TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIMSAL İKA YARIŞMASI

KRİTİK TASARIM RAPORTU (KTR)

TAKIM ADI

TINAZTEPE

PROJE ADI

Tınaztepe İlaçlama Robotu

BAŞVURU ID

49049

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üye. Murat AKDAĞ

İçindekiler Tablosu

1.Giriş **2**

1.1.Özet **2**

1.2.Projenin İnovatif Yönü ve Konvensiyonel Uygulamalardan Farkı **2**

2.Takım Organizasyonu **3**

2.1.Takım Üyeleri ve Görevleri **3**

3.Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi **5**

4.Araç Özellikleri **5**

4.1.Yazılım Özellikleri 5

4.2.Donanım Özellikleri 5

4.3.Mekanik Özellikler 6

4.3.3.Yürüyüş sistemi **10**

4.4.5. Uygulanabilirlik 10

4.5.6. Maliyet 11

5.Sensörler **11**

6.Araç Kontrol Ünitesi **12**

7.Otonom Sürüş Algoritmaları **13**

7.1.Haberleşme Sistemi **14**

8.Özgün Bileşenler **15**

8.1.Elektronik Bileşenler **15**

8.2.Mekanik Bileşenler 15

8.3.Tasarım Doğrulama ve Test Yöntemleri 17

9. Güvenlik Önlemleri **19**

9.1. Risk Yönetimi 20

KAYNAKLAR **20**

1. Giriş

1.1.Özet

Günümüz tarım sektörünün, en önemli sorunlarından biri de yabani otların ayıklanması ve ilaçlanmasıdır. Tarımsal faaliyetlerde ilaçlama en başta insan sağlığı açısından olumsuz etkilere sahiptir. Söz konusu ilaçlar insan vücuduna ağız, deri ve solunum yoluyla girerek sağlık sorunlarına neden olabilmektedir. Gıda Tarım Örgütü'nün 2018 yılı raporlarına göre ülkemiz tarım ilacı sektöründe 2015 senesinde 363 milyon dolar ithalat ve 95 milyon dolar ihracat olmak üzere büyük bir pazar payı bulunmaktadır. Biz de projemizde, tarımda kullanılan ilaç miktarını azaltarak, verimliliği arttıracak, maliyetleri azaltacak ve bu faaliyetlerin doğaya olan zararını en aza indirmeyi amaçlıyoruz. Ülkemizin ekonomisine katkı sağlamayı hedeflemekteyiz.

Otomatik ilaçlama için tasarlayacağımız otonom tarım robotu, çiftçiyi tarlası için sürekli bir bakım yapma zahmetinden kurtaracak, ekonomik yönden de rahatlatacaktır. Tarım arazilerinin eğimli yapısını da dikkate alarak aracımız, engebeli arazi koşullarında sarsıntıların azaltılacağı ve gövdenin stabil tutulmaya çalışıldığı denge mekanizmasına sahiptir. Hareket mekanizması, her bir tekerleğe bağlı dört motor vasıtasıyla sağlanacaktır Engelleri aşabilmek için aracın arkasında bir salıncak mekanizması olacaktır. Aracın alt tarafında bulunan kamera sistemi ile görüş alanına giren yabani ve zararlı otları tespit edip, isabetli şekilde ilaçlama yapılabilecektir. Aracımız Wifi veya 4G bağlantısı üzerinden aracı anlık olarak takip edilebilecektir. Tarım sektöründe yenilik üretmek, daha güvenli ve ucuz yöntem geliştirmek nihai hedefimizdir.

1.2.Projenin İnovatif Yönü ve Konvensiyonel Uygulamalardan Farkı

Tınaztepe İKA projesi olarak yenilikçi ve ileriye dönük, çağa ayak uyduran bir insansız kara aracı yapma planı içerisindeyiz. Çağın gereklilikleri olan teknolojiyi yakalama ve o teknolojilere ayak uydurma prensibine dayanarak günümüzde kullanılan yüksek teknolojilerden yararlanma hedefi içerisindeyiz. Günümüze baktığımızda genelde tarlaların olduğu yerde telefon ve internetin çekmemesi durumu, üretmek istediğimiz teknolojiye zorluk yaratmaktadır. Ancak bunun üstesinden de yine teknolojiyle sıyrılma imkanı Starlink projesi ile doğmuştur. İlerideki amaçlarımızdan biri Starlink'in yaygınlaşmasıyla birlikte, insansız kara aracımız ile ortak çalışarak internet ve telefonun çekmediği yerlerde de kolaylıkla bu teknolojiye erişim sağlanmasıdır.

Diğer tarım alanlarında kullanılan yöntemlere bakacak olursak; traktörle sprey kullanılarak püskürtme ve drone ile püskürtme gibi farklı yöntemler kullanıldığı gözlemlenmektedir. Ancak bu yöntemler tarım alanının hepsine uygulandığı için zararlı ve maliyetli yöntemler olarak görülmektedir. Yoğun ilacın kullanılmasıyla toprağın verimini düşürmesi ve doğal dengeyi bozması gibi birçok zararlı durum olduğu görülmektedir. Ancak insansız karar aracımızda yapay zeka ile tespit edilen zararlı otlara yeterli ilaç uygulaması yapılması hedeflenmektedir.

Aracımız kendi üzerinde yapay zeka bilgisayarı olmadan internet bağlantısı kullanarak bir merkezden kontrol edilmesiyle; düşük maliyeti ve güneşten aldığı enerjiyle uzun süre çalışabilme özelliğiyle diğer uygulamalardan farklılık göstermektedir. "Nesnelerin İnterneti" uygulaması olan projemizde sanal bilgisayarlar kullanarak işlemci gününü pahalı bilgisayar donanımları kullanmaya gerek kalmadan sağlanabilecektir. Geliştirme aşamasında kendi bilgisayar donanımımızı kullansak da kullanıcıya sanal bilgisayar veya kendi bilgisayar donanımını kullanma alternatifi sunmayı hedeflemekteyiz.

2. Takım Organizasyonu

2.1. Takım Üyeleri ve Görevleri

DANIŞMAN ÖĞRETMEN:

Dr. Öğr. Üyesi Murat Akdağ

Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Makine Teorisi ve Dinamiği Ana Bilim Dalı

E-posta: murat.akdag@deu.edu.tr
Telefon: +90 232 301 9255
Web Sayfası: kisi.deu.edu.tr/murat.akdag

TAKIM KAPTANI:

Ali Demir

Merhaba, ben Ali Demir. Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümü 4. sınıf öğrencisiyim. Birkaç yıldır mekanik alanında kendimi geliştirmenin haricinde yazılım ve elektronik alanında da kendimi geliştirmeye çalıştım. Çeşitli yazılım projelerinde ve arkadaşlarımın bitirme projelerine destek vererek birçok şey öğrendim. 1 yıldan fazla bir süredir okulumun Makine Mühendisliği Topluluğu'nun yönetim kurulunda yer alıyorum. Tınaztepe İKA projesinin takım kaptanlığı, yazılım ve elektronik alanında yer alıyorum.

TAKIM ÜYESİ:

Aleyna Yılmaz

Merhaba, ben Aleyna. Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği 3. sınıf öğrencisiyim. Okulumuz Solaris (Güneş Enerjili Araba) ve Formula Student ekiplerinde Mekanik takımlarında sorumluluk aldım. Mekaniğin pratikliğin ve bilginin ürünü olduğuna inanıyorum. Tınaztepe İKA projesinin mekanik üretim sorumlusu olarak görev yapmaktayım.

	TAKIM ÜYESİ: Murat Candan Merhaba ben Murat Candan. Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümü 4. sınıf öğrencisiyim. Tınaztepe İKA projesinin analiz ve araç montajı bölümünde görev yapmaktayım. Teknofest 2020 İnsansız Sualtı Aracı Aracı(ROV) yarışması İleri Kategorisi'nde DEUROV takımı olarak 4. olmayı başardık. O takımda mekanik alt alanında çalışma fırsatı buldum. Robot teknolojilerinin gelecekte daha da önem kazanacağını düşünüyorum. Robotik alanına ilgi duyup, o alanda çalışmak istiyorum.
	TAKIM ÜYESİ: Murathan Tunçtürk Merhaba, ben Murathan Tunçtürk. Dokuz Eylül Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümü 3. sınıf öğrencisiyim. Tınaztepe İKA projesinin sponsorluk ve araç montajı alanında çalışıyorum. Geçmiş senelerde okulumun IEEE organizasyonlarında sponsorlukta çalışma fırsatı buldum.

Tınaztepe İKA projesi ekibi olarak amacımız, tarımsal alanda insan faktörü ile oluşabilecek hata oranını minimuma indirerek, tarımda ısraf oluşturacak maliyetleri kısmak ve yüksek kaliteli, düşük maliyetli tarımsal insansız bir kara aracı üretmektir.

Tınaztepe ekibi, çeşitli alanlarda kendini geliştirmiş, farklı disiplinlerde çalışabilen ve zorluklara adapte olan 4 makina mühendisliği öğrencisinden oluşmaktadır. Takımımızın az kişiden oluşması bize zorluk yaratsa bile, bu durum bize farklı alanlarda da kendimizi geliştirme imkanı yaratmıştır. Her takım üyesi sadece kendi alanıyla değil diğer alanlarda ilgilenmektedir. Bu durum aracın teknolojisinin her takım üyesinin sorumluluğunda olduğu fikrini aşıklayarak farklı departmanlarda da çalışabilme çok yönlülüğü kazandırmıştır.

3. Ön Tasarım Raporu Değerlendirmesi

Projemiz iş zaman programına uygun olarak ilerlemektedir. Programımızda herhangi bir değişiklik yapılmamasına rağmen yeni takım arkadaşımızın gelmesiyle iş görev dağılımında değişiklik olmuştur. Ön Tasarım Raporunda belirttiğimiz aracın mekanik özelliklerinde birtakım değişiklikler yapılmıştır. Aracın mekanik montajında kullanacağımız rulmanlı ve rulmansız bağlantı elemanları için maliyeti düşürmek ve üretim sürecini doğru yönetebilmek için piyasadan temin edebileceğimiz ürünler tercih etme kararı aldık. Ayrıca Güneş panellerinin yurtdışından temin edilmesi projenin aksamasına ve kullanılacak elektronik bileşenlerin sistemi daha karışık hale getirmesi sebebiyle projede Güneş panelleri kullanmama kararı alınmıştır. Projemizde bunun dışında güvenlik önlemlerini arttırmaya yönelik sensör, faydalı yük kontrolü gibi konularda değişiklikler yapılmıştır.

4. Araç Özellikleri

4.1.Yazılım Özellikleri

İKA'nın görevleri otonom şekilde gerçekleştirebilmesi için gerekli şartları şu şekilde sıralayabiliriz:

1. Sıraları ortalayarak gidebilmesi ve engelleri tespit edebilmesi
2. Yabani otların tespit edilebilmesi
3. Manuel müdahale için kontrol ara yüzünün olması
4. Hareket alanını ölçülendirebilme
5. Pil şarj durumunun gözlenebilmesi
6. Haberleşme kopukluğu olduğunda kullanıcıyı uyarabilmesi
7. Yabani otları sayabilme ve depo doluluk oranını takip edebilme
8. Haberleşme şekli: Kablosuz İnternet

Kullanıcı ara yüzü tasarımında Matlab App Designer uygulamasından faydalandık. Matlab'in robotik alanda birçok faydalı kütüphanesi bulunmaktadır. "Nesne tespiti" algoritmalarını "IP kamera" özelliği bulunan mikrokontrolcüler kullanarak görüntü aktarımı yaparak test ettik. Matlab ile görüntü işleme ve rota hesaplama algoritmaları yapılmaktadır.

4.2.Donanım Özellikleri

Yarışmayı başarılı bir şekilde tamamlamamız için otonom sürüş özelliğini sağlayabliyor olmamız gerekmektedir. Görevleri yerine getirecek işlemci gücünü sağlamak ve güvenlik önlemlerini karşılamak üzere kablosuz ağ bağlantısı üzerinden görüntü ve komut aktarımı gerçekleştirilecektir. Ekim sıralarını dolaşırken aracın ortalı şekilde gitmesini sağlamak ve engelleri tespit etmek amacıyla aracın ön kıssmına bir adet, altına bir adet olmak üzere toplam iki adet kamera modülü kullanılacaktır.
Aracımızda hız kontrolünü sağlamak ve ekimler arasında sabit şekilde gidebilmek için PID kontrol kullanılacaktır. PID kontrol kısaca, hata ile karşılaşıldığında hatayı tolere edecek kontrolü sağlamak amacıyla sistemin geri toparlama sürecini kontrol eden oransal, integral ve türevsel katsayılardır. Hata miktarını bir katsayla çarpılarak, bir önceki hata miktarına göre farkını alarak veya tüm hata oranları toplayarak PID kontrol katsayılarını elde ederiz. Bu da sistemin istenmeyen tepkiler vermesini engelleyerek kontrollü şekilde ilermesini sağlayacaktır. PID kontrolü İvme senseründen ve motorlara taktığımız enkoderden aldığımız bilgiler ile yapacağız.
Aracımızda güvenlik amacıyla elektronik kutumuzda hem güvenlik amacıyla hem elektronik

kartların sıcaklığı arttığında zarar görmemeleri için harici soğutma sistemininin çalıştırılmasına karar vermek üzere sıcaklık sensörü kullanılacaktır. Ayrıca pilin durumunu da gözlemlek ve pilden fazla akım çekilmesini engellemek için voltaj ve akım sensörü kullanılacaktır.

4.3.Mekanik Özellikler

Aracımız, mekanik olarak parkur koşullarında zorlanmaması için ağırlığa bağlı mekanik dirençlerin (yuvarlanma direnci, meyil direnci, hava direnci, sürtünme direnci) üstesinden gelecek mekanik özellikler, bilgisayar destekli analizler yapılarak geliştirilecektir. Temel olarak iskeletin tuttuğu kabuk içerisinde, bir kutu şeklinde olacak ve gerekli ekipmanları taşıyacaktır. Gövde iskeleti; dayanıklı, hafif, ulaşımı ve montajı kolay, alüminyum sigma profiller ile oluşturulacaktır. Şaseyi taşıyacak ayaklar, tekerleri tutan perfore-u profiller ile oluşturulacaktır. Perfore U-Profil seçiminin sebeplerinden biri, boşluklu yapısı ile dayanıklılığından ödün vermeden, hafif kalabilmesidir. Aynı zamanda demir malzeme ile yapıldığı için bize bağlantı olarak kaynak yapmaya imkan vermektedir. Perfore-u profil, gövdenin iki yanından 60 derecelik bir açı ile üretilecek, motorlar ve tekerleri tutacaktır. Gövde ile ayakları tutacak olan profiller arasında vida bağlantıları ile monte edilmiş elemanlar olacak ve aralarında dönme mekanizmasını sağlayacak rulmanlı ve rulmansız yataklama elemanları kullanılacaktır. Kullanacağımız salıncak sistemini arka tekerlerin hareket mekanizmasına bağlamak için, dana göz bağlantı elemanını yine vida bağlantıları ile perfore-u profile sabitlenecek bir ara eleman ile bağlayacağız.

Hareket mekanizması; sürtünme katsayısı, ağırlık ve sarsıntı analizleri hesaba katılarak yapılacaktır. Sürtünme katsayısının arazi koşullarına tam uyum sağlaması ile birlikte olabilecek en ekonomik seçim olması; tekerlek için "çim biçme makinesi tekeri", kullanılabileceğimiz en iyi seçenektir. Amortisör seçimi yerine, tasarımımızda daha kolay ulaşılabilir olan "salıncak sisteminin", engebeli arazilerin sarsıntılarını azaltmada; yaptığımız analizler ile de görülebilen, gayet yeterli bir sistem olduğunu gördük. Ayak sisteminin yukarı aşağı hareketini daha da kolay ve esnek olabilmesini de rulman bağlantı elemanı ile destekledik. Aracımızda maliyet kriterini göz önünde bulundurarak yüksek döndürme kuvvetine sahip düşük hızlı, redüktörlü DC motor kullanmayı planlamaktayız. Dört tekerlek üzerine bağlanacak, dört motor yaptığımız analizler sonucunda yeterli gücü aktaracaktır. Lityum-polimer veya Lityum-iyon piller gövdeyi hafifletmeleri ile hareket mekanizmasına da katkı sağladığı için de bizim için bir tercih sebebi.

Tablo 1 Mekanik Özellikler Tablosu

Özellik	Nicelik
Boyutlar (genişlik x yükseklik x boy)	600x600x1200 mm
Güç Tüketimi	~ 60 watt/saat
Çalışma Süresi	>>30 dakika
Hareket aktarımı	4WD Elektronik Diferansiyel
Ağırlık	18 kg maks.
Süspansiyon	Dengeleyici Salıncak Sistemi
Operasyon Hızı	1 km/h
Maksimum Hız	1.44 km/h
Maksimum Eğim	12°
Yabani Otla Mücadele Şekli	İlaçlama

Faydalı Yük Taşıma Kapasitesi	3 Litre

Şekil 1 Araç Mekanik Tasarımı

4.3.1. Hareket Aksamı:

Aracımızda dört tekerden tahrik sistemi tasarladık. Tasarım isterlerini karşılamak amacıyla seçeceğimiz motora ait hesaplamalar verilmiştir. Motor seçimi için en temel şart yeterli torku sağlayabilmesiydi ve bu torkla yuvarlanma direnci, hızlanma direnci ve meyil direncini aşması gerekiyordu. (Hava direnci İKA düşük hızlarla hareket edeceği için ihmal edilebilir.) Matematiksel hesaplamayla;

G: Araç Ağırlığı (18kg=17.652daN), f: Yuvarlanma katsayısı (Bizim kullanacağımız tekerlek için (0.12))
β: Eğim açısı, g: Yerçekimi ivmesi(9.81 m/s^2), a: maksimum ivme(0.2m/s^2)
c: Kütle katsayısı(Bizim aracımız için 1.2)
Yuvarlanma direnci R_y=G*f, Meyil Direnci R_m=G*sinβ, İvmelenme Direnci R_i= ((c*G)/g)*a
Değerleri yerine koyarsak;
Yuvarlanma direnci=2.1182 daN, Meyil Direnci=3.67 daN, İvmelenme direnci=0.4318 daN
R_{toplam}=6.22 daN=62.2 N, 62.2/4=15.55 N (Meyile karşı ivmeli kalkışta motor başına düşen kuvvet)
Teker yarıçapı=0.09m, Gereken Tork=15.55N*0.09m=1.4Nm, Güvenlik katsayısı=1.8
1.8*1.4=2.52Nm
Motor Gücü = Tork x Açısal Hız, P=T*(2*pi*f), f: saniyede tur sayısı (1 tur saniyede)
Maks Güç = 9 Watt Motor başı 12 derece meyil için
Sistemin yüzde 70 verimle çalışacağını varsayarsak motor başı maksimum güç yaklaşık 13 watt olmalıdır.
Piyasada bulunduğu için seçtiğimiz motor torku:2.55Nm 60 RPM
Motorları en kısa sürede temin ederek 2 santim çapında bir kaplin kullanıp ip ile 8 kilogramlık yük çekme testi yaptık. Motorumuz hesaplarımıza uygun şekilde sonuç vermiştir. Motorlarımız 8 kilogram yükü 1.1 amper güç tüketimiyle kaldırmıştır. Bu yük aracın faydalı yüküyle beraber 12 derece eğim tırmanması için motor başına gereken yük miktarıdır.

Şekil 2 60 RPM 12 Volt DC Motorl

4.3.2. Süspansiyon Sistemi:

Yarışma tasarım isterlerinden çukur, tümsek gibi engelleri başarıyla aşabilmesi için aracın süspansiyon sistemine sahip olması gerekmektedir. Bu sebeplerden tasarımımızda aşağıda görselini paylaştığımız aracın süspansiyon sisteminde dengeleyici salıncak mekanizması tercih edilmiştir. Aracın mekanizmasını SolidWorks'teMotion Analysis eklentisinden faydalanarak hareket testlerini yaptık. Analiz videosu bu bağlantıdan izlenebilmektedir. Süspansiyon sistemini tasarlarken dikkate aldığımız hususlar başlıca:

- Gövdenin stabil kalmasını sağlama
- Aracın hareketi esnasında maruz kaldığı darbeleri sönümleme
- Analiz, üretim ve maliyet konularında avantaj sağlama

Tasarımımızı yukarıda sıralanan hususlara istinaden dengeleyici salıncak sistemi kullanarak yapmayı uygun gördük. Dengeleyici sistem; gövde ve bacak kısımlarını birbirine bağlayan kısımlarda mafsallı rulman kullanılarak oluşturulan süspansiyon sistemidir. Bu sistemin avantajları:

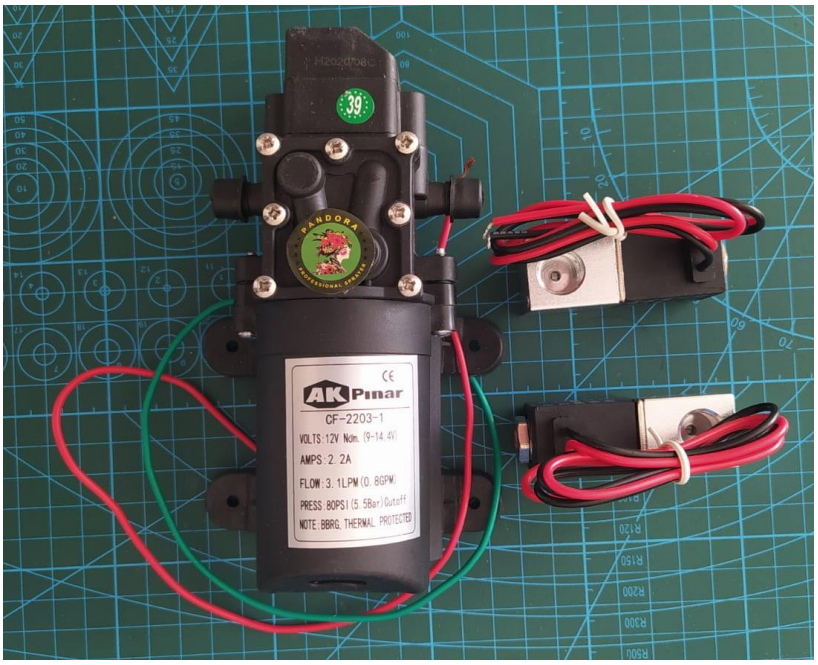
- Engebeyi aşarken tekerlek grubunun yerle yaptığı açıyı yarı yarıya tolere ederek elektronik komponentlerin bulunduğu üst gövde stabilitesini sağlama
- Hafif ve dayanıklı bileşenlerden meydana gelir
- Üretimi görece kolay ve maliyeti düşüktür.

Şekil 3 Dana Gözü, KP10 Rulmanlı Yatak

Şekil 4 Dengeleyici Salıncak Mekanizması

Yabani Otla Mücadele:

Yabani ota müdahale ilaç sıkma yöntemi kullanarak yapılacaktır. İlaç, diyaframlı su pompası aracılığı ile yabani otların üzerine püskürtülecektir. Pompada bulunan diyafram, sıvı taşıma boruları içerisinde 6 bar basınca ulaşana kadar çalışmaya devam etmektedir. Sıvı 6 bara ulaştığında ve devre kapalı olduğunu otomatik olarak gücü kesmektedir. Selenoid vanalar açıldığında ise motor devreye girerek taşıma borularının içindeki basıncı korumaktadır. Bu da bize ilaçlama ve güç tasarrufu konusunda avantaj sağlamaktadır. İlaçlama için kullanılacak Selenoid vanalar NC (normalde kapalı) özellikte tercih edilmiştir. 12 volt ile tetiklenerek açık konumuna getirilmektedir. 1/8 inç bağlantı yuvasına sahip olan vanalar için piyasada uygun ilaçlama nozülleri bulunmaktadır. Ayrıca ilaçlama tankında hava akışını kontrol etmek için baca kullanması gerekmektedir. İlaçlama tankını hava girişi bulunmazsa iç basınç sıvı çekmeye çalıştıkça artacaktır. Bu da plastik tankta deformasyona ve pompanın sıvı çekmesine engel olabilir.



Şekil 5 Selenoid Valf ve Su Pompası

4.3.3. Yürüyüş sistemi

Yürüyüş sistemi İKA'nın stabilitesini ve engebeli tarla yüzeyine uyumunu sağlayacağı için kritik bir öneme sahipti. Yürüyüş sisteminde nokta dönüşlü yükleyici mekanizması (skid-steer mechanism) tercih ettik. Nokta dönüşlü yükleyici mekanizması mekanik olarak güçlüdür, iyi bir çekiş kuvvetine sahiptir, yapımı kolaydır, maliyeti azdır, karmaşık mekanizmalar gerektirmez. Dönme işlemini olduğu yerde yapabilir. Manevra kabiliyeti çok yüksektir. Engebeli arazi şartlarında en uygun seçim olarak görülmüştür.

Aracımız motor başı gereken kuvveti azaltmak, engelleri aşmada en iyi performansı almak için 4 teker tahrik mekanizması (4WD) kullanacaktır. Ancak bunun yanı sıra bazı dezavantajları da vardır, dönme sırasında tekerlekler yere sürtündüğü için aşınma oranı fazlalaşır ayrıca toprağa batma eğilimi gösterebilir ve elektronik diferansiyele ihtiyaç duyar. Bu avantajlar ve dezavantajlar takımımız tarafından dikkatle incelenmiş ve nokta dönüşlü yükleyici mekanizmasının projemiz için en uygun yönlendirme mekanizması olduğu kararı alınmıştır. Bu tasarım sayesinde yönlendirme mekanizması ihtiyacı da kalmadığı için tasarım basamaklarını azaltarak iş gücü ve zaman kazandıracaktır.

4.4.5. Uygulanabilirlik

Projemiz basit ara yüzüyle bütün verilerin yönetilebileceği, tek merkezden yönetim kolaylığı bakımından yüksek işlemci gücü ihtiyiacının tek merkezden sağlanmasına yöneliktir. Taşıdığımız faydalı yük kapasitesi arazi eğim koşullarına göre farklılık gösterse de 3 litre faydalı yükle 10 derecelik eğimi tırmanabilecek mekanik güce sahiptir. Sürekli eğimin olmadığı arazilerde 6 litreye kadar faydalı yük taşınabilmektedir.

Otonom operasyonların gerçekleştirilmesi için internet bağlantısına ihtiyaç duyan haberleşme sistemimiz, mobil cihazlardan veya kablosuz modemlerden paylaşılan interneti kullanabilmektedir. Biz projemizde gelecekte yaşanacak teknolojik gelişmelerden nasıl faydalanabileceğimizi de düşündük. Starlink projesiyle uydu ağıyla dünyanın her yerine internet ulaştırma vizyonu olan bir şirketin hizmetini kullanarak geniş arazilerde tarımcılık yapan çiftçilerimizin de ana bilgisayar üzerinden araziye dağıtılmış bütün robotların kontrolü mümkün hale gelecektir. Projemizin bu aşamasında aracımızda arazi çalışmalarında cep telefonumuzdan paylaştığımız mobil veri ile kontrolü sağlayacağız. Bulduğumuz port yönlendirme çözümü sayesinde arazi koşullarında bilgisayar bulundurma zorunluluğunu ortadan kaldırıp kullanıcımızın evinden veya bir sonraki hedefimiz olan mobil uygulama ile ilaçlama robotumuzun kontrol edilmesini sağlamış olacağız.

4.5.6. Maliyet

Kategori	Ürün-Adet	Birim	Tutar	Ürün-	Birim	Tutar
Elektronik&Kontrol Elemanları	Raspberry pi 3B+	1 Adet	390 ₺	5V Röle Kartı	1 Adet	Alındı
	MPU 9250 sensör	1 Adet	50 ₺	Manyetik Enkoder	2 Adet	Alındı
	Node MCU	1 Adet	30 ₺	L298N-motor sürücü kartı	2 Adet	Alındı
	ESP32-CAM	2 Adet	168 ₺	4S 14,8 Volt 1300 mah Lipo batarya	1 Adet	190 ₺
	Voltaj ve Akım Sensörü	1 Adet	30 ₺	MZ80 Kızılötesi Sensör	4 Adet	96 ₺
Mekanik Elemanlar	2020 Sigma Profil	4 mt	80 ₺	Perfore U Profil (30X30X2)	4 mt	70 ₺
	Bağlantı Elemanları	Çoklu	150 ₺	Rulmanlı ve Rulmansız Yatak	3+3 Adet	120 ₺
	Tekerlek	4 Adet	170 ₺	12 Volt/60 rpm DC Motor	4 Adet	Alındı
	POS08A Dana Gözü Rulman 2 Sağ, 2 Sol Paso	4 Adet	60 ₺			
İlaçlama Birimleri	Su Tankı	1 Adet	60 ₺	Diyaframlı Su Pompası 12 V	1 Adet	Alındı
	Boru Rakor	Çoklu	100 ₺	Selenoid Valf-2	2 Adet	Alındı
TOPLAM	Kalan toplam masraf 1764 ₺					

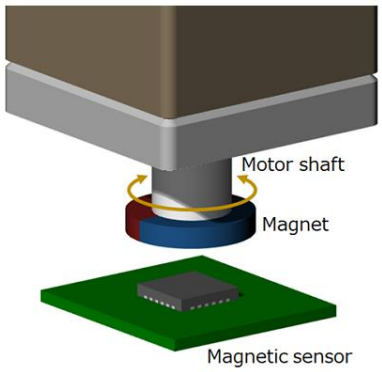
5. Sensörler

Aracımızda sensörler güvenlik, nesne boyut tespiti ve araç yönlendirme amaçlarıyla kullanılacaktır. Pil şarj durumunu kontrol etmek, motorlarda zorlanma olup olmadığını tespit etmek ve kontrol ara yüzüne geri bildirim göndermek için voltaj ve sensörü, aracın önüne çıkan engelin mesafesini tespit edebilmek için MZ80 kızılötesi mesafe sensörü (aracın ön kısmına, yan kısımlarına birer adet), aracın meyilini tespit ederek yönlendirmede kullanmak için MPU9250 IMU ivme sensörü ve araç hızını takip etmek ve kontrol edebilmek için Manyetik Enkoder modülü kullanılacaktır. Depo doluluk oranını ise belirli ölçeklere pimler yerleştirmek suretiyle buton görevi görmesi sağlanacaktır. Suyun temas ettiği pimler kısa devre olduğuna su seviyesini hangi pimlerin kısa devre olduğuna göre tespit edebiliyor olacağız.

MZ80: 3-80 santimetre mesafe arasında tepki vermektedir. Kızılötesi ışın göndererek mesafe ölçümü yapılmaktadır. Işınlar engelle karşılaştığında dijital sinyale dönüştürülür ve “1” bilgisi kontrol kartına gönderilir. Mesafe ayarı sensörün arkasındaki potansiyometre ile yapılmaktadır. 2 milisaniye tepki süresi vardır.

MPU9250: 3 eksenli İvme, 3 eksen Gyro ve 3 eksen Manyetometre, 16 bit ADC (analog to digital) sensörüdür. 16 bit "analog to digital" dönüştürücü ivme, gyro ve manyetometreden aldığı bilgiyi işleyerek kontrolcüye gönderilmesini sağlamaktadır. Gönderilen bilgi yazılım içerisinde işlenerek "pitch roll yaw" denen yani ölçülebilir dönme, öteleme ve meyil değerlerine dönüştürülür. I2C veya ISP haberleşme ara birimlerini kullanılır. Projemizde I2C ile haberleşme tercih edilmiştir. I2C adresi 0x68 olmaktadır.

Manyetik Enkoder: Manyetik enkoder, manyetik alandaki değişiklikleri tespit ederek dönme konumu bilgisini algılar, bunları elektrik sinyallerine dönüştürerek çıkışını sağlar. Temel olarak manyetik enkoderi, kalıcı bir mıknatıs ve bir manyetik sensörden oluşur. Kalıcı mıknatıs, motor şaftı gibi dönen bir gövdenin ucuna takılır ve manyetik sensör, kalıcı mıknatıs tarafından oluşturulan manyetik alanı alacağı bir konumda PCB kartı monte edilir. Motor miline bağlı kalıcı mıknatıs döndüğünde, Hall Effect (manyetik) sensör tarafından algılanan manyetik alanın yönü değişir. Bunun sonucunda enkoder motor şaftının dönme yönünü ve hızını algılar.



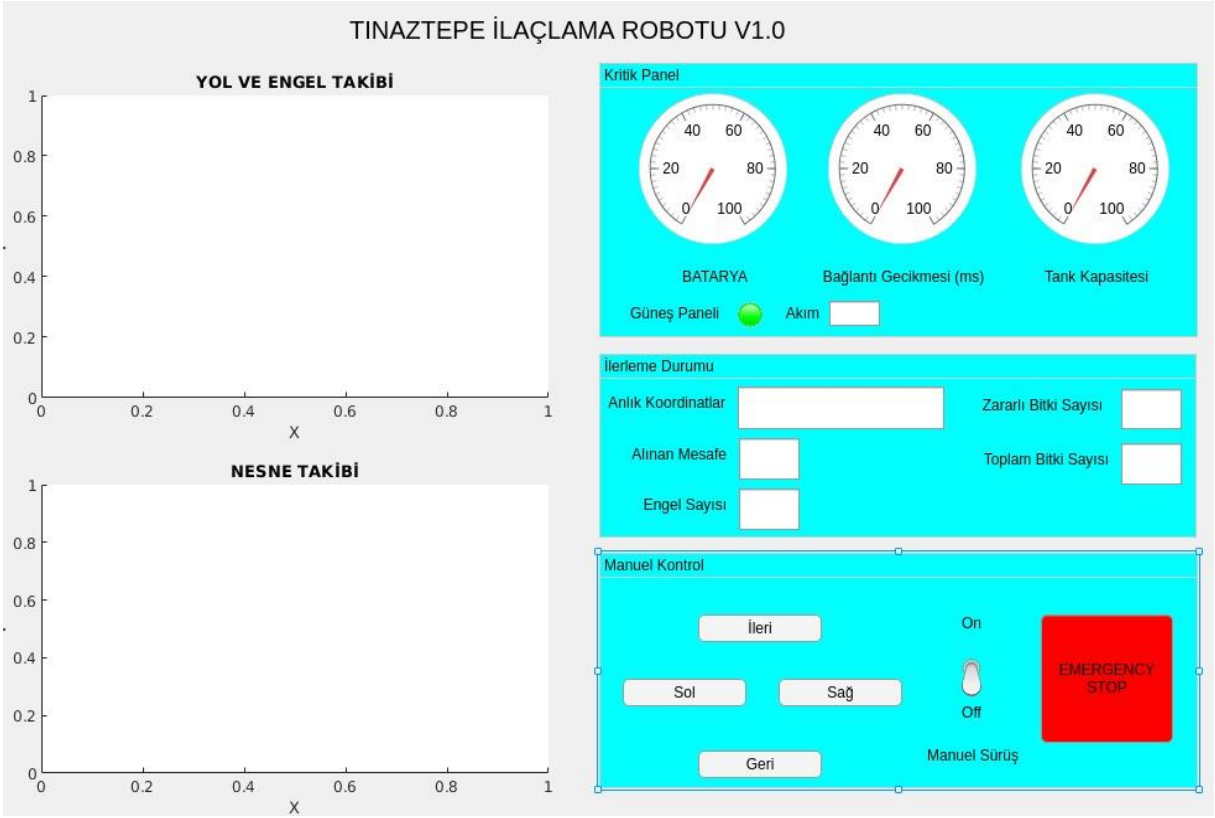
Şekil 6 Manyetik Enkoder Çalışma Prensibi

Gerilim Akım Sensörü: Bu sensör aracın güvenli çalışması için gereklidir. Pilin şarj durumunu takip etmek ve motorlar zorlandığı durumda fazla akım çektiğinde gerekli güvenlik önlemini almak gerekmektedir. Gerilim ve akım sensörü üzerindeki Logic sayesinde okuduğu voltaj ve akım değerini Mikrodenetleyiciyle analog olarak okunabileceği değerlere dönüştürülür. 0-30 volt arası giriş voltajı ve 0-10 amper arası giriş akımı doğru orantılı ölçeklendirilerek 0-5 volt arası analog bilgiye dönüştürülür.

Şekil 7 MZ80, Akım ve Gerilim Sensörü, Manyetik Enkoder, MPU9250

6. Araç Kontrol Ünitesi

Araç kontrolü Matlab AppDesigner ile hazırladığımız ara yüz ile yapılacaktır. Zararlı bitkileri renk ve boy cinsinden tespit etmek amacıyla aracın altına bir adet olmak üzere toplam iki adet ESP32-CAM modülü yerleştirilecektir. Kablosuz bağlantı sinyalinin kaynaktan uzaklaştıkça zayıflaması söz konusu olduğundan cep telefonumuzdan internet paylaşımı yaparak işlemci gücü yeterli bir Raspberry Pi üzerinden NGROK ile görüntü alacağımız ve komut aktaracağımız lokal IP adreslerini Public porta yönlendireceğiz. Bu şekilde görüntü almak ve komut aktarmak için aynı kablosuz ağa bağlı kalmak zorunda kalmayacağız. Bu durum mesafeden kaynaklı ağ bağlantı hızında ve gecikme sürelerinde yaşanan probleme yönelik geliştirilen çözümdür.

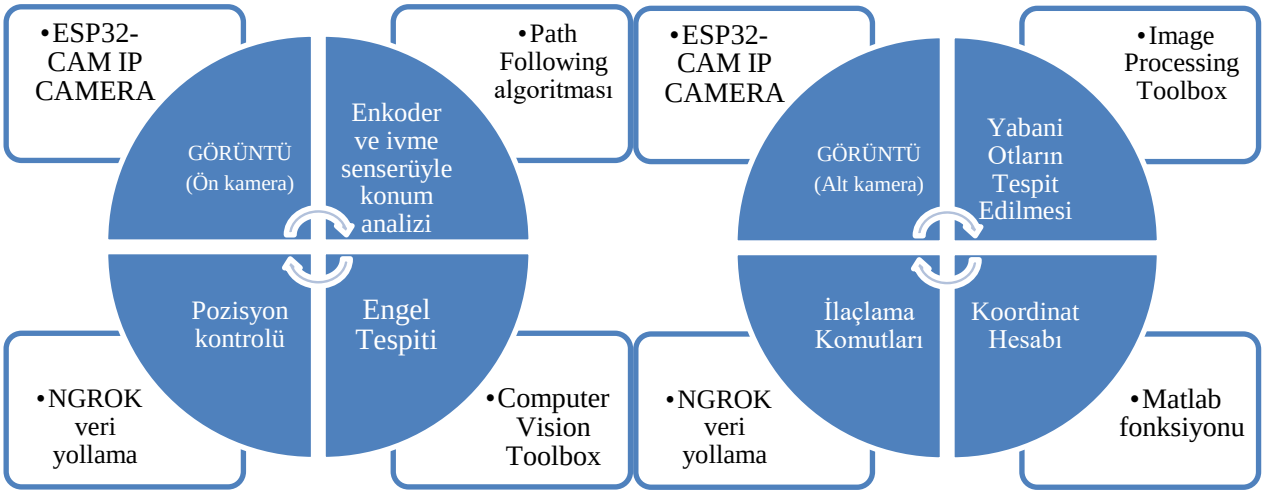


Şekil 8 Kullanıcı Grafik Ara Birimi Tasarımı

Kontrol yazılımı internet bağlantısı üzerinden haberleşmektedir. Kontrol yazılımı sadece aracın yönlendirilmesi ve acil durumlarda ne yapılacağına karar vermesi için kullanılmaktadır. Sensörlerden alınan bilgiler mikrodenetleyicide işlenmektedir. Sadece batarya şarj durumu zayıf, depo seviyesi düşük gibi ikazlar IP adresi üzerinden ara yüze gönderilecektir. Bu şekilde sadece gerektiğinde bilgi akışı sağlanarak veri akışının bağlantı hızına etkisi azaltılmaya çalışılacaktır.

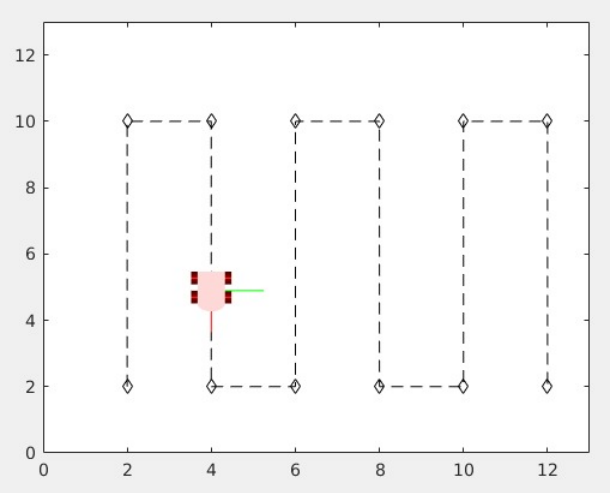
7. Otonom Sürüş Algoritmaları

Projemizde Matlab ve Python kütüphaneleri arasından seçim yapmayı planlamaktayız. Matlab robotik alanda bir çok uygulama yapabileceğimiz nitelikli kütüphanelere sahiptir. Nesne tespit algoritmalarını test etmek amacıyla Matlab Image Processing Toolbox ile nesne tespiti ve nesne sayma algoritmalarını çalıştırdık. Veri akışını sağlamak için yüksek işlemci gücü gerektirmeyen Raspberry Pi 3B+ model bilgisayar kullanarak aynı kablosuz ağa bağlı mikro denetleyicilerin lokal IP adreslerini NGROK kullanarak port yönlendirmesi yaptık. Bu şekilde konum fark etmeksizin ana bilgisayarda robotumuzdan görüntü almakta ve veri işleyip yapılacak işlemlerin bilgisini gönderebilmekteyiz. ESP32-CAM mikro denetleyicilerinden IP Camera bağlantı adresi üzerinden aldığımız görüntüleri Matlab Image Processing Toolbox kullanarak işlemeye çalıştık. Kamera kalibrasyonunu yaparak sabit bir konumdan tespit ettiğimiz nesnelerin koordinatlarını elde ettik. Bu testler “IP kamera” kullanmak konusunda kafamızdaki soru işaretlerini de gidermiş oldu. Bağlantıda yaşanan gecikme süresini 38 ms olarak gözlemledik. Bizim için kabul edilebilir gecikme süresi en fazla 150 ms olması gerekmektedir. Tek kamera ile yaptığımız testlerde kameranın yaptığı yatay açıdan kaynaklı nesne tespitinde hatalar olduğunu gözlemledik. Arkadaki nesnelerin koordinatlarını kaçırdığı için bir adet aracın altına, bir adet ön kısma kamera yerleştirmeyi uygun gördük.



Otonom sürüş algoritmasını Matlab üzerinden resmi dökümantasyonlardan faydalanarak bir temsili araç modeli oluşutrduk. Programladığımız modelde aracın gitmesi gereken koordinatları, araç hızını, dönüş radyusunu tanımladık. PID algoritması sayesinde aracımız verilen koordinatlara gidebilmiştir.

Test ettiğimiz yazılım modellemesini aracımıza uyarlamak amacıyla rotary enkoder ve MPU ivme sensöründen aldığımız bilgileri yazılımda işleyerek aracın otonom olarak hareket etmesini sağlamayı planlamaktayız. Bu durumda girdilerimiz ivme, hız olurken çıktımız ise konım olacaktır. Otonom sürüş esnasında aracın karşısına çıkan engelleri tespit edebilmesi için Matlab Computer Vision Kütüphanesinden faydalanmayı hedeflemekteyiz. Aracımızın hareket sistemi elektronik diferansiyel sisteme sahip olduğu için hareket modellemesi Simulink'te yapılacaktır.



Şekil 9 Matlab Otonom Sürüş Modellemesi

7.1. Haberleşme Sistemi

Kablosuz İnternet:

Zararlı bitkileri renk ve boy cinsinden tespit etmek amacıyla aracın altına bir adet olmak üzere toplam iki adet ESP32-CAM modülü yerleştirilecektir. Kablosuz bağlantı sinyalinin kaynaktan uzaklaştıkça zayıflaması söz konusu olduğundan cep telefonumuzdan internet paylaşımı yaparak işlemci gücü yeterli bir Raspberry Pi üzerinden NGROK ile görüntü alacağımız ve komut aktaracağımız lokal IP adreslerini Public porta yönlendireceğiz. Bu şekilde görüntü almak ve komut aktarmak için aynı kablosuz ağa bağlı kalmak zorunda kalmayacağız. Bu durum mesafeden kaynaklı ağ bağlantı hızında ve gecikme sürelerinde yaşanan probleme yönelik geliştirilen çözümdür.

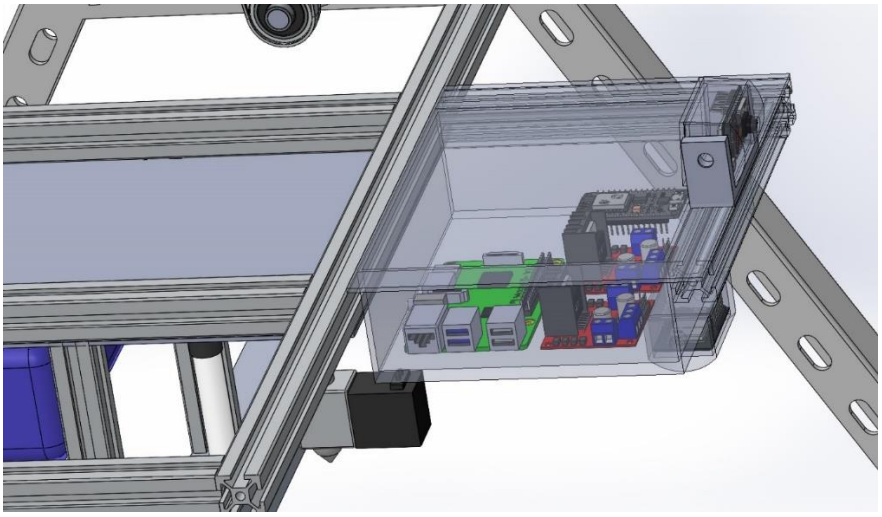
8. Özgün Bileşenler

8.1. Elektronik Bileşenler

Projemizde yer alacak elektronik bileşenler; Raspberry Pi 3B+, NodeMCU, L298N motor sürücü, bir adet aracın önünü bir adet altını olacak şekilde toplam iki adet ESP32-CAM mikrodenetleyici kullanılacaktır. Projemiz WiFi ile haberleşeceği için projemiz için kablosuz haberleşme için uygun olan kontrolcüler seçilmiştir. Motorlar ile yaptığımız testlere uygun olarak L298N motor sürücü olarak seçilmiştir.

NodeMCU, manyetik enkoderlerden ve MPU 9250 IMU sensöründen aldığı bilgiyi işleyerek konum ve hız bilgisini hesaplamaktadır. Ayrıca depo ve şarj durumunu takip etmektedir. Konum, hız, depo ve pil doluluk oranları sadece değişim olduğu durumlarda anlık olarak HTML tabanlı sunucu üzerinden paylaşılmaktadır. Sunucu normal şartlarda lokal IP adres üzerinden yayımlanmaktadır fakat NGROK aracılığıyla lokal adresi Public Adrese dönüştürerek aynı kablosuz ağa bağlı olmadan Matlab arayüzüyle ilgili IP adresinden bilgileri çekiyoruz. Bu şekilde mesafeden bağımsız olarak aracın kontrolünü Matlab ile sağlamış olacağız.

Raspberry Pi, yapay zeka algoritmalarını iki kamera ile işleyebilecek işlemci gücüne sahip olmadığı için yalnızca ESP32-CAM ve NodeMCU ile paylaşılan bilgileri lokal sunucudan Public sunucuya yönlendirmekle görevlidir. İnternet bağlantısı aracın üzerine yerleştirilmiş akıllı telefondan kablosuz internet paylaşımı yaparak sağlanmaktadır.



Şekil 10 Elektronik Bileşenle

8.2. Mekanik Bileşenler

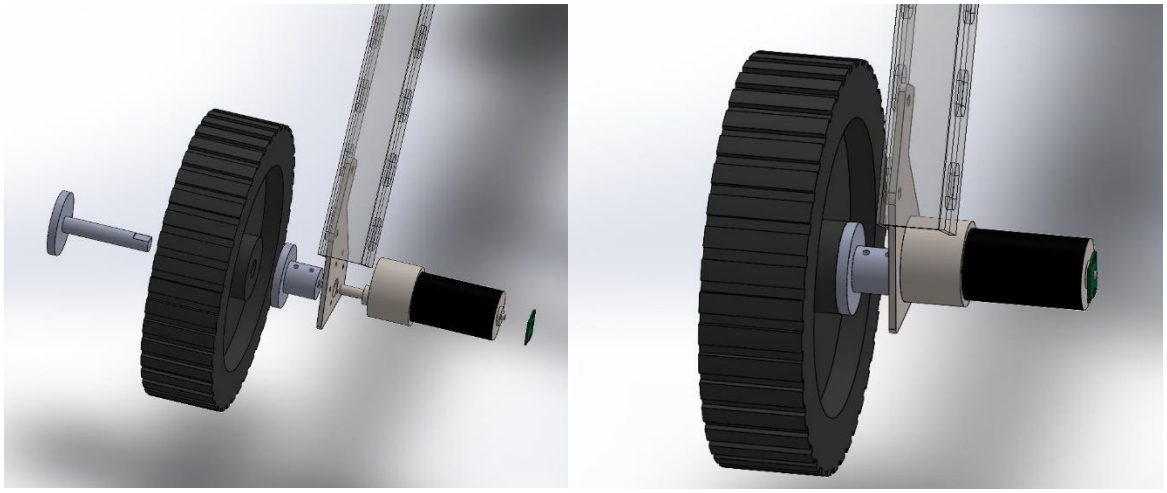
8.2.1. Salıncak Mekanizması

Yürüyüş sistemi İKA'nın stabilitesini ve engebeli tarla yüzeyine uyumunu sağlayacağı için kritik bir öneme sahiptir. Başka tasarımlardan da ilham alarak amortisör yerine salıncak sistemi adını verdiğimiz başka bir mekanizma ilgimizi çekti zira bu sistemin amortisöre göre başlıca düşük maliyet, kolay bakım ve hafiflik olmak üzere birçok avantajı vardı. Sistem ön ve arka tekerleklerin birbirine birleşmesi, gövdeye mafsal ile bağlanması ve aracın arkasında salıncak adını verdiğimiz gövdeye mafsallı bir çubuğa montajlanmasından oluşuyor. Sistemin 3 boyutlu modellemesini oluşturduktan sonra hareket analiziyle salıncak sisteminin tümsek ve çukurlara

uyum sağlayabildiğini gördük. Salıncak sistemiyle gövdenin yerle açısı eğimin açısının yarısı kadar olmaktaydı ve bu da ilacı tam olarak bitki üzerine sıkmamıza yardımcı olacaktı. Bu avantajları değerlendirip analizleri tamamladıktan sonra bu sistemi kullanmayı uygun gördük.

8.2.2. Hareket Sistemi

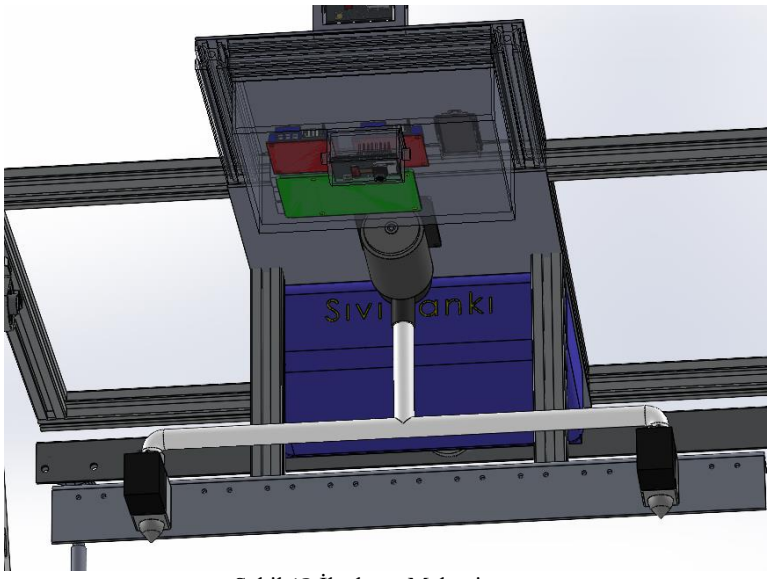
Hareket sisteminde her bir tekerden 12 Volt DC motorla tahrik verilmektedir. Harketi sağlamak için aynı bacağa bağlı arka ve ön tekerlere eşit miktarda tahrik verilmektedir. İkili teker gruplarına aynı yönde tahrik verildiğinde araç ileri veya geri hareket etmektedir. İkili teker gruplarından sağ gruba ve sol gruba birbirine zıt yönlerde tahrik verildiğinde sağa veya sola dönüşler gerçekleşmektedir. Aynı bacağa bağlı ön ve arka tekerlere eşit oranda tahrik verilebilmesi için iki tekerin motorlarına tek motor sürücüden tahrik verilmektedir.



Şekil 11 Tekerlek Montaj Şeması

8.2.3. İlaçlama Mekanizması

İlaçlama mekanizmasında iki adet Selenoid Valf kullanılmaktadır. Selenoid valfler normalde kapalı konumunda beklemektedir. Röle Kartı ile Selenoidler tetiklenerek ilaçlama işlemi yaptırılmaktadır. Selenoidler 10 bar basınca kadar dayanmaktadır. İlaçlama mekanizmasında en yüksek basınç değeri ise 6 bar olmaktadır. Selenoidlere ise 1/8 inç ölçüsünde ilaçlama için uygun nozüller monte edilecektir.

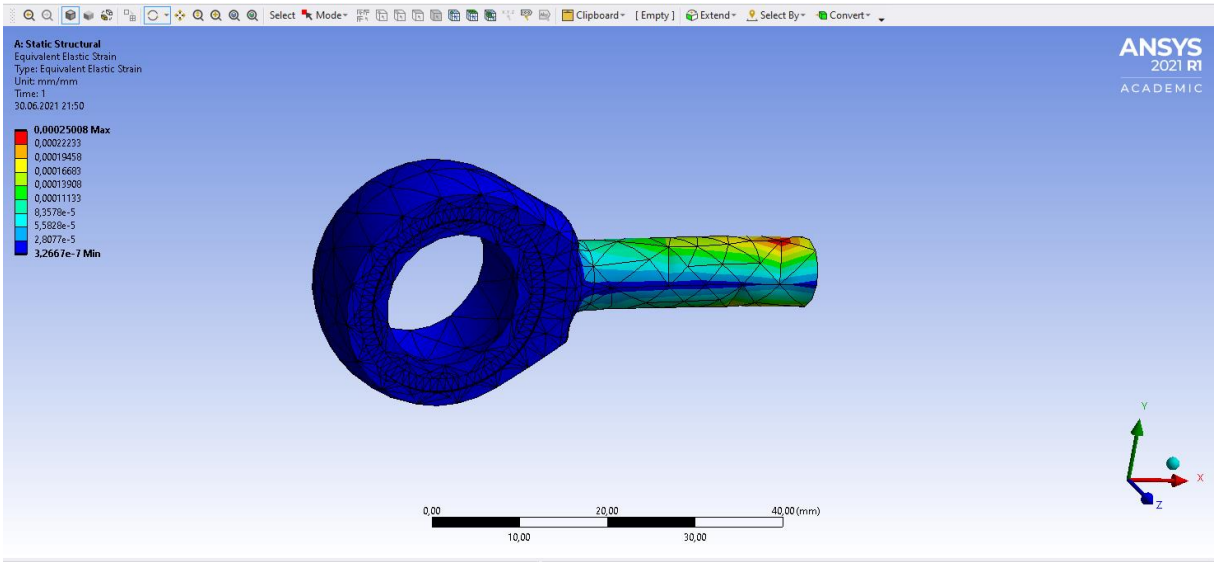


Şekil 12 İlaçlama Mekanizması

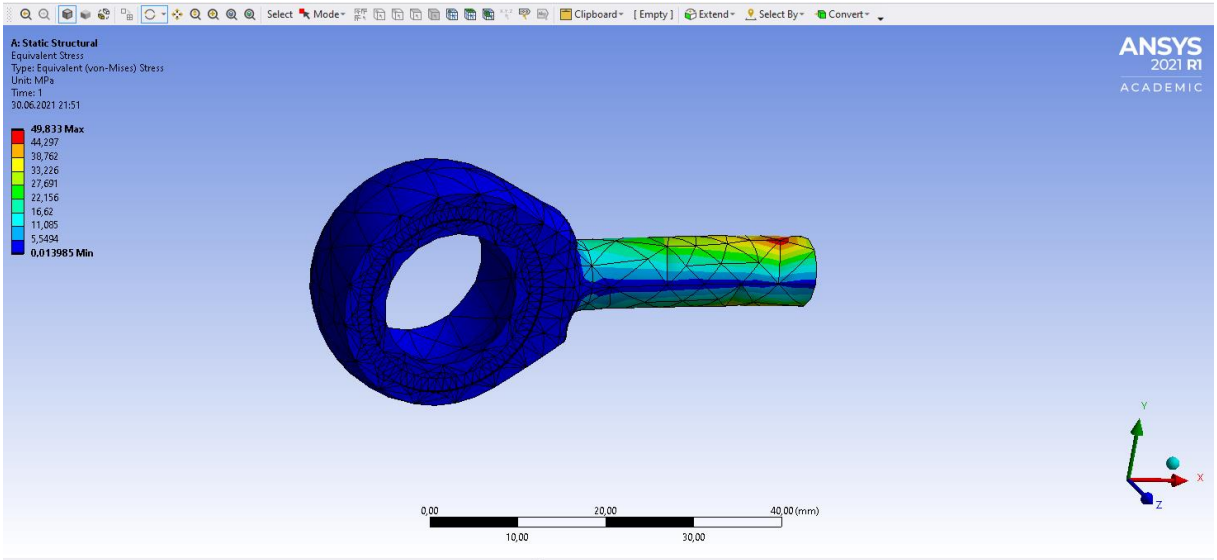
8.3.Tasarım Doğrulama ve Test Yöntemleri

Tınaztepe İKA projesi ekibi olarak mekanik tasarımı yaparken CAD ve CAE programlarından yararlanmaya çalıştık. Genel olarak Solidworks ve Ansys Workbench programlarına yoğunlaşan ekibimiz, farklı tasarımları dijital ortamda oluşturup, analiz programları ile aracın sağlam ve dengeli bir şekilde hareket edebilmesine yoğunlaşmıştır. Titreşim analizi, sonlu elemanlar analizi ve hareket analizi gibi farklı simülasyon ortamlarında araç tasarımını test etmeye çalıştık. Aracın farklı yük durumlarına göre hız, ivme, sürtünme gibi veriler tanımlanıp cıvataların gevşeme ihtimalleri, tekerlek bağlantı elemanları ve salıncak mekanizmasının engebeli yollarda hareket halindeyken maruz kaldığı gerilmeler gibi birçok parametreyi gözlemlemeye çalıştık. Bu sayede aracın şasesinin malzemesini seçebilme ve tasarımda iyileştirmeler yapıp, sağlam ve hafif bir tasarım oluşturabilme imkanı oluşmuştur.

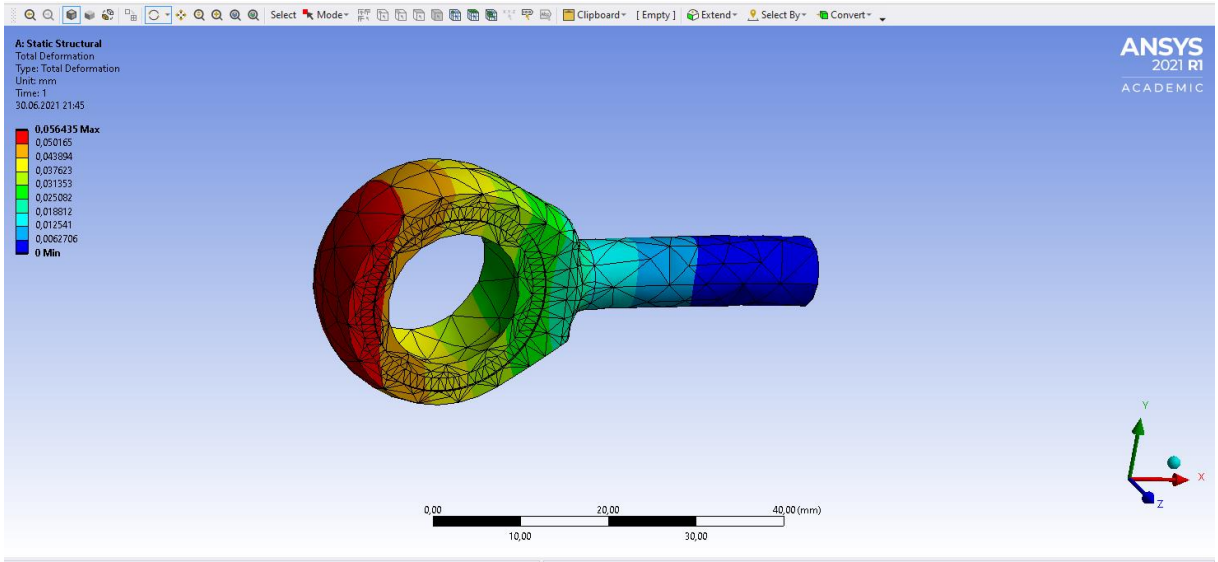
Ansys ile kritik parçalar için Elastik Gerinim ve Stres test sonuçları aşağıda verilmiştir. Dana gözleri ve tekerlek bağlantı parçası için 100 Newton kuvvet altında alınan sonuçlar paylaşılmıştır. Test sonuçlarına göre kabul edilebilir miktarda gerinim ve deformasyon oluştuğu görülmüştür.



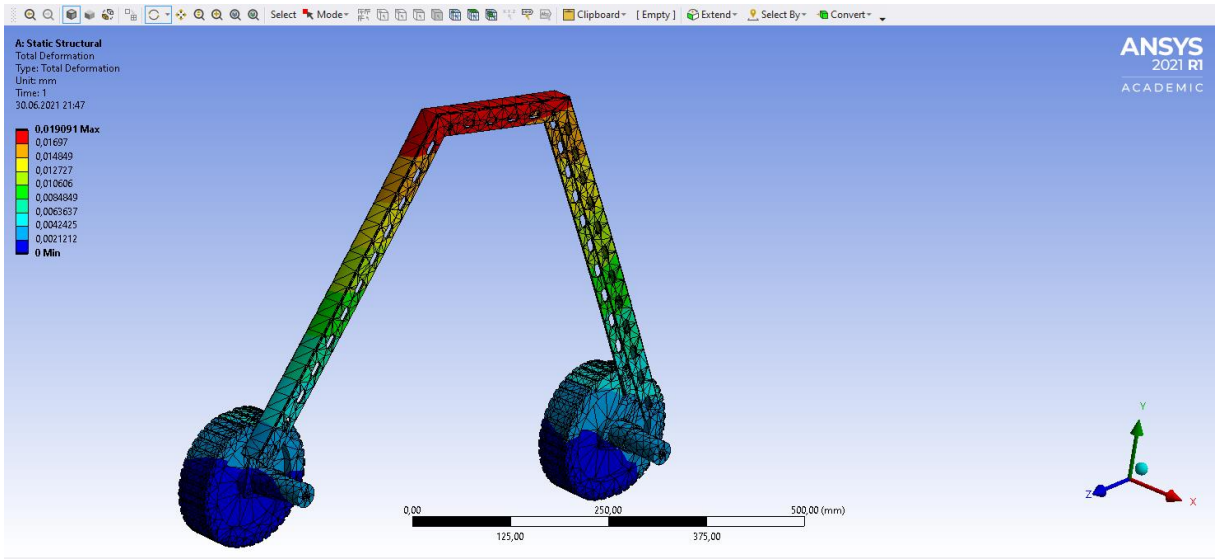
Şekil 13 Dana Gözü Eşdeğer Elastik Gerinim Test Sonuçları



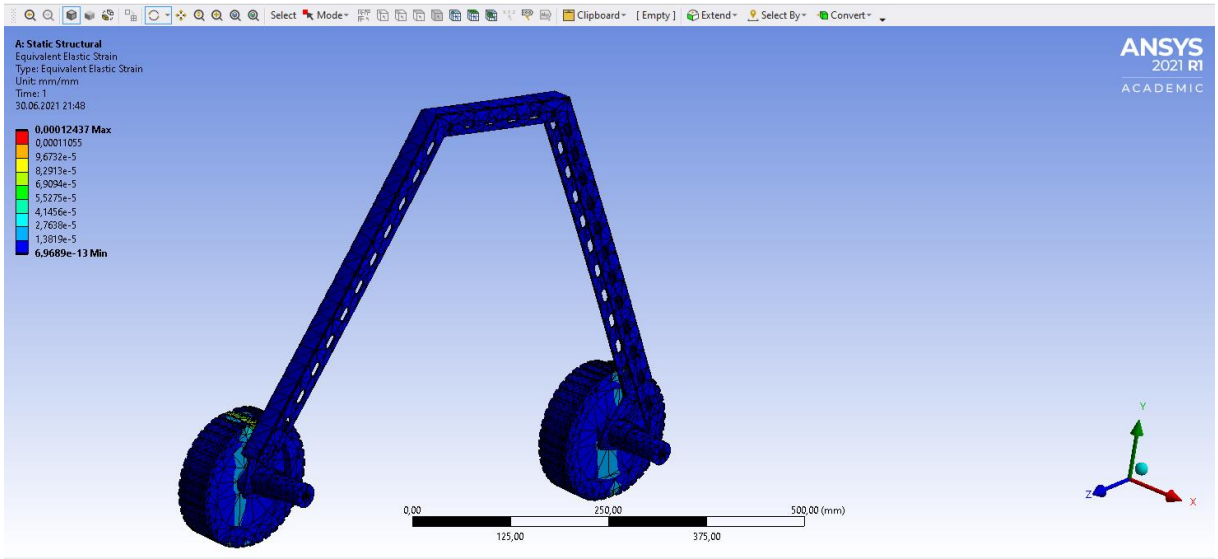
Şekil 14 Dana Gözü Stres Test Sonuçları



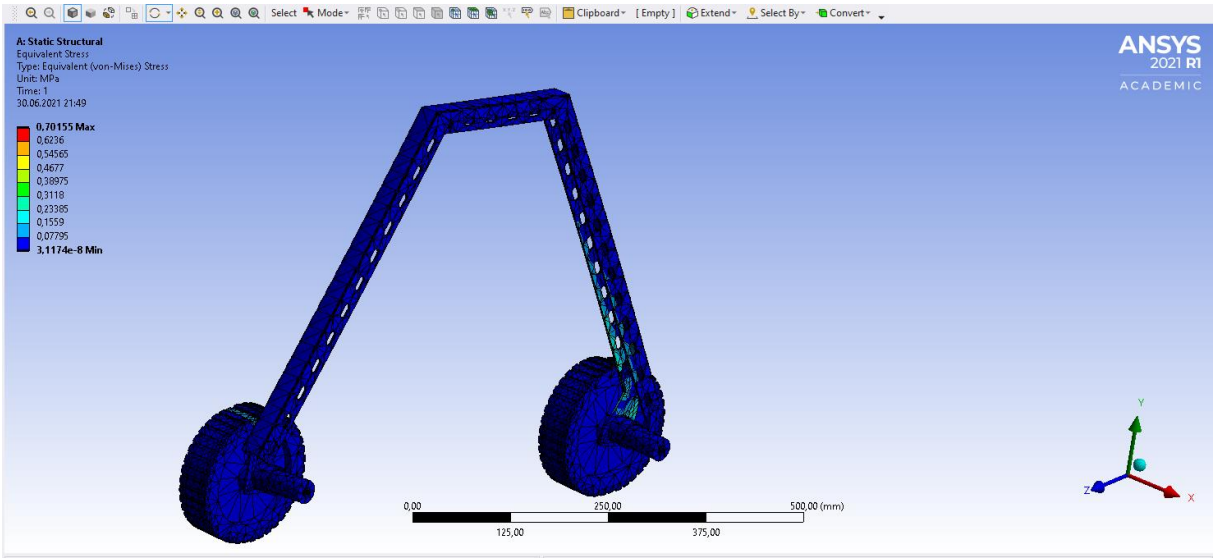
Şekil 15 Dana Gözü Toplam Deformasyon Analiz Sonuçları



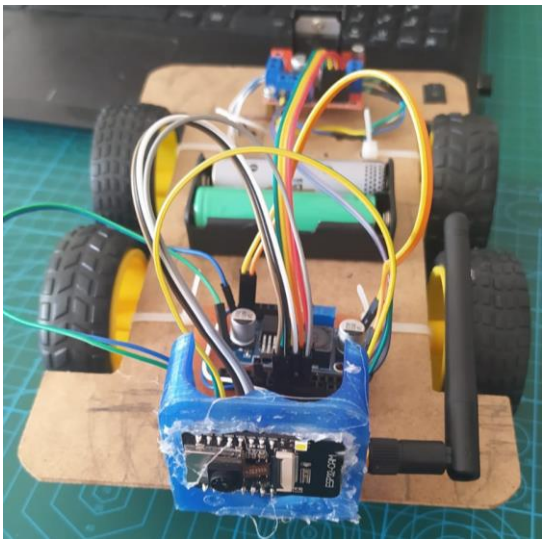
Şekil 16 Tekerlek Bağlantı Parçası Deformasyon Test Sonuçları



Şekil 17 Tekerlek Bağlantı Parçası Eşdeğer Elestik Gerim Test Sonuçları



Şekil 18 Tekerlek Bağlantı Parçası Eşdeğer Gerinim (von-Mises) Test Sonuçları



Şekil 19 Yazılım ve Donanım Testleri İçin Kullanılan Prototip

9. Güvenlik Önlemleri

Güvenlik önlemleri aracın dışardan alacağı etkilerle zarar görmesini önlemek ve dışarıya zarar vermesini engellemek için önemli bir durumdur. Bu zararları en aza indirmek için birkaç önlem almaya çalıştık. Bunlardan biri aracın dışarısıyla temas edebilme ihtimali olan motor, ilaç kabı gibi yerlerini dışarıyla temas edemeyecek şekilde korumaya almak olmuştur. Bir diğer durum aracın belli bir mesafeyi geçtikten sonra bağlantının kaybolması durumunda çalışmaya devam edip zarar görmesini önlemek için bağlantısının kesilmesi yer alıyor. Güneş panellerinin zarar görmesini engellemek için esnek bir malzemeden yapılan güneş panellerinin kullanılması hedeflenmiştir. Pil durumu kontrol edilip aracın yarı yolda kalmasını önlemek için, belli pil oranı kaldığında belirlenen yere gitme durumu planlanmaktadır. Aracın çukur, engel gibi yerlerde sıkışıp çalışmaya devam ederek pilini bitirmesini önlemek için, yüksek çektiği durumlarda acil durum moduna geçip otomatik kapanması hedeflenmektedir. Ayrıca acil durumun tespil edildiği durumlarda el ile veya ara yüz üzerinden acil durum butonu ile kapatma mümkün olacaktır.

9.1. Risk Yönetimi

Riskler	Risk Oranı	Alternatif Çözüm
Kablosuz bağlantının sağlanamaması durumunda araç kontrolünün yapılamaması	★★	410-525 Mhz Lora kablosuz haberleşme modülü kullanımı
Dolar kurundaki değişiklikler yüzünden malzeme tedarik edilmesinin zorlaşması	★	Sponsor bulunması, ürünlerin yurtdışından uyguna alınması
Korona sebebiyle test, üretim, takım çalışması süreçlerinin aksaması veya yapılamaması	★★★	Çalışmaların ve testlerin yalnız bilgisayar ile yapılması
Güneş ışığı yansımalarından kaynaklı görüntü alma problemlerinin yaşanması	★	ND Filtre lensi eklenmesi

KAYNAKLAR

- Tiryaki O., Canhilal R., Horuz S., Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(2): 154-169 (2010)
- Arslan S., Çiçekgil Z., TEAD, 2018; 1-12, Araştırma Makalesi, Türkiye'de Tarım İlacı Kullanım Durumu ve Kullanım Öngörüsü
- D. Downey, R. Ehsani, K. Gilles, Advanced Engineering Systems for Specialty Crops: A Review of Precision Agriculture for Water, Chemical, and Nutrient Application, and Yield
  Monitoring, Ocak 2010

- Tarimkutuphanesi.com, Zirai Mücadele İlaçlarının İnsan ve Çevre Sağlığına Etkileri

- Siddhi S. Mane, Nikita N. Pawar, Sneha A. Patil, Prof. D.O. Shirsath, Automatic Farmer Friendly Pesticide Spraying Robot with Camera Surveillance System, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET) Volume: 07 Issue: 05 | May 2020
- Pablo Gonzales-de-Santos, Roemi Fernandez, Eduardo Navas, Delia Sepúlveda, Manuel Armada, Unmanned Ground Vehicles for Smart Farms, Agronomy10.5772/intechopen.90683, February 2020
- https://www.akm.com/jp/en/technology/technical-tutorial/basic-knowledge-encoder/magnetic-encoder/