TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

TARIM TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI

BAMMY

PROJE ADI

OKRABOT

BAŞVURU ID

#446720

İÇERİK

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) ---------- 3

2. Problem / Sorun ---------- 4

3. Çözüm ---------- 5

4. Yöntem ---------- 6

4.1. Görüntü İşleme ---------- 6

4.2. Elektronik aksam ---------- 9

4.3. Mekanik Aksam ---------- 10

4.4. Mobil Uygulama ---------- 11

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü ---------- 12

6. Uygulanabilirlik ---------- 12

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması ---------- 13

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar) ---------- 14

9. Riskler ---------- 15

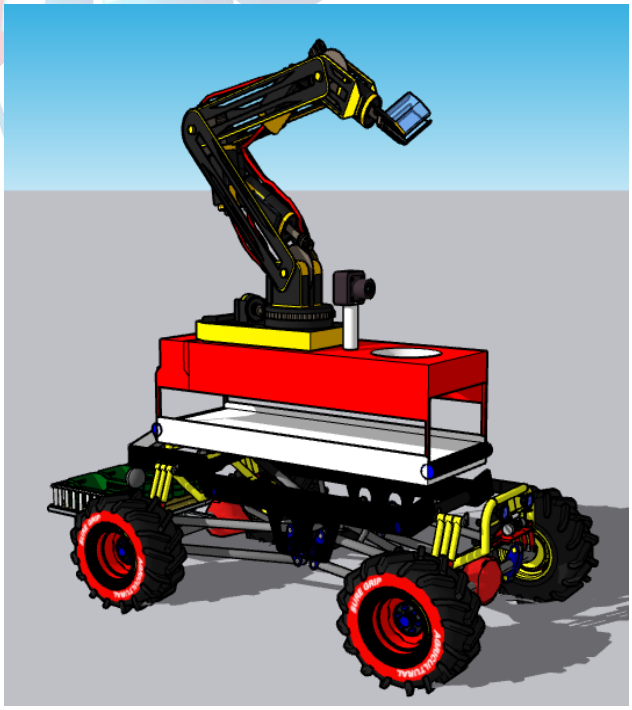
10. Referans / Kaynaklar ---------- 16

1. Proje Özeti / Proje Tanımı

Tarım sektöründe teknolojinin gelişmesiyle birlikte robotik hasat makineleri kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde robotik hasat makinelerinin çeşitliliği, uygulanabilirliği ve etkinliğinin artırılması çiftçilere büyük rahatlık sağlamaktadır. Tarımda ürünlerin ekonomik değerini etkileyen en önemli faktörlerden birisi de hasat zamanında yaşanan çeşitli problemlerdir. Çiftçilerin hasadında en çok zorlandığı ürünler arasında bamya bitkisi başta yer almaktadır. İklimsel parametrelere bağlı olarak mart ve nisan aylarında ekimi yapılan bamya, hava sıcaklığına bağlı olarak haziran ayında hasat edilmeye başlanmaktadır [1]. Hasat doğru zaman ve şekilde yapılamadığında ürünün ekonomik değeri önemli derecede düşmektedir. Bamya bitkisinin sap, yaprak ve meyvelerinde bulunan tüyler toplanma sırasında ciltte tahrişe sebep olan eksudatif biyokimyasal maddeler salgılayarak toplayan kişiler için büyük zorluk çıkarmaktadır. Bu durum bamya hasadını oldukça zahmetli hale getirerek üretimi sınırlandırmaktadır [5]. Üretimi sınırlandıran bir diğer etkeni ise bamya meyvesinin çok hızlı olgunlaşması ve hasat dönemi boyunca üreticilerin her gün belirli aralıklarla ürünü kontrol ederek arzu edilen olgunluğa erişen bamyaların toplanması durumudur. Hasat süreci geciktirilen bamya meyveleri daha da olgunlaşıp pazar değeri düşük olan halk tabiriyle "Kaval" evresine geçip tohum bağlama olgunluğuna ulaşmaktadır.

Ülkemizde bamya yetiştiriciliği Doğu ve Kuzeydoğu bölgeleri hariç her bölgede yapılmakta ve yıllık ortalama üretim 21-25 bin ton arasında değişmektedir [4]. Fakat hasat dönemi yaşanan zorluklar üretim oranında düşmelere sebep olabilmektedir. Yapılan araştırmalar doğrultusunda bamya yetiştiriciliğinin zorluğu ve yaşanan ekonomik kayıplar sebebiyle üretim yapan çiftçiler bamya yetiştiriciliğinden vazgeçmektedir. Hazırlanan bu projede, bamya hasadı için kullanışlı, pratik ve mobil uygulamalara entegre edilebilir yapay zeka teknolojileri ile desteklenen bir hasat robotu tasarlamak, geliştirmek ve bu sayede bamya hasadında çekilen zorlukları ortadan kaldırmayı hedeflemektedir. Görüntü işleme için tarlada yetiştirmiş olduğumuz bamyalardan elde edilen görsel veriler bamya ve hastalıklı yaprak olarak sınıflandırılmış ve görüntü piksellerini azaltmak amacıyla yaklaşık 1/10 oranında yeniden boyutlandırma yapılmıştır. Boyutlandırmadan sonra bamya ve bamyanın hastalıklı yaprağı için ayrı ayrı etiketleme yapılmıştır. Etiketlenmiş görsellerin piksel haritası oluşturuldu ve arka plan gürültülerini gidermek amacıyla gri tonlama uygulanmıştır. Son olarak Tensorflow Python kütüphanesi, evrişimli sinir ağları (CNN) ile geliştirmiş olduğumuz algoritma kullanılarak eğitim işlemi tamamlanmıştır.

Geliştirmeye Okrabot'un yer ile ilk temas eden parçası olan tekerleklerin AR-GE'si ile başlandı. İlk tercih olan palet sistemini gerek tork kaybı gerek çiftçinin erişilebilirliğini engellediği için geleneksel tekerlek sistemi tercih edildi.



Şekil 1.1. Okrabot genel görünüm

Arazi koşullarında bağımsız tekerlek hareketine ihtiyaç duyulduğundan dolayı 4 ayrı elektrik motoru kullanılmıştır. Üst yapıya gelindiğinde ise 3 eksende hareketi sağlayan geleneksel endüstriyel kol tasarımı tercih edilmiştir. Ayırma sisteminde ürünü minimum zarar ile aktarmak için taşıma bandı tercih edildi. Taşıma bandının tahrik sistemi için çift noktadan elektrik motorlar kullanıldı. Yapılan prototipte ortalama güç tüketimi hesaplandı ve buna uygun güç kaynağı tercih edildi. Eklem yerlerinde bulunan elektrik motorları, kolun kendi ekseni etrafında dönmesini sağlar. Ağız kısmında ise pnömatik motor bulunur. Bu motor kolun esneklik kazanmasını sağlar. Robot kol ucunda bulunan kapsül bamyayı sıkıştırmayacak sadece gövdeden ayrıldıktan sonra düşmemesini sağlayacaktır.

2. Problem / Sorun

Sağlıklı ve besleyici bir sebze olan bamya (Abelmoschus esculentus L.), ülkemizde yetiştiriciliği yaygınlaşmakta olan geleneksel bir tarım ürünüdür. [11] Artan bamya üretiminin yanı sıra bu üretimi sınırlandıran etkenler vardır. Bu etkenler bamyanın üzerinde bulundurduğu tüylerinden dolayı hasadının oldukça zor olması ve günaşırı toplanma zorunluluğudur. Üreticiler hasat esnasında bamyanın tüylerinden dolayı oluşabilecek alerjilerden korunmak için geleneksel yöntemler olan eldivenle veya ellerine bez sararak toplamayı tercih etmişlerdir. Ancak bamyanın üzerinde bulunan tüylerin hasat sırasında kullanılan eldivenleri delebildiği için bu yöntemler çok faydalı olmamaktadır. [4]

Hasadın insan gücüyle günaşırı yapılması gerekliliği çiftçilerin bamya üretiminde karşılaştığı büyük engellerden biridir, çok hızlı olgunlaşan bamya meyveleri 6 cm boyunu aştıktan sonra pazar değeri düşmekte ve tazeliğini kaybetmektedir. Dolayısıyla hasat başlangıcından son hasadın gerçekleşeceği ana kadar üreticilerin her gün belirli aralıklarla bamyanın olgunlaşma ve hasat edilme durumunu kontrol etme zorunluluğu bulunmaktadır. Doğru şekilde ve zamanda yapılmayan hasat üreticiler için ekonomik kayıplara ve üründe fire vermeye neden olmaktadır. Bamya hasat makinesinin olmaması, büyük oranda insan gücüne ihtiyaç duyulması üretimi büyük ölçüde sınırlandırmaktadır. Bu olumsuz durumlar hem üreticileri zora sokmakta hem de yaşanan zorluklar nedeniyle ekonomik olarak büyük bir pazar değeri olan bamya üretim miktarının azalmasına sebep olmaktadır.

Bamya bitkisinde gelişen en önemli hastalıklardan birisi ise küllemedir. Farklı bitki türlerinde sık sık görülen külleme hastalığı, halk arasında basıra adıyla da anılır. Nemli ortamlarda daha sık rastlanan hastalık, yağmurdan, çiğden sonra hızlı yayılma özelliği gösterir [8]. Alt yapraklardan ilerleyerek kısa sürede tüm ekini saran külleme, taze yaprak ve sürgünleri de etkisi altına alabilir. Yapraklar un serpilmiş gibi puslu ve tozlu bir görünür. Leveillula Taurica Latince ismiyle literatürde yer alan külleme hastalığı, büyük ölçüde ürün, kalite ve verim kaybına yol açmaktadır [8].

Şekil 2.1. Bamya

Şekil 2.2. Bamya yaprağında görülen külleme hastalığı

3. Çözüm

Bamya hızlı olgunlaşan bir bitkidir ve hemen toplanması gerekmektedir. Bamya hasadı günümüzde elle yapılmakta ve bu durum üreticiler için büyük sorun oluşturmaktadır. Ayrıca dünyada bamya hasadı için herhangi bir teknolojik ürün de bulunmamaktadır. BAMMY takımı bu temel sorunları ele alarak bir hasat robotu geliştirmeye karar vermiştir.

Okrabot temel olarak tekerlek, gövde ve robot kol kısımlarından oluşmaktadır. Tasarlanılan robotun çalışma şartları göz önüne alındığında hareket mekanizması için en iyi seçim geleneksel traktör tekerleridir. Bu sayede robotun çalışması en verimli hale gelmiştir. Robotun dönüş manevralarında sağ ön-arka tekerlekler birlikte, sol ön-arka tekerlekler birlikte hareket etmektedir. Robotun gövde kısmı incelendiğinde en alt katta elektronik kart ve batarya sisteminin yer aldığı görülmektedir. Bataryanın en alta yerleştirilmesinin nedeni ağırlık merkezini aşağı çektiği için robotun devrilme riskini en aza indirmektir. Gövdenin ikinci kısmında ise taşıma bandı yer almaktadır. Hasat edilen bamyalar robot kol tarafından taşıma bandına aktarıldığında burada önce görüntü işleme yapılmakta daha sonra boyutlarına göre ayrıştırılan bamyalar taşıma bandının sonunda iki farklı hazneye düşmektedir. Hasat toplama sepeti ise bu iki katın arasında robotun uç kısmında yer almaktadır. Gövdenin son kısmına gelindiğinde ise robot kol kısmını görmekteyiz. Gövdenin üstünde yer alan robot kol boyları 60-120 cm arası değişen bamya bitkilerine rahatça erişmek üzere tasarlanmıştır. Bu sayede Okrabot en uç örneklerde bile görevini başarıyla yerine getirebilmektedir. Geliştirilen robot kol mekanizmasında kesilen ürünün düşmemesi adına kolun makas kısmı üst tarafına doğru genişlemekte bu sayede koparılan mahsul düşmeden hazne içerisinde hapsolmaktadır. Kesim işlemi sonrası robot kol hapsettiği mahsulü boşaltmak üzere geri başlangıç konumuna dönmektedir. Gövdenin üst kısmında bulunan delikten mahsulü boşaltarak boyutlandırma işlemini başlatılmaktadır.

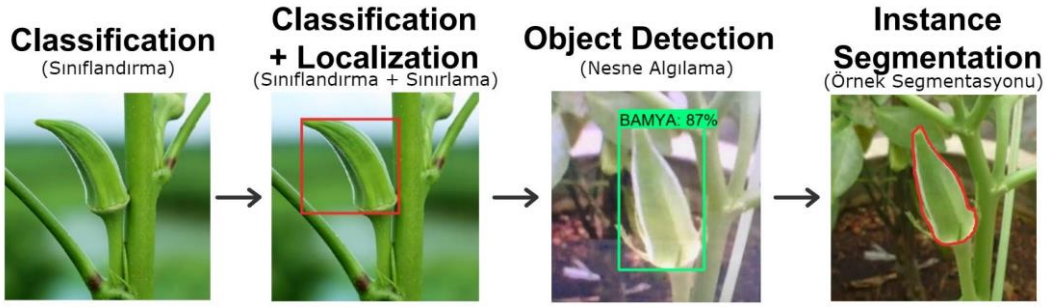
Gövdenin altına yerleştirilen Li-Po batarya sayesinde robotun tüm enerji ihtiyacı karşılanmaktadır. Robotun tekerlerinde enkoderli DC motorlar kullanılmıştır. Seçilen motorlar düşük devir sayısına sahip yüksek torklu motorlardır. Bu sayede robotun tarlada daha stabil ve rahat gitmesi sağlanmıştır. Bataryadan alınan gerilim 12 V olduğu için elektronik kartları beslemeden önce voltaj regülatörü kullanarak 5 V giriş gerilimi sağlanmıştır. Arduino Mega üzerine bağlı olan ısı ve nem sensörü, servo motorlar ve enkoderli motorlar buradan kontrol

edilmektedir. Kameralardan alınan görüntüler Jetson Nano geliştirici kartı üzerinde işlenerek ürün tespiti ve boyutlandırması yapılmaktadır. Robot kolun hareket mekanizmasında kullanılması için servo motorlardan yararlanılmıştır. MG996R servolar sayesinde robot kol ürünü kestikten sonra bile rahatlıkla taşıyabilecektir. Sensörlerden alınan veriler NodeMCU wifi modülü sayesinde Arduino Mega üzerinden mobil uygulamaya aktarılabilecektir. Ayrıca manuel olarak robotun uzaktan kontrolü de yine mobil uygulama üzerinden gerçekleştirilebilecektir.

Bamya ve hastalıklı yaprak görüntülerini işlemek amacıyla tarladan elde ettiğimiz görselleri sınıflandırma, yeniden boyutlandırma, etiketleme, pikselleştirme, gri tonlama ile arka plan gürültüsü giderme aşamaları uygulanmıştır. Daha hızlı eğitim işlemi gerçekleşmesi için yeniden boyutlandırma aşaması ile pikseller azaltılmıştır. Bu görsel veriler ile eğitilmiş olan modelin yüksek oranda doğru tespit yapabilmesi için Tensorflow kütüphanesinden de yararlanılarak evrişimli sinir ağları (CNN) ile pikseldeki her bir nokta için ağırlıklı ortalama hesaplayan ve pikseldeki her bir noktayı yeni görüntüde bir piksel haline getiren matris algoritması kullanılmıştır.

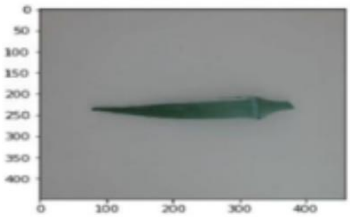
4. Yöntem

4.1 Görüntü İşleme

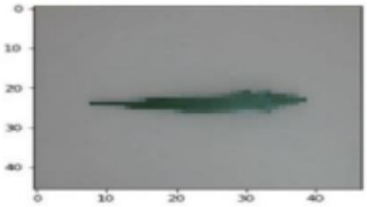


Şekil 4.1.1 Görüntü İşleme Akışı

1. Gerçek zamanlı bilgisayar görüsü uygulamalarında kullanılan OpenCv kütüphanesi ve zamana bağlı olarak çalışan algoritma ile birlikte bamya ve hastalıklı yaprak görsel verileri toplanmıştır.
2. Toplanan görüntü verileri ayrı ayrı sınıflandırma yapılmıştır.
3. Sınıflandırılan görseller, evrişimli sinir ağına (CNN) beslenen veri miktarını (pikselleri) düşürerek işlem süresini azaltmak amacıyla her iki eksende de yaklaşık 1/10 oranında yeniden boyutlandırıldı.

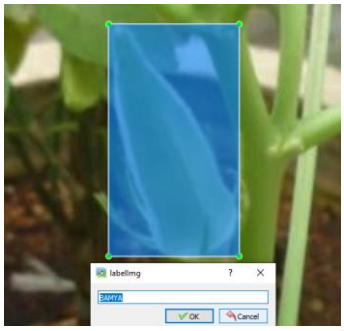


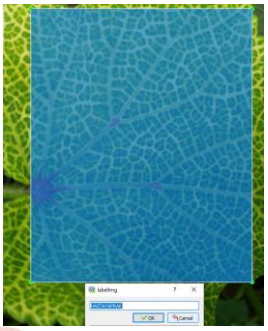
Şekil 4.1.2 İlk Görsel



Şekil 4.1.3 Yeniden Boyutlandırılmış Görsel

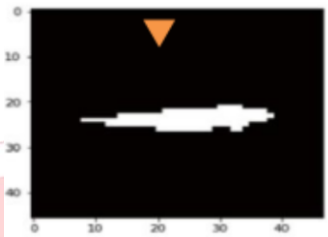
4. Tensorflow kütüphanesi ile birlikte çalışan “LabelImg” uygulaması üzerinde bamya ve hastalıklı yaprak görsellerinin konum bilgilerini kullanarak etiketlenmesi gerçekleştirildi.

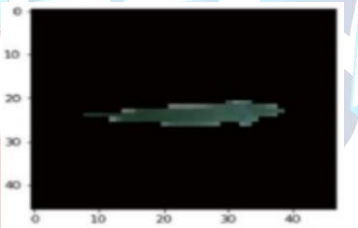




Şekil 4.1.4 Bamya Etiketleme Şekil 4.1.5 Hasta Yaprak Etiketleme

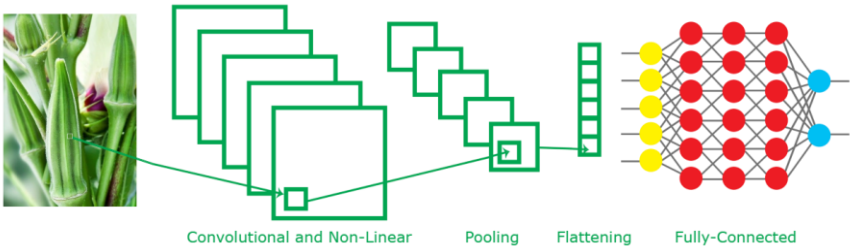
5. Görüntü işlemenin doğruluk oranını arttırmak için cisimlerin piksel yoğunlukları dikkate alınarak piksel haritası oluşturuldu ve segmentasyon aşaması tamamlandı. Bu aşamada aynı zamanda piksellerin çok boyutlu dizi kümeleri için Python’ın bilgisayarlı görme görevlerinde kullanılan Numpy kütüphanesinden yararlanıldı.
6. Elde ettiğimiz görüntüleri “ImageMagick” resim işleme yazılımı ile gri tonlamalı görüntüler oluşturuldu. Gri tonlamalı görüntü ile arka plan gürültüsü de giderildi.





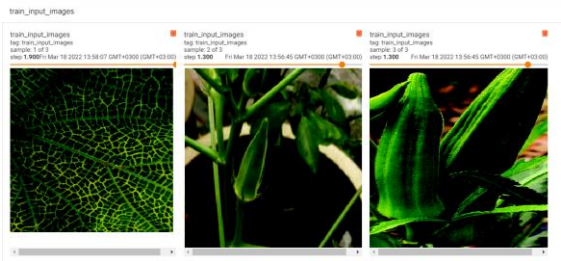
Şekil 4.1.6 Gri Tonlama ve İkili Geliştirme Şekil 4.1.7 Yerine Koyma

7. Elde ettiğimiz görsel verileri makine öğrenimi alanında çok yaygın kullanılan Tensorflow Python kütüphanesi ile algoritma kullanarak eğitme işlemi gerçekleştirildi. Eğitim işlemi sırasında evrişimli filtreler ile görsel verilerin her pikseli üzerinde çalışan ve komşu filtrelerin ağırlıklı ortalamasını hesaplayan algoritma kullanılmıştır.



Şekil 4.1.8 Evrişimli Sinir Ağları (CNN) ile Eğitim Aşamaları

- Convolutional Layer — Özellikleri saptamak için kullanılır
- Non-Linearity Layer — Sisteme doğrusal olmayanlığın (non-linearity) tanıtılması
- Pooling (Downsampling) Layer — Ağırlık sayısını azaltır ve uygunluğu kontrol eder
- Flattening Layer — Klasik Sinir Ağı için verileri hazırlar
- Fully-Connected Layer — Sınıflamada kullanılan Standart Sinir Ağı

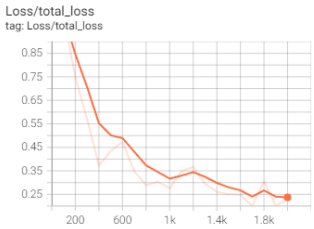


Şekil 4.1.9 Eğitilmiş Görsel Veriler

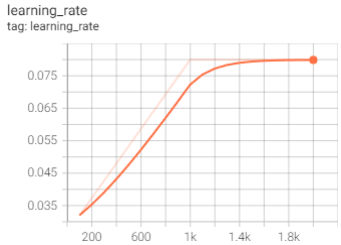
8. Bamya ve Hasta Yaprakların görüntü işleme ile tespit edilmesi

Şekil 4.1.10 Bamya Tespiti

Şekil 4.1.11 Hasta Yaprak Tespiti



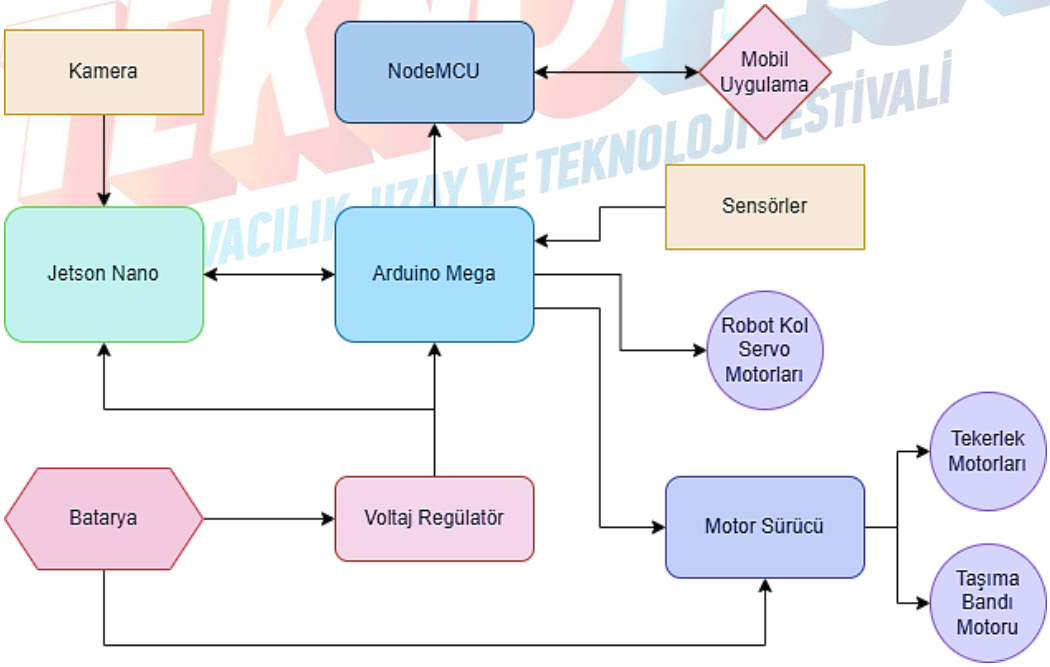
Şekil 4.1.12 Toplam Kayıp Grafiği



Şekil 4.1.13 Görüntü İşleme Doğruluk Oranı

4.2. Elektronik Aksam

Tasarlanan robotta motorlar ve sensörlerin kontrol edilmesi için Arduino Mega 2560 kullanılmıştır. Bu elektronik kartın tercih edilme nedeni hem dijital ve analog giriş-çıkış sayısının fazla olması hem de besleme geriliminin 5-12V aralığında yapılabilir olmasıdır. Robotun tarla ortamında rahat hareket edebilmesi için 50 Rpm/dk devire ve 5 kg/cm torka sahip 4 redüktörlü motor kullanılmıştır. Bu sayede robot, üzerine yüklenen hasat ağırlığına rağmen zorlanmadan hareket edebilmektedir. Ayrıca bamyanın boyutlarına göre ayrıştırılmasında kullanılan taşıma bantın hareketi için yine 10 Rpm/dk devirlik redüktörlü motor tercih edilmiştir. Robot kolun 3 eksende hareketini sağlayabilmesi ve kesilen bamyayı sağlıklı bir şekilde tutması için MG996R servo motorları kullanılmıştır. Bamya tespit ve boyutlandırma işlemi için 2 adet kamera modülü kullanılmıştır. Kameralardan alınan görüntüler Jetson Nano geliştirici kiti yardımıyla Tensorflow kütüphanesi kullanılarak işlenmiş ve bamyaların tespiti sağlanmıştır. Ultrasonik mesafe sensörü sayesinde görüntülenen bamyaların uzaklığı belirlenip bu bilgiler Arduino üzerine aktarılmıştır. Jetson Nano ve Arduino Mega arasında bağlantı kurmak için Python-C seri haberleşmesinden yararlanılmıştır. Robot üzerinde bulunan sıcaklık, nem ve rüzgâr sensörlerinden elde edilen veriler Arduino Mega üzerinde toplanmaktadır. NodeMCU wifi modülü kullanarak internet üzerinden Arduino ile haberleşme imkânı sağlanmaktadır. Bu sayede mobil uygulama üzerinden anlık sensör verilerine erişilebilmekte ve ayrıca robotun manuel şekilde uzaktan kontrol edilebilmesine olanak sağlanmıştır.Projenin enerji ihtiyacını karşılaması için Li-Po batarya kullanılmıştır. Sistem üzerindeki bütün bileşenlerin güç tüketimleri göz önünde bulundurularak 3 hücreli 12V 7A Li-Po pil tercih edilmiştir. Elektronik kartlar için voltaj regülatörü kullanılarak 5V giriş gerilimi verilmiştir.



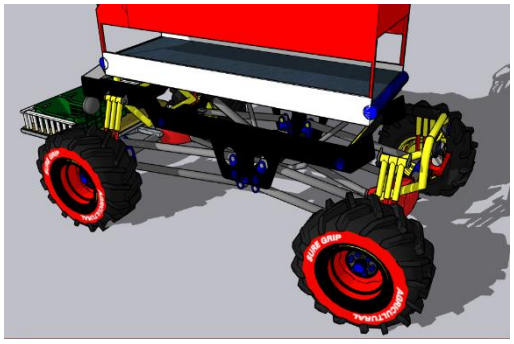
Şekil 4.2.1 Elektronik Akış Şeması

4.3. Mekanik aksam

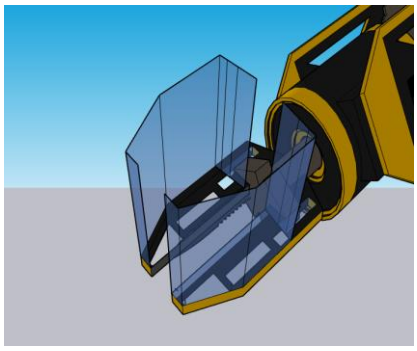
OKRABOT'un mekanik aksamına ilk olarak arazi koşullarına uygun hareket aksamı araştırması ile başlandı ve yapılan araştırmada palet ve geleneksel kauçuk arazi lastiği olarak iki seçenek ile sınırlandırıldı. Hedefin optimum maliyet ve maksimum enerji verimliliği olması için palet seçeneği yerine klasik dişli arazi lastiğine karar verildi. Aracın hareketini sağlayacak olan motor kısmında ise arazi koşullarında hareketi göz önüne alarak 4 tekerleğin her biri için ayrı ayrı 12V DC elektrik motor kullanmaya karar verildi. Aynı zamanda bu seçim diferansiyel kilidi ve ekstra olarak direksiyon mekanizması maliyetini yok etmiş oldu.

Motor voltaj seçiminde ise 12V motor tercih edilmesinin sebebi ise günümüz otomasyon endüstrisinde yaygın kullanılan bir voltaj olması, bu nedenle motor sürücüsü gibi ekipmanlarda optimum maliyet, verimle gerçekleştirilmesi gerekse olası elektrik çarpması ve güvenlik risklerini minimuma indirmesidir.

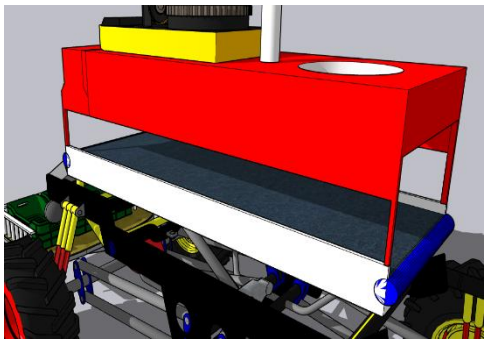
Gövde olarak ise yüksek mukavemetli güçlendirilmiş pleksi ile tasarlandı. Bu durum iki kolaylık sağladı; ilki prototip aşaması için değişiklik yapma kolaylığı, ikincisi ise maliyet yönünden avantajı dolayısı ile pleksi tercih edildi. Gerçek proje aşamasında ise gerekli metal alaşımlar kullanılarak inşaa hedeflendi, ardından hasadı gerçekleştirecek olan kol tasarımında ise klasik 3 eksen (X,Y,Z) robot kolunu tercih edildi, robot kolumuzda ise standart mikro servolar yerine yüksek torklu 12V servolar kullanarak kullanım sırasında yaşanabilecek aksaklıkları minimuma indirilmesi hedeflendi, kolun uç kısmında mühendislik dünyasında yaygın kullanılan ahtapot veyahut makaslı sistem olarak tabir edilen sistemin yerine koparma işleminden sonra bıçak açılsa dahi bamyanın robotta kalacağı bir sistem oluşturuldu, toplama işlemi ardından ayırma aşamasına gelindiğinde ise bamyanın minimum zarar ile taşınabilmesi için konveyör bant sistemi oluşturmaya karar verildi, bu noktada ise yine güç dağılım ve stabilite açısından iki noktadan 12V motorlar kullanmaya karar verildi. Tüm bu sistemlerin kontrolünde ilk katman olarak arduino kullanıldı motor kontrollerini arduino eklentileri olan 12V motor röleleri ile gerçekleştirildi. Aynı zamanda arduino üzerinde bulunan sensör girişlerinden yararlanarak sıcaklık ve nem bilgileri de robot üzerinde depolandı.



Şekil 4.3.1. Okrabot Tekerlek yapısı



Şekil 4.3.2. Okrabot robot kol ucunda bulunan kapsül

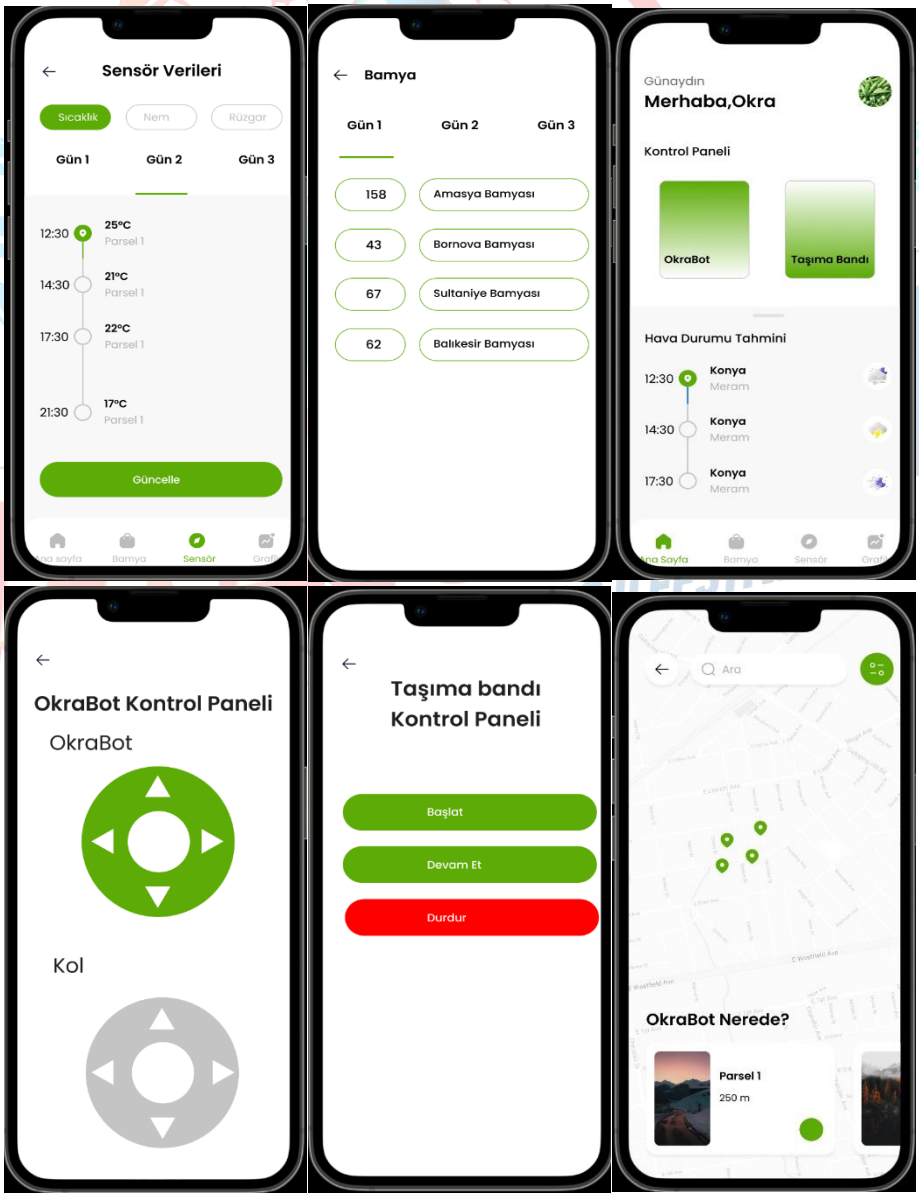


Şekil 4.3.3. Okrabot konveyör bant sistemi

4.4. Mobil Uygulama

Kullanıcının OkraBot'u kontrol edebilmesi için Kotlin programlama dili kullanılarak OkraApp mobil uygulaması oluşturuldu. OkraApp içinde yer alan 2 ayrı kontrol paneli sayesinde kullanıcı kolaylıkla OkraBot'u kontrol edebilmektedir. Ayrıca sensörlerden alınan verilere kullanıcı tek tuşla ulaşabilmektedir. Bunu yanında toplanan bamya sayısı ve türü de kullanıcı tarafından kolayca ulaşılabilir şekilde uygulama içine konumlandırılmıştır.

OkrApp ile OkraBot'un haberleşmesi NodeMCu modülüyle birlikte API aracılığı ile sağlanmaktadır. Sensör verileri gibi robot tarafından gelen veriler bulut tabanlı Firebase içerisinde depolanmaktadır. Bu veriler OkrApp içinde kolayca ulaşılması için sade bir arayüz tercih edilmiştir. OkrApp uygulamasının arayüz kısmından örnek görüntüler aşağıdaki görsellerde verilmiştir.



Şekil 4.4.1. Okrapp Mobil uygulama arayüz tasarımı

4. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

OKRABOT ile günümüz tarım endüstrisinde kullanılan araçların, teknolojinin hızlı gelişiminden faydalanmasına katkıda bulunmak amaçlanmaktadır. Aynı zamanda projede önerilen model, literatürde yer alan çalışmalarla kıyaslandığında güncel teknolojilerle donatıldığından ve hem kontrol kartı hem de diğer aksamları itibari ile yüksek oranda yerli teknolojilerle yaygınlaştırılabilecek özelliklere sahiptir. Hız ve verimi arttırıp maliyeti düşürmek için; akıllı tarım teknolojilerine katkı sağlamak üzere, makine öğrenmesi ve yapay zekâ destekli otonom bamya toplama aracının geliştirilmesi planlanmaktadır. Bu projenin başarılı bir şekilde gerçekleşmesi durumunda, hem insan kaynaklı verim problemlerinin önüne geçilecek hem de hızlı ve aralıksız çalışarak bamya toplama işini kısa sürede yapabilen bir araç tasarlanmış olacaktır. Bu sayede, üretim maliyetinin düşmesi ve dolayısıyla ürün fiyatının da azalması hedeflenmektedir. Bu aracın tasarımı ve yazılımı tamamen özgün olarak geliştirilmiştir. Ayrıca sistemin katı model çizimleri ve mekanik aksamında kullanılan tüm malzemelerin üretimleri disiplinler arası bir çalışmanın ürünü olduğundan proje prototipi gerçek bir sahada uygulanmak için üretim altyapısına da sahiptir.

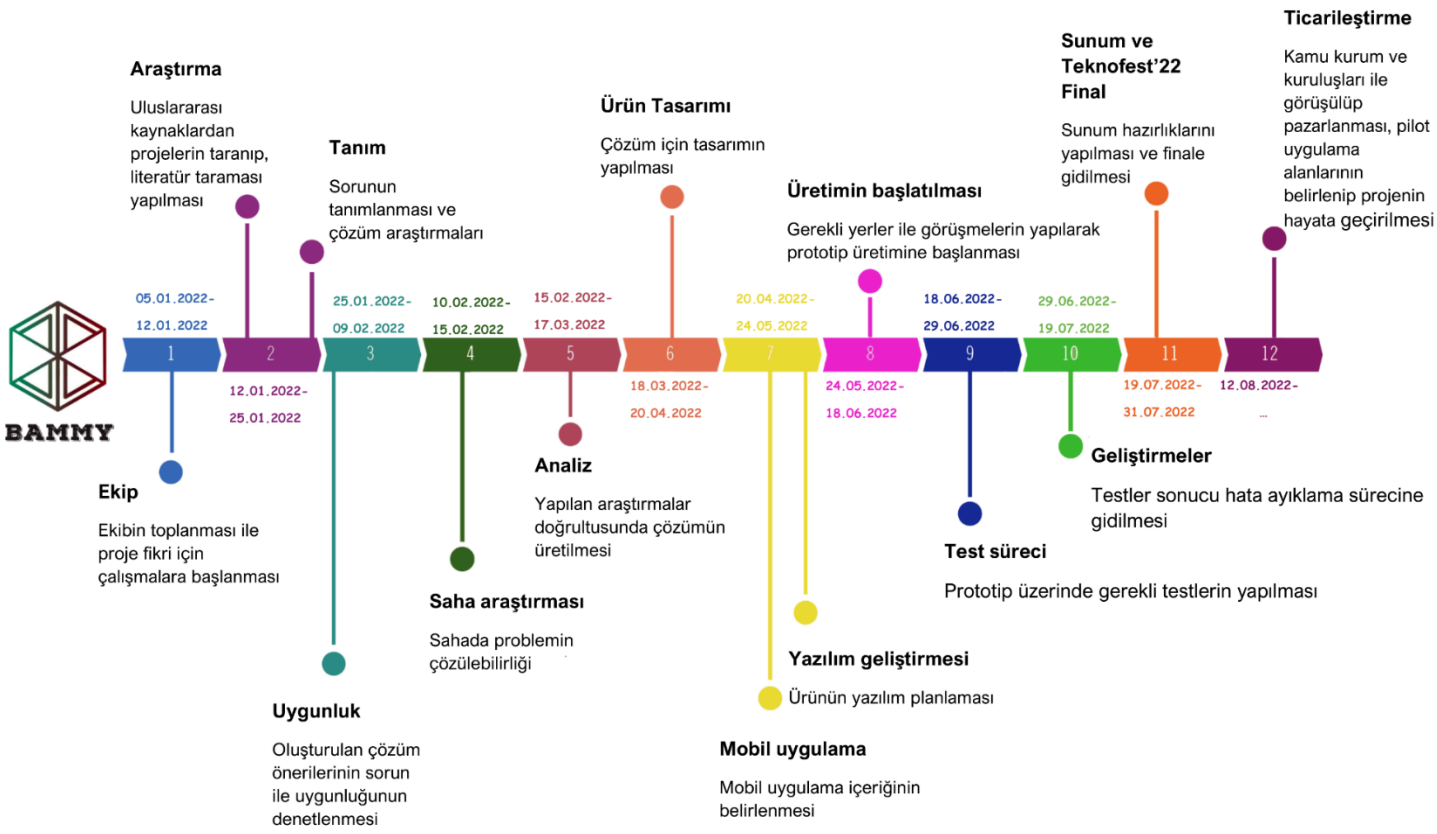
Araç içerisinde kullanılan makine öğrenmesi algoritması dışındaki tüm yazılım, proje fikri ile özgün olarak geliştirilmektedir ve güncellemelere uğramaktadır. Mobil uygulama Flutter ile oluşturulmuştur. Arduino kodları, Arduino IDE üzerinden yazılmıştır. Raspberry pi üzerinde bulunan kodlar python dili ile geliştirilmiştir. Alanların kaydedilmesi ve daha sonra tekrar kullanılabilmesi için SQlite veritabanı sisteme entegre edilmiştir. Son olarak tüm bu ekipmanlar birbiri ile haberleştirilmiş ve uyum içerisinde çalışması sağlanmıştır.

5. Uygulanabilirlik

Tespit edilen problemlere karşı geliştirilen yenilikçi ve uygulanabilir çözümler, uygun maliyetin getirdiği faydalar düşünüldüğünde, sektörde yer alan büyük bir açığı kapatacaktır. Projenin gerçekleştirilip, hayata geçirilmesi için temel mühendislik ve proje yönetimi adımları takip edilecektir. Öncelikle çiftçilerle görüşerek tasarım istekleri oluşturulmuştur. Gerekli mühendislik hesapları yapılarak tasarım son haline getirilmiştir. Yazılım çalışmaları devam etmektedir. Tercih edilen ürünlerin halihazırda üretim sektöründe kullanılan ekipmanları doğru bir şekilde bir araya getirilerek oluşturulmasını seri üretime geçiş aşamasında olabilecek en optimum maliyetlerle ürünlerin bir araya getirilmesine aynı zamanda tasarım aşamasında olası arızalar göz önüne alınarak onarılabilir şekilde tasarlandı. İlerleyen zamanlarda Okrabot'un ticari olarak hayata geçirildiğinde çiftçiye veyahut üreticiye yedek parça teminin kolay olması uygulanabilirliği adına önemli bir faktördür. İlgili alt sistemlerin üretimi ve temininden sonra sistem entegrasyonu gerçekleştirilecektir. Sonrasında fonksiyonel testler ve saha testleri gerçekleştirilecek ve test sonuçlarına bağlı olarak ihtiyaç duyulması durumunda iyileştirme çalışmaları yapılarak prototip çiftçilerimizin kullanımına hazır hale getirilecektir.

6. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Marka-Model	Malzeme Sınıfı	Miktar	Satış Fiyatı
Jetson Nano Developer Kit (4GB)	Elektronik Kart	1	₺5000,00
Arduino Mega 2560 R3	Elektronik Kart	1	₺415,67
NodeMCU V3 ESP8266	Elektronik Kart	1	₺54,20
Logitech C310	Kamera	2	₺450,00
HC-SR04 Ultrasonik Mesafe Sensörü	Sensör	1	₺15,09
DHT22 Isı ve Nem Sensörü	Sensör	1	₺32,71
Servo Motor	Motor	4	₺88,02
Redüktörlü Motor	Motor	4	₺388,38
Li-Po Batarya	Batarya	3	₺72,79
Gövde	Alüminyum	1	₺750-1000
Tekerlek	Plastik	4	₺121,60
Robot Kol	Epoksi	1	750-1000
L298N Voltaj Regulatörlü Çift Motor Sürücü Kartı	Elektronik Kart	3	₺40
Toplam			7.215,28



Şekil 6. 1. Proje Zaman Planlaması

7. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Projenin hedef kitlesini bamya üretimi yapan çiftçiler oluşturmaktadır. Bamya bitkisinin morfolojik yapısı gereği oluşan hasat zorluğu üreticilere büyük ekonomik kayıplar oluşturmaktadır. Günaşırı hasat yapıldığı zaman ve ertelendiği zamanlar arasındaki ürün fiyatı dalgalanmaları göze alınarak proje çalışmaları yürütülmüştür. Günümüzde bamya hasadı için yapılmış bir alet veya makine bulunmamaktadır. Bu sebeple Okrabot hem çiftçiler için hem de ülke ekonomisi için büyük önem arz etmektedir.

8. Riskler

No	Riskler	B planı
1	Kötü hava koşulları nedeniyle zeminin yapısının balçıklaşması Okrabot'un saplanmasına sebep olabilir.	Opsiyon olarak kullanıcının satın alabileceği palet takımları robota takılabilir.
2	Aracın eğimli arazide devrilmesi	Bu durumun gerçekleşmesi halinde araca süspansiyon sistemlerinin eklenerek arazi koşullarına karşı dayanıklılığı arttırılacaktır.
3	Robot kolun toplama esnasında sebzeye zarar vermesi	Bu durumun gerçekleşmesi halinde step motorların hızları düşürülerek kesme işleminin süresi arttırılacaktır
4	Düşük maliyetli sensör kullanımından dolayı veri sapmaları yaşanılması	Programlar üzerinden filtreler kullanarak hassasiyet arttırılacaktır.
5	Elektronik parçaların hava koşullarından etkilenmesi	Elektronik parçaların arazi şartlarında yüksek sıcaklıklara maruz kalması durumunda araç içerisine fanlar eklenerek ortam sıcaklığı optimum seviyeye indirilecektir.

OLASILIK	**ŞİDDET**				
	Çok Hafif	**Hafif**	**Orta**	**Ciddi**	**Çok Ciddi**
Çok Düşük				**1**	
Düşük			2		
Orta	4	5			
Yüksek			3		
Çok Yüksek					

9. Referans / Kaynakça

1. AMASYA GIDA, TARIM VE HAYVANCILIK İL MÜDÜRLÜĞÜ (2018), AMASYA ÇİÇEK BAMYASI. https://www.ci.gov.tr/Files/GeographicalSigns/352.pdf

2. Awcock, G. J., & Thomas, R. (1995). *Applied image processing*. Macmillan International Higher Education.

3. Barrett, S. F. (2013). Arduino microcontroller processing for everyone!. *Synthesis Lectures on Digital Circuits and Systems*, *8*(4), 1-513.

4. Bayraktar, K. (1970). Sebze Yetiştirme: Bornova / İzmir: Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınlar

5. Bicchi, A., & Tonietti, G. (2004). Fast and" soft-arm" tactics [robot arm design]. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, *11*(2), 22-33.

6. Connolly, C. (2010). A review of data logging systems, software and applications. *Sensor Review*.

7. Diop, Papa Moussa, et al. "A Machine Learning Approach to Classification of Okra." 2020 35th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC). IEEE, 2020.

8. ELMACI, S. (2010). AMASYA'DA BAMYA (OKRA) TARIMININ COĞRAFİ ESASLARI: ÜRETİMİYLE İLGİLİ ÖZELLİKLERİ, DAĞILIŞI VE SORUNLARI. Doğu Coğrafya Dergisi, 15(24), 117-130.

9. Fish, R. (1993). Electric shock, Part I: Physics and pathophysiology. *The Journal of emergency medicine*, *11*(3), 309-312.

10. KARACI, A., & ERDEMİR, M. (2017). Arduino ve wifi temelli çok sensörlü robot tasarımı ve denetimi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, *10*(4), 435-449.

11. KARAGÜL, Süleyman. "Bamya (Abelmoschus esculantus L.(Monch))." ALATAARIM (2002): 5.

12. ÖRKCÜ, Pınar. Farklı lokasyonlardan temin edilen bamya genotiplerinin morfolojik ve sitolojik karakterizasyonu. MS thesis. Namık Kemal Üniversitesi, 2016.

13. Saifullah, M., and M. G. Rabbani. "Evaluation and characterization of okra (Abelmoschus esculentus L. Moench.) genotypes." SAARC J. Agric 7.1 (2009): 92-99.

14. Sarıaltın, E. (2017). *5 Eksenli Endüstriyel Robot Kol* (Master's thesis, İstanbul Gelişim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).

15. Singh, Priya, et al. "An overview on okra (Abelmoschus esculentus) and it's importance as a nutritive vegetable in the world." *International journal of Pharmacy and Biological sciences* 4.2 (2014): 227-233.

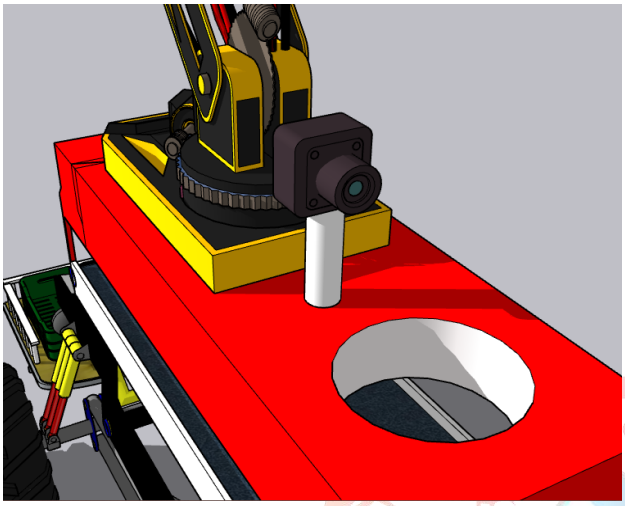
16. Şalk A, Arın L, Deveci M, Polat S (2008). Özel Sebzecilik. Onur Yayıncılık. 490 s

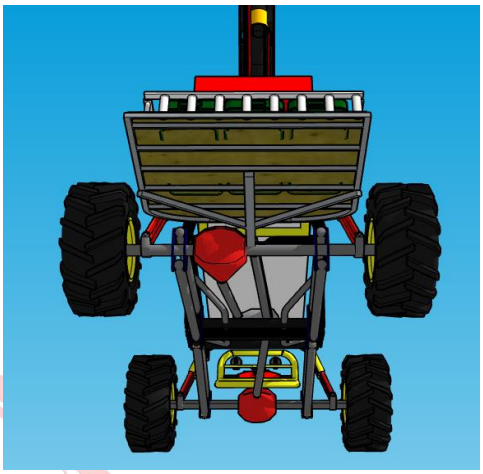
17. Wong, J. Y., & Huang, W. (2006). "Wheels vs. tracks"–A fundamental evaluation from the traction perspective. *Journal of terramechanics*, *43*(1), 27-42.

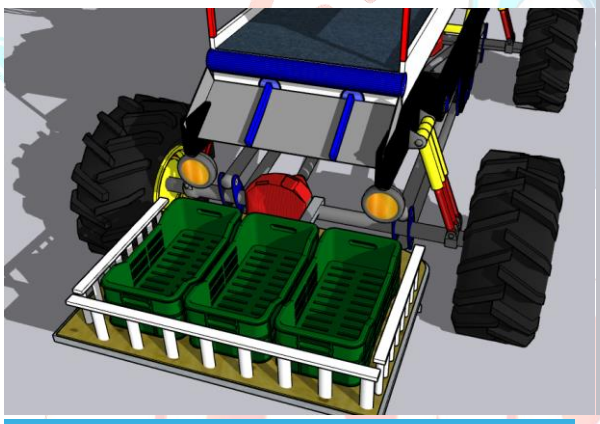
18. Yamashita, R., Nishio, M., Do, R. K. G., & Togashi, K. (2018). Convolutional neural networks: an overview and application in radiology. *Insights into imaging*, *9*(4), 611-629.

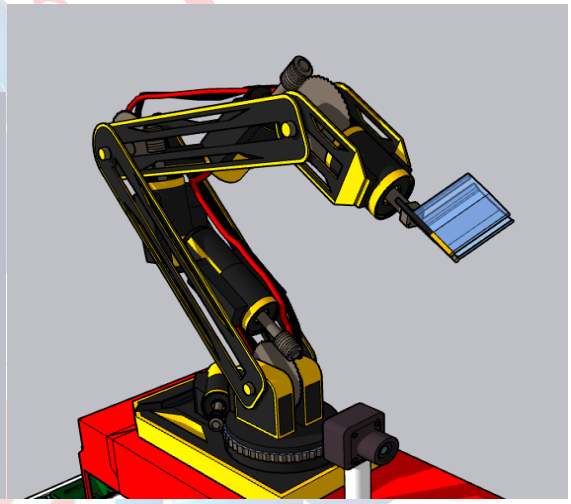
19. https://kotlinlang.org/docs/home.html

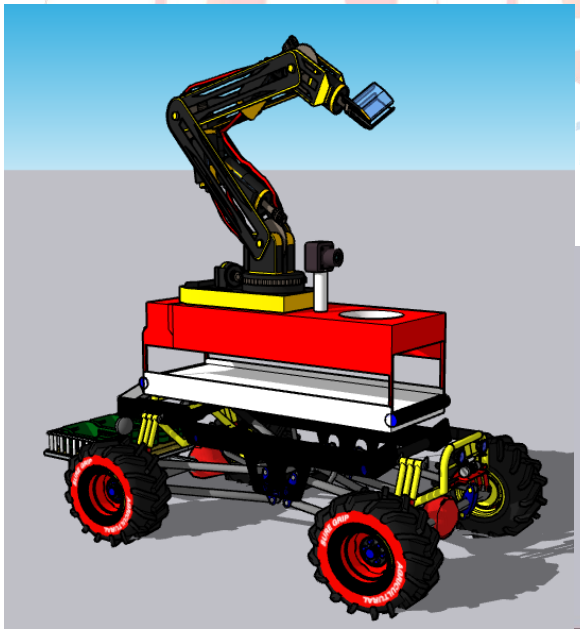
EK-1 : Okrabot detay resimleri

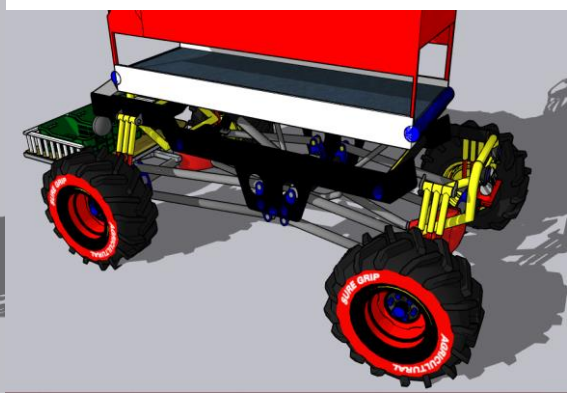












TEKNOLOJİ FESTİVALİ