



**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
MAKİNA MÜHENDİSLİĞİ FAKÜLTESİ**

KOVAN ZİHNİ ZEKASINI TAKLİT EDEN DİJİTAL TARIM SİSTEMİ

15067016 Baran Kuzu

16067013 Enes Sever

16067037 Özenç Aybek

MEKATRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALINDA HAZIRLANAN

MEKATRONİK SİSTEM TASARIM RAPORU

Proje Danışmanı: Doç. Dr. Aydın Yeşildirek

İSTANBUL, 2021

REVİZYON TARİHÇESİ

Tarih	Rev. No	Tanımı	Yazar(lar)
01/11/2020	1.0	Başlangıç dökümanı	Özenç A
15/11/2020	1.1		
26/11/2020	1.2		
11/12/2020	1.3		
28/12/2020	1.4		
05/01/2021	1.5		
15/01/2021	1.6		

SİMGE LİSTESİ (Alfabetik)

Yunan Harfleri

İndisler

a	Hava
doy	Doyma
o	Çevre hali, ölü hal

Üsler

- . (nokta) Birim zamanda
- o Standard referans hali

KISALTMA LİSTESİ

MMO Makina Mühendisleri Odası

ASME American Society of Mechanical Engineers

SAE Society of Automotive Engineers

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Şekil yazısı, şekil ile bir satır boşluk bırakılarak şeklin altına yazılmalıdır

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 3.1 Gerekli açıklama çizelge ile bir satır boşluk bırakılarak çizelge üstüne yazılır

ÖZET

Geleneksel tarımda ekim ve hasat işlerinin çiftçinin kümülatif bilgi birikimi ile ilerlemesi , arazi tanıma, onaylama ve kontrol işlemlerinin ziraat mühendislerinin uzun süren gözlem ölçümleriyle gerçekleşmesi bakımından yetersiz kalmaktadır. Sensör füzyonu ve gözlem teknolojisi ile elde edilebilecek anlık verilerin, halihazırda robotik sektöründe işlenmesi ve bu verilerin akıllı bir şekilde anlamlandırılması ,tarımda artan üretim ihtiyacımıza cevap verebilecek, kaynak israfını minimize edebilecek ve tarımda en etkin yetiştirme yöntemlerini Endüstri 4.0 ile birleştirecek mekatronik bir sistemin tasarımını elzem kılmaktadır. Bu noktada önerdiğimiz dijital tarım sistemi, arı kovani hiyerarşisini referans alarak, verimliliği arttıracak ve iş paylaşımını optimize edecek gömülü bir yapay zekaya sahiptir. Dijital Tarım Sistemi, nihai karar mekanizması olan kraliçe arıdan, günde üç kere havadan görüntü yakalayarak fotoğraf çeken insansız hava araçlarından ve kara alanında toprağın nem, pH ve sıcaklık ölçümünü gerçekleştiren 3 temel bireyin bir sürünün parçası olarak anlık haberleşmelerinden oluşur. Sistem tarafından alınacak bu otonom kararların çıktılarının; çiftçiye sulama,gübreleme,hasat ve benzeri alanlarda çeşitli iyileştirme önermeleri olarak geri dönmesi beklenmektedir. Drone, üst seviyede çektiği görüntüleri kraliçe arıya işlenmesi için iletecek,kraliçe arı tarım arazisinde sorun olabilecek bölgeleri belirleyip Arı Kolonisi Algoritması ile görev-kara robotu eşleştirmesi gerçekleştirip Parçacık Sürü Algoritması ile de kara robotlarının hangi sırayla gözlem görevlerini gerçekleştireceğini belirleyecektir. Kraliçe Arının eşleştirme komutlarından sonra kara robotları ilgili arazi bölümünde pH,nem ve sıcaklık ölçümlerini gerçekleştirip arayüz aracılığı ile çiftçiye sulama yüzdesi,toprak gübresi ve hasat olgunluğu hakkında önermelerde bulunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kovan Zihni, Sürü Zekası, Parçacık Sürü Algoritması, Yapay Arı Kolonisi Algoritması,

1.GİRİŞ

1.1 Amaç

Türkiye İstatistik Kurumu 2019 verilerine göre ülkemizde yıllık nüfus artışı binde 13.9'tur. Ülkemiz nüfusundaki bu artış, her sene ortalama 523 ton fazladan besin üretmemiz gerektiğini göstermekte ve geleneksel tarım bu artışı karşılama noktasında yetersiz kalmaktadır. Ekim ve hasat işlerinin kümülatif bilgi birikimi ile ilerlediği geleneksel tarımda;arazi tanıma,onaylama ve kontrol işlemlerinin ziraat mühendislerinin uzun süren gözlem ve ölçümleriyle gerçekleşmesi, geleneksel tarıma dijitalleşen dünyamızdan bir iz bırakmak için büyük bir fırsat olduğunu göstermektedir.

1.2 Motivasyon

Sensör füzyonu ve gözlem teknolojisi ile elde edilebilecek anlık verilerin, halihazırda robotik sektöründe işlenmesi ve bu verilerin akıllı bir şekilde anlamlandırılması; tarımda artan üretim ihtiyacımıza cevap verebilecek,kaynak israfını minimize edebilecek ve tarımda en etkin yetiştirme yöntemlerini Endüstri 4.0 ile birleştirecek mekatronik bir sistemin tasarımını elzem kılmaktadır. Yöntem kısmında tasarım kriterleri belirtilecek olan bu sistemin; sensörlerle ölçüm alması ve kamera aracılığı ile görüntü toplaması,bir iletişim protokolü ile bu verileri gömülü bir yazılıma iletmesi, bu gömülü yazılımın yapay zeka ve optimizasyon algoritmalarını veri tabanı işleme metotları ile birleştirip verimliliği artıracak otonom kararlar alması hedeflenmektedir. Sistem tarafından alınacak bu otonom kararların çıktılarının; çiftçiye sulama,gübreleme,hasat ve benzeri alanlarda çeşitli iyileştirme önermeleri olarak geri dönmesi beklenmektedir. Önerdiğimiz bu sistem, geleneksel tarıma kümülatif olarak ilerleyen bilginin ve tekrar eden işlerin çağımıza adaptasyonu hususunda modüler ve yenilikçi bir çözüm önerisi sunmaktadır.

1.3 Kapsam

1.3.1 Yapı ve Fonksiyon Blokları

Önerdiğimiz dijital tarım sistemi yukarıdan aşağıya tasarım (top-down design) prensibi ile gerçekleştirildi. Bu yukarıdan aşağıya sistem tasarımı sürecinde ,ulaşmak istediğimiz nihai noktadan, yani sürekli ölçümler alan ve bu ölçümleri işleyerek çiftçiye önermeler sunan dijital bir tarım sisteminden, var olması elzem olan alt gruplara,bunların işlevlerine ve bu işlevleri nasıl gerçekleştirecekleri noktasına kadar böldük.Bu yaklaşımımız sonucunda,raporun Çalışma Takvimi bölümünde belirtilecek olan iş kırılımı yapısını elde etmiş olduk.Arı kovanı çalışma prensibini referans alarak sürümüzü kovan zihni, kraliçe arı ve işçi arılar olmak üzere 3 gruba böldük. Aşağıdaki yapı görseli,sistemimizin en genel çalışmasını şematik bir biçimde refere etmektedir.

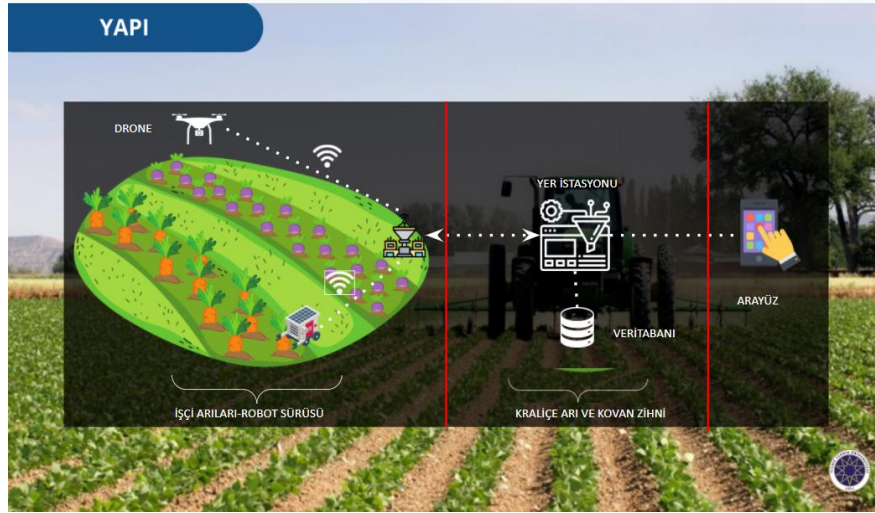


Figure 1:Kovan Zihni Zekasını Taklit Eden Dijital Tarım Sistemimizin yapısal şematiği

Sensörler ve aktüatörler aracılığı ile çalışan gözlemci kara robotları ve insansız hava araçlarından elde edilen veriler işlenmek ve anlamlandırılmak üzere “kovana”,yani kraliçe arı olan yer istasyonuna iletilir. Burada metodolojide açıklanacak olan işlemlere uğrayarak çiftçimize yetiştirme alışkanlıkları,bunları nasıl değiştirebileceği ve ürünlerinin ne zaman hasata hazır olabileceği ile ilgili bilgileri iletir. Bahsettiğimiz fonksiyon diyagramını aşağıdaki görselde şematikleştirilmiştir.

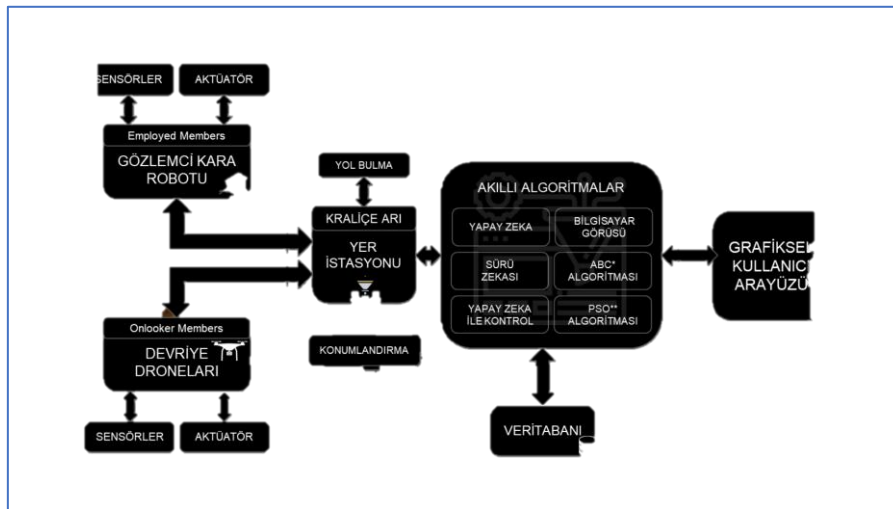


Figure 2:Kovan Zihni Zekasını Taklit Eden Dijital Tarım Sistemimizin Fonksiyonu

1.3.2 Sürü Hiyerarşik Düzeni

Doğada karşımıza çıkan ilginç sürülerden bir tanesi, bal arısı kolonileridir. Bal arısı kolonilerinin görsel hafızalarının,navigasyon sistemlerinin,yuva yapacakları bir sonraki konumu belirlerken kullandıkları karar alma mekanizmaların ve yiyecek bulmak üzerine görev paylaşım sistemlerinin bulunması bal arılarının karakteristik özelliklerinin zeki davranış modelleri ve haberleşme protokollerini üzerine kurulduğunu göstermektedir.[6]Bu sebeple bal arılarının ve kovan zihni davranışlarının anlamlandırılıp sistem modellemesinin yapılması,teknolojik gelişmeler açısından büyük bir önem taşımaktadır.

Tasarladığımız dijital tarım sisteminde sürümüz hiyerarşik olarak 3 kola ayrılmaktadır.

Table 1: Sürü Hiyerarşik Yapısı

Kraliçe Arı	Fonksiyon görselinde “yer istasyonu” olarak nitelendirdiğimiz kraliçe arı,sürümüzde kaç tane robot olacağı, bu robotların hangi görevleri hangi sıra ve zamanlamayla gerçekleştireceğine karar verir. Benzer şekilde,kendisine gelen veriler ile kuracağımız haberleşme ağı sayesinde besin kalite kontrolü yaparak çiftçi tarafından önlem alınması gereken durumları belirler. Kraliçe arı,yani yer istasyonumuz,sürünün alt robotlarına verilecek görev önceliklendirmesi,gidecekleri yolun belirlenmesi ve anlık konumlandırması açısından sürü hiyerarşisinde en üst sırada yer almaktadır.
Drone	Kraliçe arıyı takiben daha kısa sürede daha fazla metrekarede devriye işlemini gerçekleştireceğinden, insansız hava araçları olan dronelar hiyerarşide ikinci sırada bulunmaktadır. Bu insansız hava aracından alınacak anlık görüntülerin yer istasyonunda işlenmesi ile en alt sınıf olan işçi arılar harekete geçirilecektir. Bu insansız hava araçları, tarım alanında gözetleme yapacak,olağanüstü nesne ve durum tespitini anlık görüntülerle iletecektir.Benzer şekilde bitkilerin boy uzunluğu,yaprak ayası ve meyvelerinin olgunlaşması ile ilgili çektiği görüntüleri de kraliçe arıya iletmekle yükümlüdür.
İşçi Arılar	Bu proje kapsamında sadece nem,sıcaklık ve pH ölçümü alacak olan gözlemci yer robotları,hiyerarşide en alt sırada yer almaktadır. İşçi arılar,yani kara gözlem robotları,kraliçe Arıdan gelecek konum ve görev bilgilendirmesine göre ilgili bitkiden ölçümleri alıp ,ölçüm sonuçlarını kraliçe arıya iletmekle yükümlüdür. Olağanüstü durumlarda drone,kraliçe arının kendisine yetki vermesi ile birlikte,gözlemci kara robotunu ilgili bölgeye yönlendirebilmektedir.

1.3.3 Literatür Taraması

Yapılan kapsamlı literatür taramasında belirlenen ve referans alınacak en önemli 3 makale aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.Bu literatür taraması sırasında yapay zeka destekli tarım teknoloji uygulamalarının sayısının az olduğu saptanmıştır, literatürdeki bu eksikliği kapatabilmek amaçlı tez sonunda araştırma ve geliştirmelerle ilgili bir makale yazılması ise ek hedeflerimiz arasında yer almaktadır.

Table 2:Literatür Taraması

	Ana Fikir	Metodoloji	Avantajlar	Dezavantajları
D.Albani(2017)[]	Arazide istenmeyen otların varlığının ve konumunun otomatik tespiti	Support Vector Machine ve görüntü işleme	ot tespiti için harcanan sürenin kısılması	Kamerada çekilen fotoğraf kalitesi tespiti zorlaştırır.
U.S.Rajani(2017)[]	Toprağın sıcaklık,nem ve pH verilerini ölçüp arayüze iletmek	RTOS ve Real Time Clock ile haberleşme	Sulama için harcanan su %40 oranında azalır.	Anlık ve ekstrem sıcaklık durumları gözardı edilmiştir.
N.Doan(2017)[]	Kompleks bir görev için basit 2 mekanizmanın kollaboratif çalışması	Path Planning ve mastes-slave hiyerarşisi	Sistem daha verimlidir.	Lokasyonlar eş zamanlı alınamamıştır.

1.4 Kabuller ve Varsayımlar

Nitel hedeflerimizi mühendislik yaklaşımı ve metodolojileri ile gerçekleştirme güdümüz, bitirme tezimizin belirlenen iş-zaman planı ve lisans öğrencisi birikiminde gerçekleşmesi gerektiğinden bazı kabuller ve varsayımlara tabii tutulmuştur. Bu varsayımlar projenin birinci fazı için; robot sürümüne ve yer istasyonuna zarar verebilecek yabancı hayvan ihlali için ekstra önlem alınmış olduğu, arazi zemin şartlarının optimal olduğu ve hava koşullarının optimum tarımcılığa uygun olduğunun kabulünü içermektedir.

Sürümümüzdeki robot sayımızın arazi büyüklüğü ile orantılı olarak belirleneceği,sürünün sabah,öğle ve akşam olmak üzere günde 3 defa veri toplamak için çalıştığı,devriyeden sorumlu işçi arı olarak tanımlanan insansız hava araçlarının her bir devriye süresinin 20 dakika olduğu, haberleşme protokollerinin birinci faz için 3 kilometre olduğu, sürü çalışma sıcaklığının 10 ile 50°C olduğu,sensör ölçüm hassasiyetlerinin pH için 0-14 arasında,nem ölçümü için %90 kesinlikle olduğu ve sıcaklık sensörü için hassasiyetinin 10 mV/°C hassasiyette -55°C +150°C arası olduğu kabul edilmiştir. Kapsamdaki bu kısıtlamalar belirtilecek olan malzeme seçimi ve sistem entegrasyonunda büyük fayda sağlamaktadır.

2. GEREKSİNİM SPESİFİKASYONLARI

2.1 Pazar Gereksinimleri

Sistem arazi koşullarında çalışabilmeli ve farklı zaman aralıklarında ölçüm almalıdır.

Sistemin var olan bitkilere zarar vermemesi gerekmektedir.

Sistem kolayca kontrol edilebilir bir arayüze sahip olmalıdır.

Sistemin satış fiyatı çok yüksek olmamalıdır.

2.2 Teknik Gereksinimler

Sistemde kullanılan sensörlerin hassaslık oranının yüzde 90 seviyesinde olması gerekmektedir.

Sistem

2.3 Tasarım Spesifikasyonları

Pazar gereksinimlerinden yola çıkarak çizilen teknik gereksinimler sıralanmıştır. Bunları sağlayacak teknik gereksinimler teknik paydaşlarla aşağıda de gösterildiği gibi belirlenmiştir.

Table 3:Gereksinim Spesifikasyonları

Pazar Gereksinimleri	Teknik Gereksinimler	Açıklama
1,2,4		
1-4		
2,4		
3		
3		
4		

3. TEORİK ALTYAPI BİLGİLERİ

3.1 Yazılımsal Altyapı Bilgileri

3.1.1 Yapay Sinir Ağı Algoritması

Yapay Sinir Ağları, tek bir tanım yapabilmek için oldukça karmaşık yapılardır. Basitçe tanımlamak gerekirse; çok sayıda paralel bağlı basit aritmetik birimin birlikte çalışarak, çoklu giriş ve çoklu çıkışa sahip bir fonksiyonu oluşturmasıdır[7]. Tüm YSA metotları

düşünüldüğünde en önemli özellik, giriş ve çıkışlar arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğunda oldukça verimli çalışmalarıdır. Şekil 3' de bu tanımı görsel olarak açıklayan bir görsel yer almaktadır.

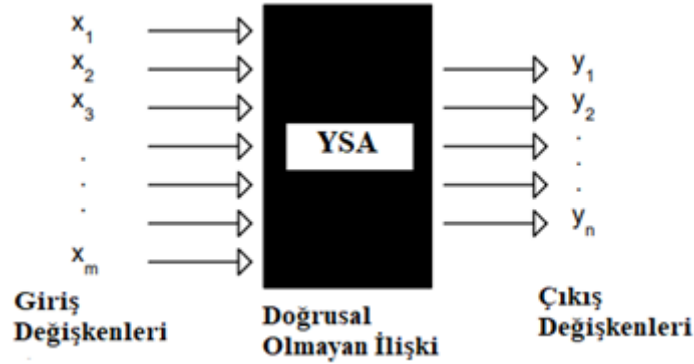


Figure 3: Biyolojik Nöron Hücresi ile YSA Nöron Karşılaştırması

Yapay Sinir Ağları, biyolojik nöronların davranışlarını matematiksel olarak taklit eden yapay nöronların bir araya gelmesiyle oluşur. Her bir yapay nöron çevresindeki diğer nöronlardan gelen sinyalleri kabul eder ve tanımlı aritmetik işlemleri sinyal üzerinde gerçekleştirdikten sonra önceden tanımlanmış sinyal yollarıyla çevre nöronlara iletir. Şekil 6' da[8], bir YSA nöron ile biyolojik bir nöronun karşılaştırıldığı görsel yer almaktadır.

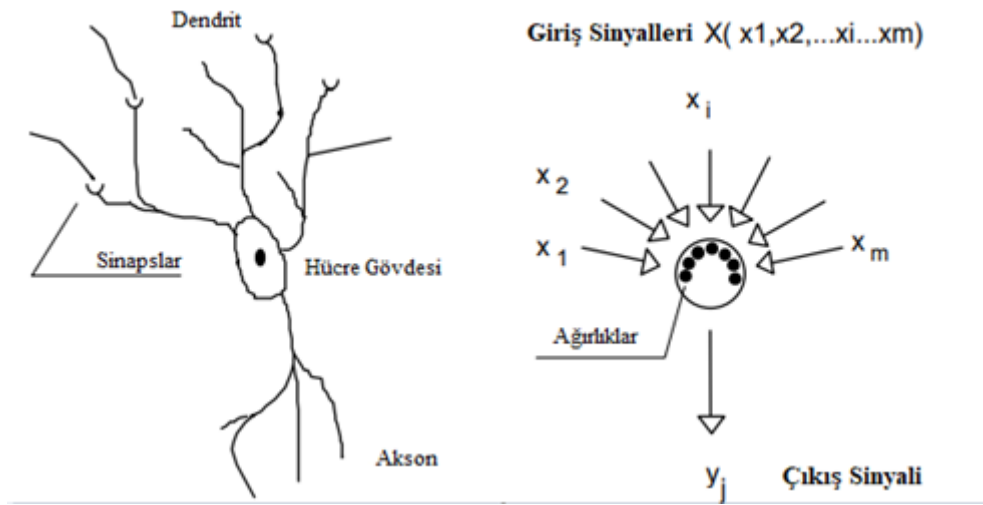


Figure 4: Biyolojik Nöron Hücresi ile YSA Nöron Karşılaştırması

3.1.2 Yapay Arı Kolonisi Algoritması

Arı kolonilerinin zeki davranışları ve besin arama sürecindeki davranışlarını modelleyen Karaboğa, Yapay Arı Kolonisi (ABC) algoritmasını geliştirmiştir (Karaboga, 2005). Algoritmada görevli arıların sayısı toplam yiyecek kaynağına eşittir. İşçi arıların sayısı gözcu arıların sayısına eşittir. Kaynakta görevli arı kaynaktaki nektar miktarı bitince kaşif arı olmaktadır. Arı kolonilerinin yiyecek kaynaklarının konumları çözülmek istenen problemin muhtemel çözümlerine, nektar miktarı ise çözümün kalitesini ifade etmektedir. ABC algoritması en fazla nektara sahip kaynağın yerini bulmaya çalışarak arama uzaydaki

çözümlerden problemin minimumunu ya da maksimumunu veren noktayı (çözümü) bulmaya çalışmaktadır (Akay, 2009).[1]

3.1.3 Parçacık Sürüsü Optimizasyonu Algoritması

Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO), sürü halinde hareket eden balıklar ve böceklerden esinlenerek Kennedy ve Eberhart (1995) tarafından geliştirilmiş bir optimizasyon yöntemidir [10-11]. Temel olarak sürü zekâsına dayanan bir algoritmadır. Kuş, balık ve hayvan sürülerinin bir “bilgi paylaşma” yaklaşımı uygulayarak çevrelerine adapte olabilme, zengin yiyecek kaynağı bulabilme ve avcılardan kaçabilme yeteneklerinden esinlenmiştir. Parçacık Sürü Optimizasyonu çözümü bulmak adına arama yapan her bir bireye parçacık adı verilirken, parçacıkların bulunduğu popülasyona ise sürü adı verilir.

Parçacık Sürü Optimizasyonda öncelikle çözümü arayacak sürü ve gerekli parametreler belirlenir. Uygunluk fonksiyonu yardımıyla parçacıkların çözüme yakınlığı ölçülür ve bu değerlere göre “pbest” ve gbest değerleri güncellenir. Daha sonra değişim hızı fonksiyonu ile her parçacığın yapacağı hareket belirlenir ve yeni durumları ayarlanır. Tekrar uygunluk fonksiyonu ile çözüme ne kadar yaklaşıldığı kontrol edilir. Bu döngü istenilen şartlara ulaşıncaya kadar tekrarlanır. Aşağıdaki şekil PSO algoritmasının akış diyagramını göstermektedir.

4. TASARIM

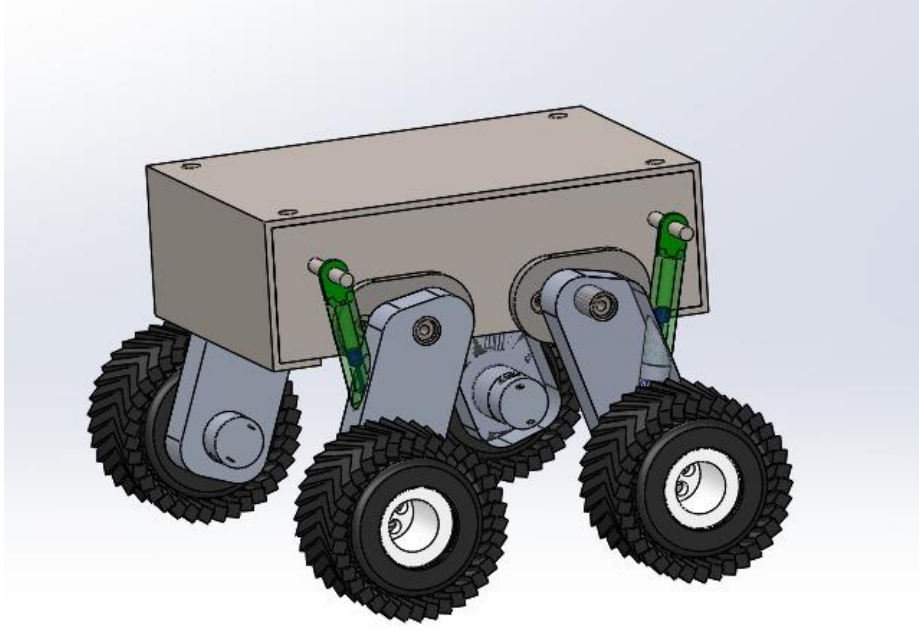
4.1 Drone

Ekili alanın boyutlarına göre farklı yüksekliklerden ve konumlardan alınan görüntüler veri havuzunda işlenebilmek için depolanacaktır. Görüntüden elde edilen çıkarımlardan sonra gerekli görülmesi durumunda daha bölgesel ve özel alanlarda görüntü alacak şekilde görevlendirilmiştir. Drone konumlandırma işlemi görüntü tabanlı konumlandırma ile takip edilecektir. Kara robotuna istinaden mesafeler arasındaki engellere takılmayacak yükseklikte ve en verimli yol bulma algoritmaları sayesinde yol kat edecektir. Drone’nun çalışma süresi 20 dakika olup günde en fazla 3 defa görüntü alması planlanmıştır. Proje kapsamında 3DR

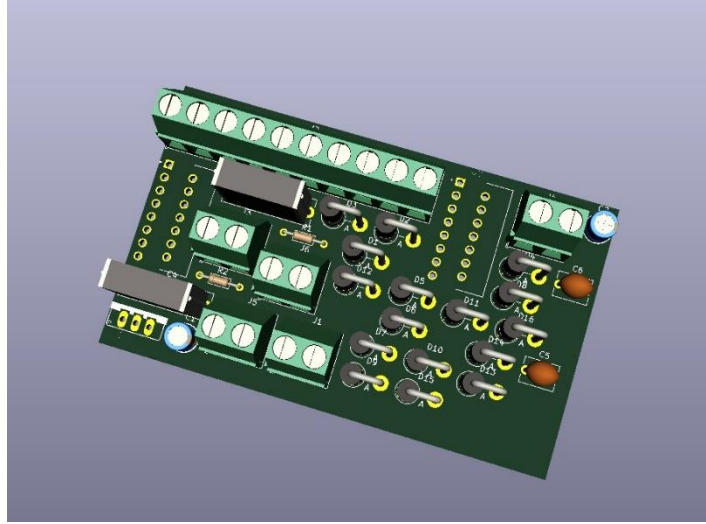
Solo insansız hava aracı temini gerçekleştirilmiştir.

4.2 Kara Robotu

4.2.1 Kara Robotu Katı Tasarımı



4.2.1 Kara Robotu Motor Sürücüsü



4.3 Kraliçe Arı(Yer İstasyonu)

4.3.1 Algoritmalar

4.3.1.1 Drone ile Çekilmiş Fotoğraflardan Tarım Arazisinde Sorunlu Bölge Tespiti

4.3.1.2 Kara Robotu Sensör Verilerini Referans Alarak Sağlıksız Bitki Tespiti

Bitkiler,pH aralığı 4'ün altında ve 10'un üstünde olan bölgede yaşayamazlar.

Bitkiler, 15 derecenin altı ve 40 derecenin üzerinde sıcaklıkta olan bölgelerde yaşayamazlar.

Bitkiler yüzde 20 ile yüzde 80 aralığında nem oranına sahip topraklarda en verimli şekilde yetişebilir.

Ekte detaylı kodu verilecek olan sistemde, veri setimizin yüzde 70 ile eğitilmiş ve yüzde 30'u ile de tahmin işlemleri gerçekleştirilmiş bir

