

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE KATEGORİSİ: Afet Yönetimi

PROJE ADI: Uzaktan kontrollü ve otonom ekskavatör

TAKIM ADI: Aksoy

TAKIM ID: T3-271182-146

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

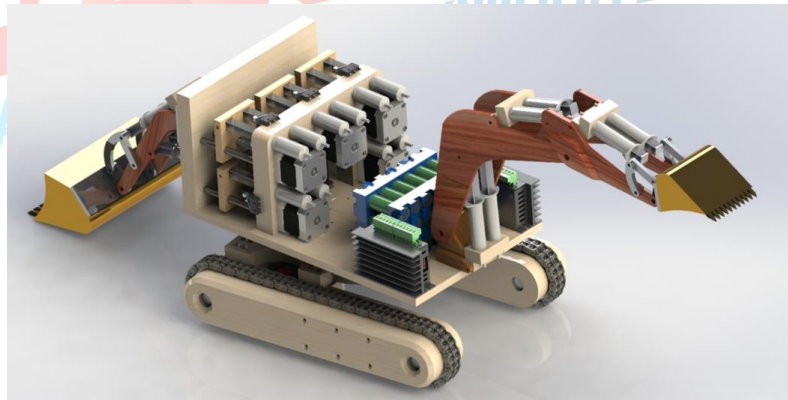
DANIŞMAN ADI: Dr. Öğr. Üyesi Ayetül GELEN

İçindekiler

1. Proje Özeti	2
2. Problem/Sorun	2
3. Çözüm	3
4.Yöntem	3
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	4
6. Uygulanabilirlik	5
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zamanlaması	5
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)	6
9. Riskler	6
10. Proje Ekibi	7
11. Kaynaklar	7

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Kazı işlerinde kullanılan ekskavatörler hareket alanı dar olan ve hemen yükleme gerektiren kazılarda, kırma işlerinde, yapı temellerinde, kanal kazılarında, tünellerde vb. sıklıkla kullanılan hareket kabiliyeti yüksek ve kendi bulunduğu düzeyin altında veya üzerinde iş yapabilen bir iş makinasıdır [1, 2]. Bu projede; tehlikeli ve insanların çalışmasının uygun olmayacağı yerlerde iş makinalarının uzaktan ve otonom kontrolünü sağlayarak hem insan nedenli afetlerin, iş-endüstriyel kazaların hem de bu sebeple olabilecek maddi kayıpların önüne geçmek amaçlanmıştır. Prototip ticari ürünlerin 1/17.5 ölçeğinde elektrikli çalışacak şekilde tasarlanmıştır. Bilgisayar ortamında 2D ve 3D tasarımları gerçekleştirilmiş, elektrik, elektronik, mekanik malzemeler ile ilk prototip araç geliştirilmiştir. Bu prototip 24 V'luk akü ile 1 saat çalışabilmektedir. Uzaktan kontrol işlemi RF ile yapılmıştır. Ayrıca konum öğrenme özelliği ile otonom çalışabilme imkanı da mevcuttur. Böylelikle tamamen insansız çalışma sağlanabilmiştir. Kör noktaları görünür hale getirmek için kamera ve araç yerinin tespiti için GPS özellikleri bulunmaktadır.



Şekil 1. 3B tasarım

2. Problem/Sorun:

Mevcutta kullanılan yöntemler; operatörün iş makinası içinde bulunmasını gerektirmekte ve kabin görüş açısını kısıtlamaktadır. Operatörün tozlu ve sarsıntılı ortamda olma

zorunluluğu sağlığını da olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, mevzi hazırlama, mayın etrafı kazma vb. askeri uygulamalarda mayın patlaması, terörist saldırısı; maden, mermer vb. ocaklar gibi yüksek yerlerde iş makinesinin devrilmesi, göçük oluşması, çığ düşmelerinde olumsuz hava koşullarında çalışılması, iş kazalarına çok açık ortamlarda çalışılıyor olması öncelikle araç operatörünün sonra etrafta görevli olan kişilerin can güvenliğini önemli ölçüde tehdit etmektedir. Bu tür durumlar beraberinde yüksek maddi kayıpları da getirmektedir. En önemli iyileştirme; iş makinasının çalışmasının hemen her koşulda devam etmesinin sağlanması ve ancak bunun uzaktan kontrolle, gerekirse otonom olarak yapılması olacaktır. Bu projenin ana fikri de budur.

3. Çözüm

Yukarıda bahsedilen problemler için çözüm önerilerimiz: iş makinaları üzerinde uzaktan haberleşme sistemlerinin kullanılarak operatörün araç içinde olmadan ve hareket kısıtlaması olmaksızın ekskavatörü kumanda ile uzaktan kontrol edebilmek. Motorların ve hidrolik sistemlerin tep motorlar sayesinde yapılan rutin hareketlerin (kazma-yükleme) kaydedilmesi ve otonom olarak tekrar yapılabilme. Kör noktaları görünür hale getirmek için kamera entegre edilmesi ile tam kontrolü sağlayabilmek. GPS eklemesi ile göçük vb. altında kalan iş makinasına erişimi sağlamak. Böylelikle iş kazası, saldırı, sarsıntı, toz vb. durumlardan çalışanların zarar görmesi ve maddi kayıplar azami düzeyde önlenmiş olacaktır. Elektrikli çalışması sayesinde toplumsal olarak hava kirliliği ve gürültü problemlerini de çözmektedir. Şekil 2’de geliştirilen prototipin ve kumandasının resmi verilmiştir.

4. Yöntem

Mekanik tasarımda dozer-kepçe eklem hareketleri hidrolik olarak sağlanmış olup hidrolik sistemler Şekil 3’teki gibi (piston hareketi) prototipte medikal şiringalar-serum hortumları [3] ile yapılmıştır. Şekil 4’teki kule dönüş mekaniği; dişli sistem ile, paletler; 06B-2 çift zinciri ve dişlisi ile, mekanik itme gücü; Nema-17-23 step motorlar [4] ve sürücüleri [5, 6] ile, karoser; plastik ve ahşap [3] ile CNC de, işlemci; Arduino Mega [7] ile gerçekleştirilmiştir. Uygun devre elemanları ve yazılım ile elektrik-elektronik tasarım, kumanda tasarımı ve otonomi yapılmıştır. Elektriksel güç hem 24 V’luk akü ile hem de Li-İon batarya ile ayrı ayrı sağlanmıştır. Haberleşme RF temelli nrf24101 modülü [8] ile yapılmıştır. 3B çizimler kumpasla yapılan ölçümler dikkate alınarak Solidworks te yapılmıştır.

Geliştirdiğimiz prototipte encoderli bir sistem yerine step motor kullanılması ile geri besleme olmadan, motor çok zorlanmadığı sürece pozisyonda herhangi bir kayıp olmamaktadır. Kodlamada motorların konumları sürekli olarak kaydedilmiş ve işlenmiştir. Hareket tekrar edilmek istenirse motorlar kayda başlanan hareketin ilk konumuna gelerek tekrar aynı hareketi yapabilmektedir. Örneğin kazı yapılırken sürekli aynı seviyeden aynı hareketin yapılması bir yerden sonra kazının boşa yapılmasına neden olabilir. Bu nedenle kazının ne kadar derine yapılacağı belirlenerek, giderek daha aşağıyı kazmak için pozisyonların istenen oranda ayarlanması gerekmektedir. Kazının bir noktada değil her

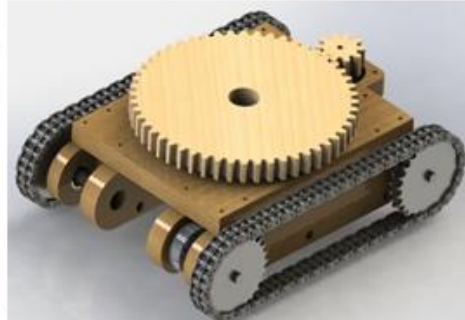
noktada yapılabilmesi için ise paletler ve dönüş eksenindeki pozisyonların ayarlanması gerekmektedir. Aracın kör noktalarına konumlandırılacak kameralar sayesinde otonom halde çalışmazken dışarıdan (uzaktan) müdahale eden operatör geniş bir görüş açısına sahip olacaktır. Belirlenen bu yöntemler ile ilk prototip üretimi yapılmıştır. Prototipe eklenecek kamera, GPS modülü ve daha stabil palet sistemi ile daha özellikli ve gelişmiş bir kullanım sağlanacaktır.



Şekil 2. Prototip, uzaktan kumanda, otonomi



Şekil 3. Şırınga 3B çizim



Şekil 4. Kule dönüş mekanizması

24 V'luk batarya ile 1 saatlik çalışma yapabilmektedir. Gerçek toprak-taş vb. ile yapılan denemelerde hedefe yaklaşma, malzemeyi alma, kepçe ve dozerde taşıma, istenilen yere boşaltma, belirlenen tüm hareketleri yapabilme ve tasarlanan kumanda sayesinde RF ile iletişim başarılı bir şekilde sağlanmıştır. Mevcut prototipe ekstra olarak kamera, GPS eklemesi yapılacak olup aynı zamanda palet iyileştirmesi de yapılacaktır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Yapılan araştırmalarda rastlanılan uzaktan kumandalı kepçe prototipinde dozer kısmı, kamera, GPS, otonomi özellikleri bulunmamaktadır. Ayrıca kumandası ve pistonları da hazır olarak (ticari) temin edilmiştir [9]. Bunun haricinde prototip bir modele rastlanmamıştır. Gerçek boyutlu makine uygulamalarında ise USA menşeli yabancı bir firma olan ASI robot iş makinası üreticilerine otomasyon hizmeti verdiklerini bildirmiştir [10]. Biz projemizle öncelikle yerli ve milli komple bir sistem sunmaktayız. Ülkemizde herhangi bir iş makinası üreten firma bünyesinde hem makine üretimi, hem yazılımı, hem donanımı, otomasyonu, otonomisi vb. hizmet alımı yapmaksızın yerli imkanlarla yapılabilirliğini göstermekteyiz. Ayrıca mevcut üretilmiş iş makinalarını da markası fark etmeksizin projemizin yenilik, millilik vb. unsurları ile modifiye edilebilecektir. Aşağıda projenin yenilikçi yönleri verilmiştir.

-Operatörün daha geniş bir bakış açısıyla kabin dışından, uzaktan tam kontrol kabiliyeti,

- Uzaktan kumandası da dahil olmak üzere mekanik-hidrolik-elektronik sistemlerin tasarlanması,
- Pozisyon bilgileri ve yapılacak sürekli hareketleri kaydetme özelliği,
- Otonom çalışabilme özelliği,
- Elektrikli olarak hem akü hem de Li-ion pil ile çalışabilme özelliği
- Kamera sayesinde kör noktaların görünür olması
- GPS ile araç konumuna erişilebilmesi
- Yerli ve milli olarak yapılabilmesi

6. Uygulanabilirlik

Mevcut şartlar altında projemiz ticari bir ürüne dönüştürülebilir. Öncelikle tehlikeli alanlarda iş makinası ile çalışması gereken operatörlerin bağlı olduğu kurumların desteği ile proje oldukça geliştirilebilir. Mevcut üretilmiş iş makinaları markası fark etmeksizin projemizin yenilik, millilik vb. unsurları ile modifiye edilebilecektir. Yenilenmiş makineyi test edecek operatörlerin geri bildirimleri ile geliştirilmesi gereken kısımlar ve düzeltilmesi gereken sorunlar oldukça hızlı ve kolay bir şekilde görülebilir. Testler sonucunda gerekli geliştirmeyi gösteren proje daha sonra ticari bir iş makinası modifikasyonu olarak sunulabilir. Doğrudan iş makinası üretici firmalar sayesinde sıfırdan makine üretimi de aynı bant üzerinde rahatlıkla gerçekleştirilebilir.

Bir diğer amacımız olan hem elektrikli hem dizel hibrit uzaktan kumandalı otonom iş makinası ise direkt olarak yeni bir Ar-Ge ticari ürünü olarak sunulabilir. Bu tür makinalara ihtiyaç duyan firmalar gerekli test alanlarında bize imkan sağlarken projenin geliştirilmesi sonucu kendi isteklerine uygun bir makina ortaya çıkabilme imkanı yüksektir. Eğer proje yeterli finansal kaynak ve ilgi gördüğü takdirde uygulanabilirliğinde aşılamayacak risk(ler) bulunmamaktadır. Çünkü halihazırdaki makine üreticilerinin üretim bandında ekstrem değişimler olmadan amaçladığımız ürün rahatlıkla üretilebilir durumdadır. İlgili aşamada da projemizin ilk prototipinin geçen yıl ulusal basına haber olması bizi ümitlendirmektedir [11].

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Prototip proje şu anda hangi alanlarda eksikliğimiz olduğunu göstermek için oldukça yol kat etmemize olanak sağlamıştır. Nihai projeyi en az maliyetle hayata geçirilebilmek için öncelikle sıfırdan bir iş makinası tasarlamak yerine ilk prototip iş makinasını kriterler doğrultusunda modifiye ederek projeye devam edilecektir. Modifiye edilen iş makinası istenen sonuçlar alınana kadar teste tabi tutulacaktır. Böylece başlangıç koşullarını sağlamak için gerekli olan harcamalar minimum hale getirilecektir. Aşağıda tahmini maliyet hesabı verilmiştir.

Tablo 1. Malzeme listesi ve tahmini maliyet tablosu

Malzeme-Hizmet alımı	Adet	Toplam fiyat (TL, KDV dahil)
Nema 17 Step Motor	5	250
Nema 23 Step Motor	3	420

A4988 Step Motor Sürücü	6	60
TB6600 Step Motor Sürücü	2	140
Arduino UNO (Kumanda için)	1	30
Arduino MEGA (İş Makinası için)	1	70
12V Akü	2	100
24V Li-İon batarya	1	200
Raspberry Pi 3	1	300
Raspberry Pi Kamera Modülü V1.3	1	150
Neo-7M Çift Anten Arayüz GPS Modül	1	100
2 Eksen Joystick	3	15
1.5 m Zincir	-	155
Şıngı ve hortumlar	-	30
Vida ve Somun	-	15
Kablo ve jumper	-	15
CNC masrafları (hizmet alımı)	-	2500
Toplam maliyet		4550

Tablo 2. Proje zaman planlaması

İş paketi- tanımı	1. hafta	2. hafta	3. hafta	4. hafta	5. hafta	6. hafta	7. hafta	8. hafta
Malzemelerin temini								
Prototip tasarımı								
Kumanda tasarımı								
Prototip üretimi								
Kamera ve GPS entegrasyonu								
Otonom yapılması								
Testlerin yapılması, sorunların düzeltilmesi								

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Projemizin asıl hedef aldığı kitle iş makinası üreten firmalar ve tehlikeli alanlarda iş makinaları kullanan operatörlerin çalıştığı kuruluşlardır. Bunların başında mermer, kömür ve maden ocakları gelmektedir. Özellikle maden ocaklarında yetersiz oksijenli, aşırı tozlu, dar ve sıkışık ortam nedenleriyle insanların çalışmasını oldukça zor hale getirdiği için küçük boyutlu uzaktan kontrollü otonom iş makinası kullanılarak daha rahat çalışabilir bir ortam yaratılacaktır.

9. Riskler

Risk	Olasılık etki matrisi	B planı
Mevcut prototip ürünün modifiye edilememesi	Olasılık: Orta / Risk: Orta / Etki: Orta	Yeniden (sıfırdan) prototip ürün yapılabilmesi için yeterli bütçe olması
Haberleşme protokolünün yetersiz kalması	Olasılık: Düşük / Risk: Düşük / Etki: Düşük	Wi-fi vb. farklı bir protokol kullanılması
Kamera ve GPS eklenmesi nedeniyle akü-batarya gücünün yetmemesi	Olasılık: Düşük / Risk: Düşük / Etki: Düşük	Kapladığı alana dikkat ederek uygun büyüklükte batarya temini
Paletin hareket kabiliyetini engellemesi	Olasılık: Orta / Risk: Düşük / Etki: Orta	Yeni palet tasarımı ve entegrasyonu
Mil, dişli vb. tasarıma özel parçaların ticari olarak bulunamaması	Olasılık: Orta / Risk: Düşük / Etki: Düşük	3B tasarımlarının yapılarak 3B yazıcılarda üretilmesi
Bilgi alış verişi, işlenmesi, kontrol vb. için mikroişlemcinin yetersiz kalması	Olasılık: Orta / Risk: Düşük / Etki: Düşük	Daha etkin bir işlemci veya bilgisayar (Rasperry pi) kullanılması

10. Proje Ekibi

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Rasim AKSOY	Takım lideri	Bursa Teknik Üniv.-Elk. Elkt. Müh. Bölümü-4. sınıf	3B Tasarım-PCB tasarım-imalat-kodlama-test

11. Kaynaklar

- [1] Luigi Solazzi, "Design of aluminium boom and arm for an excavator", Journal of Terramechanics, vol. 47, 2010, pp. 201–207.
- [2] Derek Seward, Frank Margrave, Ian Sommerville & Richard Morrey, "LUCIE the Robot Excavator - Design for System Safety", IEEE International Conference on Robotics and Automation, Minnesota, USA, April 1996, pp. 963-968.
- [3] https://www.youtube.com/watch?v=Cc_Klipyiv8
- [4] Nema 17 datasheet, http://www.autoflexible.com/file_upload/product/attach/NEMA%2017.pdf
- [5] https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_translator.pdf
- [6] https://www.mcielectronics.cl/website_MCI/static/documents/TB6600_data_sheet.pdf
- [7] Taşdemir, Ç. (2016). *Arduino* (10. bs.). İstanbul: Dikeyksen Yayınevi.
- [8] Nordic Semiconductor. nRF24L01 datasheet, https://www.sparkfun.com/datasheets/Components/nRF24L01_prelim_prod_spec_1_2.pdf.
- [9] <https://www.milliyet.com.tr/yerel-haberler/karabuk/kbu-ogrencilerinden-uzaktan-kumandali-prototip-ekskavator-10244813>
- [10] <https://asirobots.com/about/>
- [11] <https://www.cnnturk.com/ekonomi/turkiye/elektrikli-uzaktan-kumandali-is-makinesi-projesi-gelistirdi?page=2>