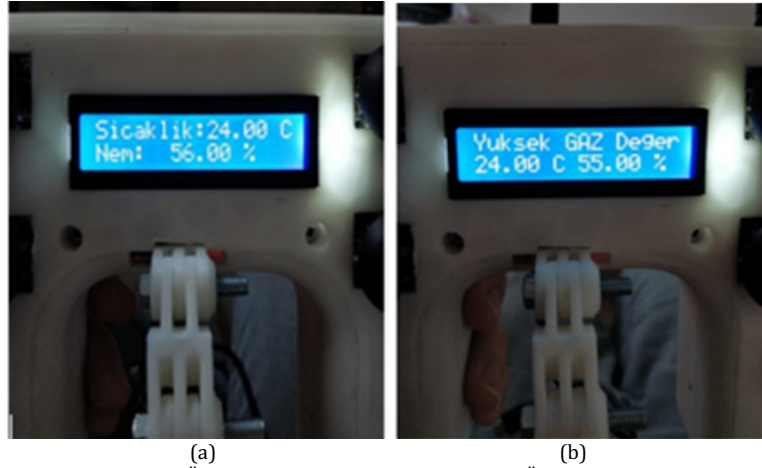
Tablo 2. Kullanılan sensörlerin minimum ve maksimum ölçüm aralığı
(The minimum and maximum measuring range of the sensors used)

Sensör Adı	Minimum	Maksimum
Dht11	-40 °C	125 °C
Mq7	10 ppm	10.000 ppm



Şekil 6. Dht11 sensörünün gerçek ve ölçülen sıcaklık değerleri (Actual and measured temperature values of Dht11 sensor)

FPV kamera üzerinde bulunan verici, kumanda üzerinde bulunan kamera alıcısıyla sağlıklı bir bağlantı sağlamıştır. Kameradan gelen görüntüler kumanda üzerinde bulunan telefona iletilmiştir. Kameradan gelen görüntü kapalı alanda 25 metreye kadar, açık alanda ise 100 metreye kadar iletilmektedir. Kamera beslemesi ana sistemden bağımsız olarak 3,4 volt lipo pille sağlanmaktadır. Karanlık ortamlarda kameranın görüntü olması modül önünde bulunan ledlerle sağlanmaktadır. Bu ledler sayesinde karanlıkta 3 metreye kadar görüş mesafesi sağlanabilmektedir.



Şekil 7. (a) Ölçülen sıcaklık ve nem değerleri (b) Ölçülen gaz değeri
(a) Measured temperature and humidity values, (b) Measured gas value)



Şekil 8. Kumanda kamera görüntüsü (Remote camera view)

4. Sonuç (Result)

Ülkemizde deprem gibi doğal afetler kaçınılmaz bir gerçektir. Her gün gelişmekte olan teknolojiyle arama kurtarma ve keşif robotları sayesinde göçük altında kalan canlıların yerini tespit etmek ve kurtarmak daha kolay hale gelmektedir. Bu çalışmada, dört eklemlerli RF kontrollü bir sürüngen keşif robot prototipi tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Robotun istenilen hareketleri ve veri alış-verişinin sağlanması Arduino yazılımıyla gerçekleştirilmiştir. Bu robotun kontrolü için robota özgü bir kumanda tasarlanmıştır. İlerleyen çalışmalarda önerilen prototip geliştirilerek, deprem sonrası enkaz çalışmalarında kullanılması hedeflenmektedir. Bununla birlikte önerilen bu prototip, eklemli imalat teknolojisi kullanılarak PLA malzemeden 3D yazıcıyla üretildiği için enkaz altındaki zor koşullara dayanıklı değildir. Fakat tasarım açık ve engebeli arazide test edilmiştir ve farklı tür zeminlerde manevra ve ilerleme kabiliyetinde herhangi bir olumsuzlukla karşılaşmamıştır. Aynı zamanda prototip ve kumanda bulunan alıcı-vericilerin haberleşmesi, kapalı alanlarda bulunan engeller için de test edilmiştir.

Teşekkür (Acknowledgment)

Bu çalışma, 1919B012003402 nolu 2209-A projesi altında TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Ayrıca, TÜBİTAK-2242 üniversite öğrencileri araştırma proje yarışmalarında "Sosyal Yenilikçilik ve Girişimcilik" kategorisinde ikincilik ödülünü kazanmıştır. Bu çalışmanın ortaya çıkmasında verdiği destekten ötürü TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar (References)

- [1] G. Gürgüze ve İ. Türkoğlu, "Robot sistemlerinde kullanılan algoritmalar," *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, cilt 8, sayı 1, ss. 17-31, Haziran 2019. Doi:
- [2] A. Çakır, L. Karaca ve M. Özkul, "RF kontrollü araştırma ve inceleme robotu," *Anka E-Dergi*, cilt 2, sayı 1, ss. 13-25, Kasım 2017. Doi:
- [3] D. Rollinson, Y. Bilgen, B. Brown, F. Enner, S. Ford, C. Layton, and H. Choset, "Design and architecture of a series elastic snake robot," *2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS 2014, Chicago, Illinois, September 14-18, 2014 USA*, pp. 4630-4636.
- [4] İ. Şahin ve M. Yalvaç, "Myrobot: Kablosuz kontrol edilebilen mobil araştırma robotu," *Education Sciences*, cilt 7, sayı 1, ss. 340-347, Şubat 2012. Doi:
- [5] C. Wright, A. Buchan, B. Brown, J. Geist, M. Schwerin, D. Rollinson, and H. Choset, "Design and architecture of the unified modular snake robot," in *2012 IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2012, St. Paul, Minnesota, USA, May 14-18, 2012*, pp. 4347-4354.
- [6] A. Kılıçarslan, "Yılan tipi hareket mekanizması ve hareket kontrolü," M.Sc. Thesis, İstanbul Technical Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2005.
- [7] E. Kuzu, "Kablosuz kontrol edilebilen mobil keşif ve müdahale robotu," M.Sc. Thesis, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, Türkiye, 2016.
- [8] H. K. Sürmen, "Eklemeli imalat (3B baskı): Teknolojiler ve uygulamalar," *Uludağ University Journal of the Faculty of Engineering*, cilt 24, sayı 2, ss. 373-392, Ağustos 2019, doi:10.17482/uumfd.519147
- [9] E. T. Efaz, M. M. Mowlee, J. Jabin, I. Khan, and M. R. Islam, "Modeling of a high-speed and cost-effective FPV quadcopter for surveillance," in *The 23rd International Conference on Computer and Information Technology, ICCIT 2020, Dhaka, Bangladesh, December 19-21, 2020*, pp. 1-6.
- [10] A. Raj and V. Venkatesh, "Implementation of wireless sensor network with low cost and low power using Arduino and nRF24L01," *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, vol. 119, no. 18, pp. 2095-2103, June 2018.
- [11] "6 Kanallı Uzaktan Kumanda Nasıl Yapılır," rcpno.net, Sept. 04, 2020 [Online]. Available: <https://www.rcpano.net/2020/04/09/6-kanalli-uzaktan-kumanda-nasil-yapilir-diy-rc/>. [Accessed: Oct. 05, 2021].
- [12] T. Soytepe, "Arduino ile Nrf24l01 Kullanarak Kontrol Kolu ile Servo Kontrolü," donanimplus.com, Apr. 15, 2019. [Online]. Available: <https://donanimplus.com/arduino-ile-nrf24l01-kullanarak-joystick-ile-servo-kontrolu/>. [Accessed: Oct. 10, 2021].
- [13] A. C. Gheorghie and C. I. Stoica "Wireless weather station using arduino mega and arduino nano" *The Scientific Bulletin of Electrical Engineering Faculty*, vol. 21, no.1, pp. 35-38, May 2021, doi:10.2478/sbeef-2021-0008

This is an open access article under the CC-BY license

