



EGE Puzzles

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Afet Yönetimi

PROJE ADI: ENKAZ ALTINDAKİ BİREYLERE ULAŞMAYI VE İLETİŞİM KURMAYI SAĞLAYAN AKILLI ENKAZ ROBOTU

TAKIM ADI: EGE Puzzles

Başvuru ID: #72392

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite

İçindekiler

Proje özeti.....	2
Problem/Sorun.....	2
Çözüm.....	3
Yöntem.....	4
Yenilikçi Yönü.....	7
Uygulanabilirlik.....	8
Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	8
Riskler.....	9
Kaynakça.....	10

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Ülkemizde meydana gelen en can kaybına yol açan ve sarsıcı doğal afetlerden birisi depremdir. Deprem sonrasında yapılan operasyonlarda enkaz bölgesinin barındırdığı yüksek tehlike sebebiyle gerçekleştirilen kurtarma operasyonlarının istenilen başarı düzeyinde olmaması, yaşanan can kayıplarını arttırmaktadır. Kurtarma operasyonunda kullanılan geleneksel çözümler yetersiz kalmaktadır. Robotumuz, barındırdığı çeşitli teknolojiler ve inovatif tasarımıyla can kayıplarını en aza indirmeyi hedeflemektedir. Uzaktan kumanda ile kontrol edilen enkaz robotu, arama kurtarma personelinin ulaşamadığı veya çökme, patlama vb. gibi riskli olan durumlarda enkaz altında keşif ve tespit işlemlerini gerçekleştirmek için tasarlanmıştır. Robotumuz enkaz altında bulunan kazazedeleri, barındırdığı sensörler, ekipmanlar ve doğadan esinlenen üstün tasarımıyla en kısa sürede tespit etmeyi hedeflemektedir.

Projemizin elektronik tasarımında:

Enkaz alanından esp32cam kullanılarak Wi-Fi aracılığıyla yer istasyonuna anlık görüntü sağlanmaktadır. Kullanılan sensör ve power led komponentleri de daha sağlıklı görüntü alma ve enkaz altındaki durumla ilgili veri toplamayı sağlar. Son olarak yerleştirilen ses dedektörlerinin ise kullanmış olduğumuz algoritma sayesinde robotun herhangi bir yaşam kaynağına ulaşma ihtimalini artırması hedeflenmektedir.

Projemizin mekanik tasarımı ve montajında:

Enkaz altında fazlasıyla engebeli ve dar bir alan olduğundan dolayı, robotumuzun tasarımı bu zorlu koşullar dikkate alınarak tasarlanmıştır. Dar alanda rahatlıkla hareket edebilecek 8 tekerlekli bir yapı tasarlanmıştır. Tasarlanan bu örümceğimsi yapı, doğadan esinlenilmiştir. Robotta kullanılacak malzeme; maliyet, dayanım ve yoğunluk gibi mekanik özellikler gözeticilerle seçilmiştir.

Projemizin yazılımında:

İnsan tenini algılayan algoritma sayesinde istasyon ekibinin gözden kaçırabileceği durumlara karşı önlem alınmış ve daha çok hayata ulaşmak amaçlanmıştır. Kod ekibimizce düzenlenmiş olup esp32 cam modülüne entegre edilmiştir. Kullanılan algoriatma görsel üzerinde insan tenini algıyabiliyor. Veri olarak da robotumuz da kullanılan esp32 cam modülünün çektiği fotoğraflar kaydedilip algoritma için yeterli veri deposu oluşturulacaktır.

Video üzerinde hasar oranı robotumuzda deprem sonrası girilen binaların hasar oranını karşılaştırıp değerli veriler elde etmek amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan kodda uygun bir veri seti oluşturulup model.h5 olarak kaydedilecek daha sonrasında modele veri seti olarak yüklenip kullanılacaktır.



1. Problem/Sorun:

Türkiye deprem kuşağı bir coğrafyada yer almaktadır. Nerdeyse her yıl deprem olmakla birlikte, can ve mal kayıpları da yapılan ihmaller dolayısıyla artmaktadır. Sadece 2020 yılında İzmir ve Elazığ'da gerçekleşen yaklaşık 6.6 büyüklüğündeki depremlerde 157 kişi enkaz altında kalarak hayatını kaybetmiştir. Deprem sonrasında oluşan enkazlarda, uygulanan yöntemlerin yetersiz olması nedeniyle birçok can kaybı yaşanmaktadır. Enkaz altında kalan insanlar için ilk 48 saat büyük bir önem taşırken bu süreyi en verimli şekilde kullanmak ilk hedef olmalıdır.

Geleneksel arama kurtarma çalışmalarında birçok problem gözümüze çarpmaktadır. Enkaz altında arama kurtarma ekiplerinin faal olarak çalışması fazlasıyla tehlikeli bir durumdur. Enkaz altında olası çökme, göçük gibi olumsuz durumlar hayati bir risk taşımaktadır.

Teknolojideki gelişmeler ile birlikte robotlar, acil durumlarda insanlara yardımcı olmada son yıllarda giderek artan bir şekilde kullanılmaktadır. Fakat ülkemizde ne yazık ki arama kurtarma robotları aktif olarak kullanılmamaktadır. Bu sebepten dolayı şu ana kadarki varolan çözümler yetersiz kalmaktadır. Çağımızın yapay zeka, gelişmiş sensör sistemleri gibi gelişmiş teknolojik yapılar kullanılmadığı için enkaz altındaki bireylere ulaşma hızımız oldukça düşüktür. Yerli ve milli kaygı güderek üreteceğimiz enkaz robotumuz, ülkemizde yaşanan can kayıplarını minimuma indireyecektir.

2. Çözüm

Projemiz için belirlediğimiz problem doğal afetler sonucunda oluşan enkaz altında kalan insanları ve canlıları daha kolay tespit ederek onlara hızlıca ulaşabilmektir. Bu nedenden dolayı enkazların içinde dar alanlarda rahatlıkla hareket edecek bir cihaz tasarlandı. İnce, görece uzun bir gövde ve gövdeyi taşıyacak uzuvlar modellendi. Araç ilerlerken üzerine denk gelebilecek blokların altında rahatlıkla ilerleyebilmesi adına itkiyi ve ilerlemeyi sağlayan dört tekerleğe ek

olarak üst kısmına da dört tekerlek eklendi. Örümceğimsi bir yapı oluşturuldu. Bu yapı doğadan esinlenilmiş olup dar alanlarda hareket edebilme problemine bir çözüm olarak tasarlandı. Enkaz altında fazlasıyla engebeli ve robot için zorlu koşullar bulunmaktadır. Kullanılacak malzemenin darbe dayanımı ve mukavemetinin yüksek, aynı zamanda kırılğan olmaması gerekmektedir. Robotun ağırlığı büyük önem arz etmekte olup, malzemenin yoğunluğu çok önemli bir kıstas haline gelmektedir. Ve tabii ki maliyet açısından uygulanabilir, ve ayrıca işlenebilir olmalıdır. Ve en önemlisi, kullanılacak malzeme doğaya zarar vermemelidir. Bu gibi problemler göz önüne alındığında, doğa dostu bir biyopolimer olan “STH Filament” robotta kullanılmak üzere kararlaştırıldı. STH Filament kullanılması, yaşanabilecek problemleri en yüksek oranda çözüme kavuşturan en optimal çözümdür.

Elektronik tasarımında robotun enkaz alanındaki ihtiyaçları göz önünde tutularak, kazazedelerle ilgili bilgiye en basit ve sağlıklı yoldan ulaşmayı sağlayacak komponentler seçildi. Seçilen komponentler ve seçilme nedenleri şu şekilde sıralandı:

1) ARDUNIO MEGA:

Atmega2560 temelli bir mikrodenetleyici kartıdır. Üzerinde 54 adet dijital giriş/çıkış pini (15 tanesi PWM çıkışı olarak kullanılabilir), 16 analog giriş, 4 UART, 16Mhz kristal, USB soketi, güç soketi, ICSP konektörü ve reset tuşu bulundurmaktadır. Kolayca USB kablosu üzerinden bilgisayara bağlanabilir, adaptör veya pil ile çalıştırılabilir ve pin sayısının fazla oluşu robot üzerinde yapılan işlemlerde kolaylık sağlamaktadır.

2) ESP32-CAM WiFi Bluetooth Geliştirme Kartı + OV2640 Kamera Modül

ESP 32-CAM, ESP2 WİFİ Bluetooth geliştirme kartı ve OV2640 kamera modülünü bir arada kullanabileceğiniz bir modüldür. En bariz avantajları ise düşük fiyatı ve üzerinde bulunan MicroSD kart girişi sayesinde çekilen görüntüleri kaydedebilmesidir. Robotumuz bu kamera modülü sayesinde yer istasyonumuza WiFi aracılığıyla anlık görüntü sağlayacak ve alınan görüntü istasyon ekibi tarafından anlık takip edilirken hasar raporu için veri oluşturacaktır.

3) HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü

Herhangi bir fiziksel temas söz konusu olmadan robotun ilerlerken yolu üzerinde bir nesnenin yakınlığını belirlemek için Hc-Sr04 ultrasonik mesafe sensörü seçildi. Hc-Sr04 ultrasonik mesafe sensörü 4 metreye kadar uzaklıkları ölçebilme yetisine sahiptir ve ses dalgalarının gidip gelme süresini ölçerek mesafeyi ölçme prensibi ile çalışır. Bunun dışında atmosferik toz, yağmur vb. koşullardan etkilenmemesi de robotumuz için uygun bir seçim olmuştur.

4) Yanıcı Gaz ve Sigara Dumanı Sensör Kartı - MQ-2

Deprem bölgesinde yapılan çalışmalarda hem afet ekibi hem de depremzedeler için hayati tehlike oluşturabilecek patlayıcı ve yanıcı gazların bulunma ihtimaline karşı hem kullanımı basit olması hem de ekonomik olması sebebiyle MQ-2 yanıcı gaz sensörü kullanıldı.

5) L298 DC ve Step Motor Sürücü Modülü

Birbirinden bağımsız olarak iki ayrı motoru kontrol edebilmesi, kanal başına 2A akım verebilmesi ve yüksek sıcaklık ve kısa devre koruması olması sebebiyle kullanılmıştır. Motor dönüş yönüne göre yanan ledlere sahip olması ve üzerinde dâhili regülatörü olması robotumuz açısından ciddi avantajlardır.

6) Wireless NRF24L01 2.4 GHz Transceiver Modül

Nordic firmasınca geliştirilen NRF24L01 kablosuz modül, 2.4GHz frekansında kablosuz haberleşme yapmanıza imkan sağlar, 2MBps haberleşme hızına sahip olup, SPI arabirimini destekler. Düşük güç tüketimine sahip olması da başlıca seçilme sebeplerinden biridir.

7) Arduino Uart NEO-6M Gps Modülü

NEO-6 modül serisi, yüksek performanslı u-blox 6 özelliğine sahip bağımsız bir GPS alıcı modülleridir. Bu modülün çok sayıda bağlantı seçeneği ile 50 kanallı u-blox 6 konumlandırma motoruyla, 1 saniyenin altında İlk Düzeltme Süresi (TTFF) imkanı sunması ve 2 milyon ilişkilendiriciye sahip olmasıyla çok büyük paralel zaman / frekans alanı aramaları yapabilir.

8) Lm35

LM35 sensör, -55 ile +150 sıcaklık değerleri arasında sıcaklık ölçümü yapabilmektedir. Robotumuzun bulunduğu ortamla ilgili sıcaklık verilerini basit bir şekilde dijital ortama aktarabilmesi, kullanılan komponentlerin sağlıklı çalışmasını sağlamak ve kazazedelerin durumunun değerlendirilmesi açısından pratiktir.

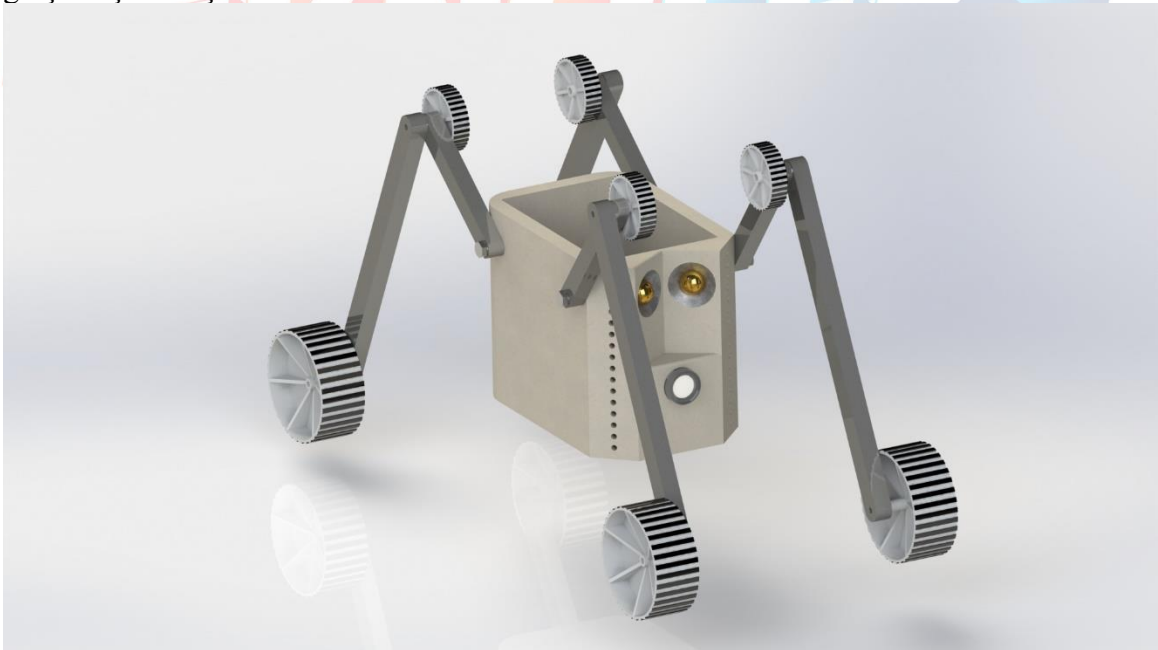
9) SparkFun Sound Detector

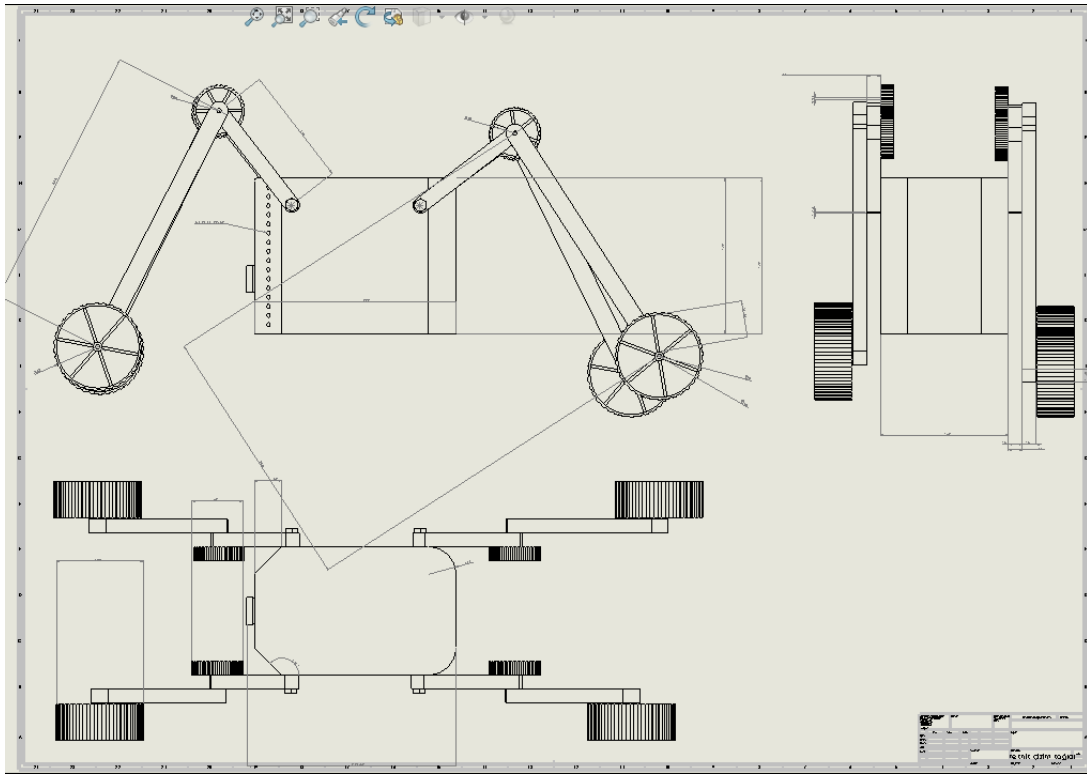
SparkFun Ses Dedektörü, üç farklı çıkışa sahip küçük ve kullanımı çok kolay bir ses algılama kartıdır, yalnızca bir ses çıkışı sağlamakla kalmaz, aynı zamanda sesin varlığının ikili bir göstergesini ve amplitüdünün analog bir temsilini de sağlar. 3 çıkış eşzamanlı ve bağımsızdır, bu özelliği sayesinde de enkaz robotumuzda 3 tane ses dedektörü kullanıldı. Bu 3 ses dedektör robotun farklı taraflarına konumlandırılıp gelen seslerin şiddet oranları karşılaştırılıp robotun enkaz altında bir hareketlilik olabilme ihtimalinin olduğu bölgeye yönlendirilmesi amaçlanmıştır.

3. Yöntem

Robotun dar yerlere girdiği zaman ilerlemeyi zorlaştıran sürtünme kuvveti ile karşı karşıya kalmaması için üst kısmına da dört tekerlek eklendi.

Robotumuzun gövdesinin tasarım ve üretim kolaylığı nedeniyle 3D yazıcı teknolojisi ile üretilmesine karar verildi. Malzeme olarak STH tercih edildi. Yüksek ısıya ve darbeye olan dayanıklılığı, biyopolimer oluşu ile çevreye duyarlı bir malzeme olması ile STH iyi bir tercihtir. Robotumuzun tasarımı ve montajı SolidWorks programı üzerinden gerçekleştirilmiştir.





Projemizin elektronik kısmında ise, ses detektörünün algıladığı sesler analog grafiklerin yardımıyla yer istasyonu ekibi tarafından incelenir. Gelen verilerin daha rahat analiz edilebilmesi adına arduino içerisinde konuyla alakalı C kodu eklenmiştir. Eklenen kod Spark Fun'ın sayfasından alındıktan sonra robotumuza göre derlenmiştir.

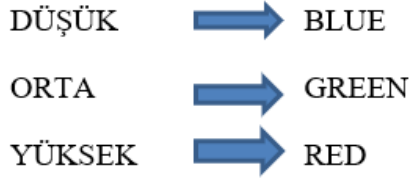
```

1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 //pin variables
4 const int redPin = 5;
5 const int greenPin = 6;
6 const int bluePin = 9;
7 const int soundPin = 0;
8
9 //variables for storing raw sound and scaled value
10 int sound;
11 int scale;
12
13 void setup()
14 {
15     //start the serial port @ 9600bps
16     Serial.begin(9600);
17     //set RGB pins to OUTPUT
18     pinMode(redPin, OUTPUT);
19     pinMode(greenPin, OUTPUT);
20     pinMode(bluePin, OUTPUT);
21 }
22
23 void loop()
24 {
25     //read and store the audio from Envelope pin
26     sound = analogRead(soundPin);
27     //map sound which in a quiet room a clap is 300
28     //from 0 to 3 to be used with switch case
29     scale = map(sound, 0, 500, 0, 2);
30
31     //print values over the serial port for debugging
32     Serial.print(sound);
33     Serial.print(" ");
34     Serial.println(scale);
35
36     //switch case on scaled value
37     switch (scale)
38     {
39         //if 0 RGB = Blue
40         case 0:
41             digitalWrite(redPin, LOW);
42             digitalWrite(greenPin, LOW);
43             digitalWrite(bluePin, HIGH);
44             break;
45         //if 1 RGB = Green
46         case 1:
47             digitalWrite(redPin, LOW);
48             digitalWrite(greenPin, HIGH);
49             digitalWrite(bluePin, HIGH);
50             break;
51         //if 2 RGB = Red
52         case 2:
53             digitalWrite(redPin, HIGH);
54             digitalWrite(greenPin, LOW);
55             digitalWrite(bluePin, LOW);
56             break;
57         //default off
58         default:
59             digitalWrite(redPin, LOW);
60             digitalWrite(greenPin, LOW);
61             digitalWrite(bluePin, LOW);
62             break;
63     }
64 }
65

```

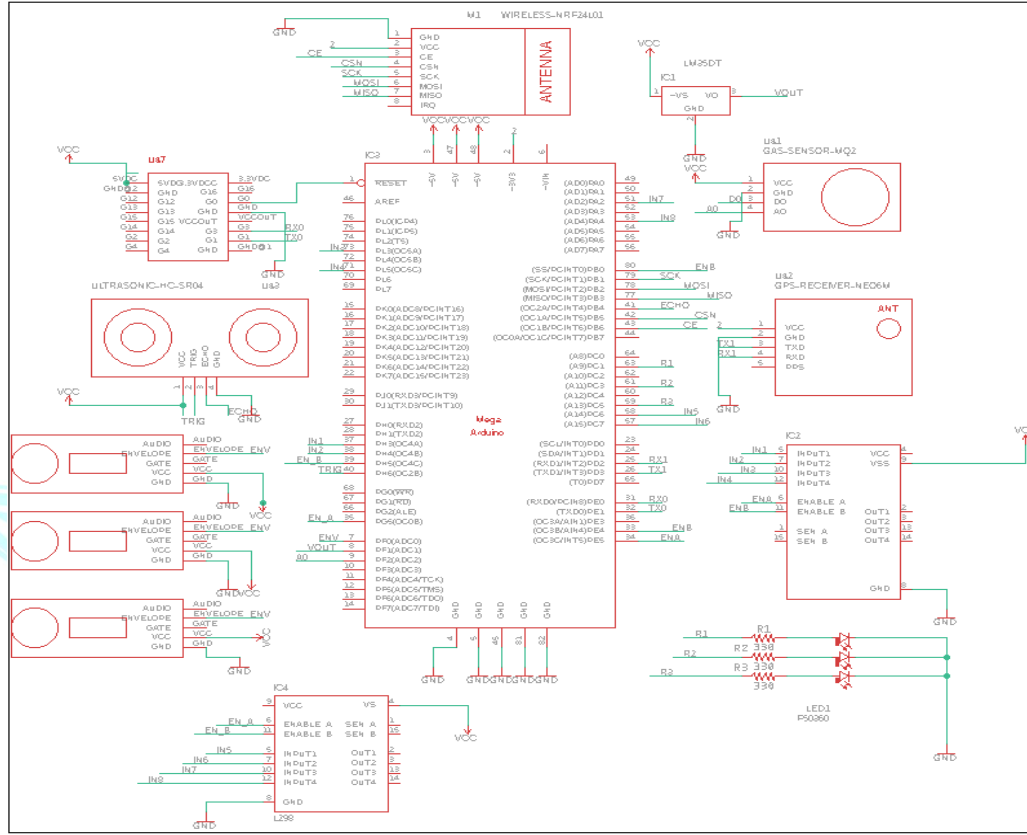
Kodda görüldüğü üzere alınan ses verisi 3'e bölünerek değerlendirilecek. Düşük, orta ve yüksek seslerin karşılığı yanan LED'in renginde anlamlandırılmış olacaktır.

FEST
ROBOT FESTİVALI



Devre tasarımı Eagle programıyla çizilmiştir.

EAGLE Schematic



Sheet Size Description
 Sheet 1 9.034 x 8.573 inch

4. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

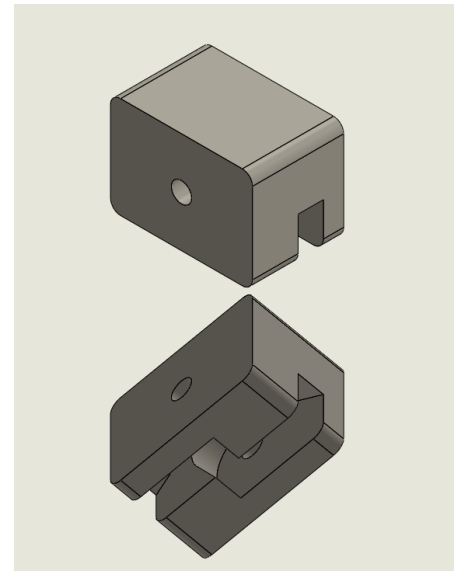
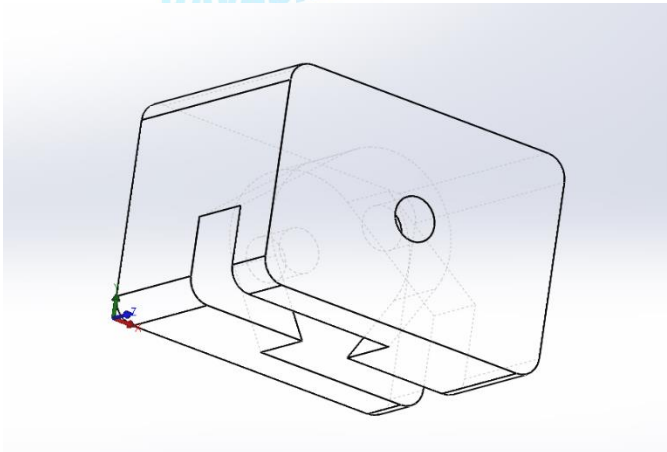
Şu ana kadar tasarlanmış enkaz robotlar için ekibimizle detaylı bir patent araştırması yapılmıştır. (Ulusal veriler Türk Patent ve Marka Kurumu'dan alınmıştır. Uluslararası veriler ise patentlerin veritabanı olarak tutulduğu Google Patents sitesi üzerinden alınmıştır.)

Ulusal (daha önce gerçekleştirilen teknofest rapor çalışmaları da dahil olmak üzere) ve uluslararası yapılan çalışmalarda belirlediğimiz problemler:

1. Yapım maliyetinin fazlalığı.
2. Sadece belirli amaçlara hizmet ettiği için içerisinde çeşitlilik barındırmayan kısıtlı teknolojiler bulunması.
3. Kullanılan malzemenin doğa dostu olmaması ve doğayı kirletmesi.
4. Enkaz altında insan sesini ayırt etmeyi yönelik herhangi bir çalışmanın bulunmaması.
5. Yapılan yerli enkaz robotu çalışmalarında yerli komponentlere gerektiği kadar yer verilmemesi.

Yaptığımız patent araştırması sonucu yapılan belirlediğimiz problemlere yönelik yaptığımız yenilik çalışmaları:

1. Yapım maliyetini azaltmak için uygun maliyetli ve parça üretimi 3D yazıcılarla kolay ve minimum maliyetle yapılabilecek “STH Filament” kullanıldı.
2. Robotumuz birçok misyona hizmet etmektedir. Uzaktan kumanda ile kontrol edilen enkaz robotu, arama kurtarma personelinin ulaşamadığı veya çökme, patlama vb. gibi riskli olan durumlarda enkaz altında keşif ve tespit işlemlerini gerçekleştirir. Robotumuz enkaz altında bulunan kazazedeleri, sahip olduğu termal kamera ve yerli mikrofon tasarımıyla tespit edecektir. Ayrıca enkaz altındaki sesler algılanıp sesin geldiği yönü tespit edilebilmesi için 3 farklı noktaya mikrofon yerleştirildi ve ses detektörünün algıladığı sesler analog grafiklerin yardımıyla yer istasyonu ekibi tarafından incelenerek ses kaynağına varılması hedeflendi. Enkaz altında haberleşme ve konum takibi için GPS kullanıldı ve yer istasyonumuz olan bilgisayara aktarılacak kamera verisi wifi üzerinden gerçekleştirildi. Ek olarak gaz kaçaqları ve sıkışma durumlarını kullanılan yanıcı gaz sensörü ile önceden belirleyerek olası patlama ve zehirlenmelerin önüne geçilmiştir.
3. Robotumuzda kullanılan STH Filament, bir biyopolimer olup aynı zamanda doğa dostu bir özelliğe sahiptir, doğaya diğer malzemeler gibi zarar vermemektedir.
4. Enkaz altındaki sesleri algılamak ve sesin geldiği yönü tespit edilebilmesi için 3 farklı noktaya mikrofon yerleştirildi ve ses detektörünün algıladığı sesler analog grafiklerin yardımıyla yer istasyonu ekibi tarafından incelenerek kazazedeye minimum süre içerisinde varılması hedeflendi. Bu tasarım tamamen yerli olup ekibimizce gerçekleştirilmiştir.
5. Robotumuzun ayak kısımlarının yalnızca belirli bir açıyla ve istediğimiz dönebilmesini sağlayan bir eklem görevi üstlenen özgün ve yerli bir parça ekibimizce tasarlanmıştır. Ayrıca tasarımı hareketi istediğimiz yönde ve açıda kısıtladığı için dar alanlardan daha kolay geçebilmeyi sağlamakta, aynı zamanda bir yay gibi görev yapmaktadır. Bu parçanın iç tasarımındaki dönme açısı ve ayakların daha fazla dönmemesini sağlayan kısıtlayıcı parça detaylı ölçümler yapılarak en uygun şekilde hesaplanmıştır. Parça, iç çarpışmayı önlemek için 110 derece dönebilmesine olanak tanır.



5. Uygulanabilirlik

Geliştirilecek yerli ve milli arama kurtarma robotu muadillerine göre düşük maliyetli, üretimi kolay, kullanımı basit ve gerekli durumlarda gözden çıkarılabilir olacağından fazladan bir hazırlık gerektirmeden sahada doğrudan kullanılabilir olacaktır. Fonksiyonel testlerinin başarıyla tamamlanmasının ardından AFAD gibi bir arama kurtarma ekibine doğrudan test ettirilmesi planlanmaktadır. Saha testleri sonucunda olası iyileştirmelerden sonra arama kurtarma ekibinden onay alması halinde doğrudan ekibin envanterine katılabilecek ve bir operasyonda kullanılabilir olacaktır. (2020, İnsanlık Yararına Teknoloji Yarışması, Afet Yönetimi, YTU Sar Takımı)

6. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tahmini Maliyet Raporu:

Malzeme Adı	Fiyat
Şasi	1120 ₺
Enkoderli Redüktörlü DC Motor	1424 ₺
Off-Road Tekerlekx8	486 ₺
DC Motor Sürücü	283 ₺
Li-Po Pil	595 ₺
Mikrodenetleyici Kartı ve Kontrolcü Kartı	766 ₺
Kamera ve Termal Kamera Modülü	1285 ₺
Kablosuz USB Adaptör	196 ₺
Sensörler	138 ₺
Hoparlör ve Mikrofon	119 ₺
Voltaj Regülatörü	58 ₺
RF Kumanda	480 ₺
Diğer Mekanik ve Elektronik Komponentler	623 ₺
Toplam	7573 ₺

Proje Zaman Planlaması:

GÖREVLER	1. HAFTA	2. HAFTA	3. HAFTA	4. HAFTA
MALZEMELERİN TEMİNİ	[Bar chart showing progress across 4 weeks]			
PROTOTİP TASARIMI	[Bar chart showing progress across 4 weeks]			
PROTOTİP ÜRETİMİ	[Bar chart showing progress across 4 weeks]			
TESTLERİN YAPILMASI, SORUNLARIN DÜZELTİLMESİ	[Bar chart showing progress across 4 weeks]			

7. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):

Enkaz robotumuzun hedef kitlesi, deprem ve yıkılmalar sonucu enkaz altında kalan canlıları kurtarmakla görevli kurum ve kuruluşlardır (AFAD, JAK, UMKE, ve Diğer Arama Kurtarma ile Görevli Sivil Toplum Kuruluşları).

8. Riskler

No	Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	Sensörler, kameralar veya bazı bileşenler zarar görebilir.	Tasarım aşamasında gerekli koruyucu önlemler alınacak.
2	Montaj esnasında malzemenin istenilen ölçüleri birebir sağlamaması sonucunda montajlanamama.	Malzemeyi istenilen hale getirilmesi için gerekli ekipmanlar hazırda tutulacak. Gereken işlem uygulanacak.
3	Proje bütçesi, malzeme alımı için yeterli olmayabilir.	Destek için sponsor firmalara başvurulmalı.
4	İş-zaman planında aksaklıkların meydana gelmesi	Günlük kısa toplantılarla aksamaların meydana gelmeden önlenmesi

Düşük	Test ve analizlerin sonuçları ile yapılan hesapların uyusmaması	İş-zaman planında aksaklıkların meydana gelmesi
Orta	Proje bütçesi, malzeme alımı için yeterli olmayabilir.	Sensörler, kameralar veya bazı bileşenler zarar görebilir.
Yüksek	Robot üzerine enkaz kalıntısının düşmesi ve bu sebeple sıkışması.	Robot kullanılamaz hale gelebilir.

9. Kaynaklar

- [1]Uzuntaş, F., & ÖZÇAKAR, N. (2010). Proje Yönetiminde Risk Analizi (Doctoral dissertation, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- [2]Ulusoy, G., Altuğ Fayda, S. N., & İyigün Meydanlı, İ. (2012). Ar-ge projeleri için proje sonrası analiz ve risk yönetimi süreçleri.
- [3]Murphy, R. R., Kravitz, J., Stover, S. L., Shoureshi, R. 2009. Mobile robots in mine rescue and recovery. IEEE Robotics & Automation Magazine, 16(2): 91-103.
- [4]Murphy, R.R., Tadokoro, S., Kleiner, A. 2016. Disaster Robotics. In: Siciliano B., Khatib O. (eds) Springer Handbook of Robotics. Springer Handbooks. Springer, Cham
- [5]Osuka, K., Kitajima, H. 2003. Development of mobile inspection robot for rescue activities: MOIRA, Proceedings 2003 IEEE/RSJ, International Conference on Intelligent Robots and Systems, Las Vegas, NV, ABD ss.27-31.
- [6]Özen, F. 2017. Afetlerde robotların kullanımı. TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi Yayınları.
- [7]Yılmaz, G., Yıldırım, S.D. 2020. Afetlerde kentsel arama ve kurtarmada kullanılan yöntemler ve güncel yaklaşımların değerlendirilmesi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 6(1): 1-13.