T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İNSANSIZ HAVA ARACI (DRONE) VE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİLERİNİN MEYVE BAHÇELERİNDE KULLANIM ÖRNEĞİ

Ahmet Murat KAYMAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bilişim Teknolojileri Mühendisliği
Anabilim Dalını

AĞUSTOS-2019
KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İNSANSIZ HAVA ARACI (DRONE) VE GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNOLOJİLERİNİN MEYVE BAHÇELERİNDE KULLANIM ÖRNEĞİ

Ahmet Murat KAYMAK

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman:

Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

Öğr. Gör. Dr. Mustafa Nevzat ÖRNEK

2019, 51 Sayfa

Jüri

Dr. Öğr. Üyesi Rabia Serpil GÜNHAN

Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

Dr. Öğr. Üyesi Sema SERVİ

Birçok tarımsal ürünlerin yetişme ve hasat dönemlerinde çiftçiler, mahsulleri hakkında bilgileri ve kontrolleri mahsulün başında el ve göz ile sağlamaktadır. Mahsuller, bu kontroller neticesinde verilecek karara göre hasat edilmektedir. Uygulamaları destekleyen en önemli tekniklerden biriside görüntü işleme teknikleridir. Görüntü işleme teknikleri sayesinde bir görüntü üzerinden yeni anlamlar veya birçok sayısal ifadeler elde edilmektedir. Günümüzde gittikçe yaygınlaşan insansız hava araçları (Drone), ilk olarak fotoğraf, video çekimi ve hobi amaçlı kullanırken, günümüzde insansız hava araçları tarımsal alan dâhil birçok alanda çeşitli amaçlar için kullanımı artmıştır. Tarımsal faaliyetlerde ise birçok uygulamada yer alan İnsansız Hava Araçları 'dan, tarımsal verimi arttırmak, mahsullerde oluşabilecek zararların önceden tespiti ve önlenmesi için ilaçlama gibi çeşitli alanlarda kullanımı yaygınlaşmaktadır.

Bu tez çalışması ile tarımsal faaliyetler içerisinde önemli bir öneme sahip olan meyve yetiştiriciliğine yönelik gerçekleşmiştir. Görüntü işleme teknikleri ile elma bahçesi içerisinde bulunan meyve ağaçları üzerindeki elmaların tespit ve sayım hesabı amaçlanmıştır. Bu amacı gerçekleştirmek üzere, elma bahçelerinde kameralı İnsansız Hava Aracı (İHA, Drone) ile rota üzerinde yer alan meyve ağaçları etrafında tam tur atarak görüntüler elde edilmiştir. Renkli edilen görüntüler, bilgisayar ortamında geliştirilen bir yazılım uygulaması analizi gerçekleştirilmiştir. Uygulama, dijital ortamdan aktarılan elma ağacı görüntülerini, görüntü işleme kullanarak ağaç üzerinde yer alan elmaların tespiti ve sayımı gerçekleşmiştir. Tespit edilen elma nesnelerinin merkez noktaları işaretlenerek meyve sayımı gerçekleşmiştir. Uygulama fotoğraf veya anlık çekilen görüntü ya da canlı video üzerinden görüntü alabilmektedir. Toplam görüntüler üzerinde bulunan tüm elmaların sayımı ile tamamlanmıştır. Elma bahçesinde elde edilen görüntülerde yer alan güneş ışını, yaprak, yan yana bulunan elmalar sayımı olumsuz etkilemiştir. Ağaçtaki elmalar, renk bakımından %78.47 başarı oranı ile tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, İnsansız Hava Aracı, Meyve Sayma, Tarımsal Otomasyon

ABSTRACT

MS. D THESIS

AN EXAMPLE OF THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLE (DRONE) AND IMAGE PROCESSING TECHNOLOGIES IN FRUIT GARDENS

Ahmet Murat KAYMAK

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN INFORMATION TECHNOLOGY ENGINEERGING

Advisor

Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

Öğr. Gör. Dr. Mustafa Nevzat ÖRNEK

2019, 51 Pages

Jury
Dr. Öğr. Üyesi Rabia Serpil GÜNHAN

Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK

Dr. Öğr. Üyesi Sema SERVİ

During the growing and harvesting periods of many agricultural products, farmers provide information and controls on their crops by hand and eye at the beginning of the crop. Crops are harvested according to the decision to be made as a result of these controls. One of the most important techniques supporting applications is image processing techniques. Through image processing techniques, new meanings or many numerical expressions are obtained from an image. While drone, which is becoming more and more widespread nowadays, was first used for photography, video shooting and hobby purposes, nowadays, unmanned aerial vehicles have been used for various purposes including agricultural fields. In the field of agricultural activities, unmanned aerial vehicles, which are involved in many applications, are being used in various fields such as pesticides for increasing the agricultural yield and for detecting and preventing the damages that may occur in the crops.

With this thesis, it has been realized for fruit growing which has an important importance in agricultural activities. With the image processing techniques, it was aimed to detect and count the apples on the fruit trees in the apple orchard. In order to realize this aim, images were obtained by taking a full tour around the fruit trees along the route with camera unmanned aerial vehicle (drone) in apple orchards. A software application analysis developed in computer environment was performed. Application, digitally transferred apple tree images, image processing using the apple detection and counting on the tree was realized. The center points of the detected apple objects were marked and fruit counted. The application is able to take photos or snapshots or live video. Total images were completed by counting all the apples on the images. The sunlight, leaf and apples found side by side in the images obtained in the apple orchard negatively affected the count. The apples in the tree were determined with a success rate of 78.47% in terms of color.

Keywords: Agricultural Automation, Fruit Counting, Image Processing, Unmanned Aerial Vehicles.

ÖNSÖZ

Tarımsal faaliyetler insanoğlunun temel uğraş alanı olmuştur. İlk zamanlar basit el aletleri kullanarak daha çok insan ve hayvan gücü ile gerçekleşmiştir. Bu yöntemlerle yapılan tarımsal faaliyetlerde düşük mahsul elde edilmesinden dolayı çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Zaman içerisinde tarımda makineleşmelerin yer almasıyla tarım alanında büyük ölçüde önemli adımlar atılmıştır. Makineleşmenin de ötesinde tarıma bilgi teknolojileri ürünlerinin dâhil edilmesiyle tarımsal faaliyetler başka bir boyut kazanmıştır.

Yapılan bu çalışma, gelişen teknolojinin tarım alanında uygulanabilirliği, ürünlerin tasnifi ve insan hayatının nasıl daha da kolaylaştığı, zamandan kazanç ve erken müdahale etmeleri için bir çeşit uyarı sistemlerinin olumlu katkıları üzerinde durulmuştur.

Gerek lisans süreci boyunca gerek yüksek lisans sürecimde değerli katkılarını, bilgilerini ve desteğini hiçbir zaman benden esirgemeyen, çalışmalarımın her aşamasında önerileri ile beni yönlendiren çok kıymetli hocalarım Sayın Dr. Mustafa Nevzat ÖRNEK ve Sayın Doç. Dr. Humar KAHRAMANLI ÖRNEK'e, desteklerini esirgemeyen aynı görevde yer almaktan gurur duyduğum mesai arkadaşlarıma, daire başkanımız Sayın Mehmet YILMAZER' e ve bugüne kadar her an yanımda olan, varlıklarıyla hayatıma renk olan canım aileme sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım. İyi ki varsınız.

Ahmet Murat KAYMAK
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

ŞEKİL TABLOSU ..... **viii**

TABLOLAR ..... **viii**

KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Meyve Yetiştiriciliği 3
1.1.1. Dünya'da meyve yetiştiriciliğinin önemi 3
1.1.2. Türkiye'de meyve yetiştiriciliğinin önemi 5
1.1.3. Meyve yetiştiriciliğinde elmanın önemi 6
1.2. İnsansız Hava Araçları (İHA, Drone) 8
1.2.1. İnsansız hava aracı (İHA, Drone) çeşitleri 9

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI **14**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **25**

3.1. Materyal 25
3.1.1. Elma meyvesi 27
3.1.2. İnsansız hava aracı (hexacopter) 28
3.1.3. Kontrol ünitesi 29
3.1.4. Elektronik hız kontrol kartı (ESC) 30
3.1.5. Motor 31
3.1.6. Batarya 32
3.1.7. Pervane 33
3.1.8. Görüntü aktarım cihazı 33
3.1.9. Kullanılan bilgisayar 34
3.1.10. Rekolte Hesaplama Yazılımı 34
3.2. Yöntem 36
3.2.1. Görüntünün aktarılması ve nesnenin tespiti 37
3.2.2. Görüntü işaretlenmesi ve sayımı 39

4. UYGULAMA VE ARAŞTIRMA BULGULARI **40**

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER **45**

6. KAYNAKÇA **47**

ÖZ GEÇMİŞ **51**

ŞEKİL TABLOSU

Şekil 1. 2012-2016 Yılları Arası Ülkelere Göre Meyve Üretim Miktarı (Ton) (Anonim, 2019a). 4
Şekil 2. Dünya Meyve Üretimi Verileri (Ton) (Anonim, 2019a). 4
Şekil 3. Türkiye'de Üretilen Meyve Miktarı (Ton) (Anonim, 2019b). 5
Şekil 4. Elma Üretiminde Önemli Ülkelerin Üretim Yüzdeleri (Anonim, 2019c) 6
Şekil 5. Ülkelerin Elma Üretimdeki Tarım Alanı Yüzdeleri (Anonim, 2019c). 7
Şekil 6. Türkiye'de Elma Üretim Yüzdesi (Anonim, 2019c). 7
Şekil 7. İnsansız hava araçları (Drone)(Kaymak ve Çöl, 2013). 9
Şekil 8. Tek motorlu iha (Singlecopter)(Kaymak ve Çöl, 2013). 9
Şekil 9. İki motorlu iha (Twincopter)(Kaymak ve Çöl, 2013). 10
Şekil 10. Üç motorlu iha (Tricopter)(Kaymak ve Çöl, 2013) 10
Şekil 11. Dört motorlu iha (Quadcopter)(Kaymak ve Çöl, 2013) 11
Şekil 12. Altı motorlu iha (Hexacopter)(Kaymak ve Çöl, 2013). 12
Şekil 13. Sekiz motorlu iha (Octocopter)(Kaymak ve Çöl, 2013). 13
Şekil 14. (Er ve ark., 2013)'nın kullandıkları elma sınıflandırma sistemi (Er ve ark., 2013). 14
Şekil 15. İnsansız hava aracı ile algoritmalı alan tarama(Valente ve ark., 2013) 16
Şekil 16. Yapılan çalışmada bahçeden elde edilen görüntü(Shalal ve ark., 2015). 17
Şekil 17. Alan taraması için kullanılan robot ve görüntü alma sistemi(Shalal ve ark., 2015). 17
Şekil 18. İnsansız hava aracı ile tarım arazisinde veri toplama sistem şeması(Polo ve ark., 2015). 18
Şekil 19. İnsansız hava aracı ile orman arazilerinin görüntülenmesi(Zahawi ve ark., 2015). 19
Şekil 20. İnsansız hava aracı (Hexacopter)(Jannoura ve ark., 2015). 19
Şekil 21. (a) Görüntü üzerinde Spectral yöntem ile domateslerin işaretlenmesi (b) Görüntü üzerinde Spatial yöntem ile domateslerin işaretlenmesi (c) Orijinal görüntü üzerine Spectral ve Spatial yöntemlerin kullanımı ile domateslerin işaretlenmesi(Senthilnath ve ark., 2016). 20
Şekil 22. Kinect v2 sensörleri kullanılarak yapılan meyve toplama aracının görünümü 24
Şekil 23. Çalışmada kullanılan elma bahçesinin uydudan görünümü. 25
Şekil 24. Çalışmanın gerçekleştirildiği meyve bahçesine ait görüntü. 26
Şekil 25. Çalışmada kullanılan elma ağacı ve elma meyvesi. 26
Şekil 26. Türkiye'de üretilen elma miktarının çeşitlere göre dağılımı (Ton)(Anonim, 2019b). 27
Şekil 27. Hexacopter (x) ve (+) uçuş tipleri(Anonymous, 2019c). 28
Şekil 28. Çalışmada kullanılan altı motorlu insansız hava aracı 29
Şekil 29. Çalışmada kullanılan kontrol kartının üsten görünümü. 29
Şekil 30. Kontrol karto ile GPS ve haberleşme modülünün bağlantı görünümü 30
Şekil 31. Elektronik hız kontrol kartı (Electornik Speed Controller-ESC)(Anonymous, 2019b). 31
Şekil 32. Fırçasız motor (Anonymous, 2019b). 31
Şekil 33. LiPo batarya (Anonymous, 2019a). 32
Şekil 34. Pervane yönleri(Anonymous, 2019c). 33
Şekil 35. Dijital fotoğraf kamerası ve aksiyon kamerası. 33
Şekil 36. "Rekolte Hesaplama" yazılım arayüzü. 35
Şekil 37. Meyve bahçesi görüntü alma yöntemi 36
Şekil 38. "Rekolte Hesaplama" yazılımın süreç akış diyagramı. 37
Şekil 39. İnsansız hava aracının meyve bahçesinde görüntü çekimi 40
Şekil 40. İha (drone) kamerasının çekmiş olduğu görüntü 40
Şekil 41. "Rekolte Hesaplama" yazılımının ana ekran görüntüsü 41
Şekil 42. Kırmızı elmaların rgb formatındaki görüntüden ayrıştırılması işlemi. 42
Şekil 43. Tespit edilen alanlar üzerinde filtreleme işleminin uygulanması. 42
Şekil 44. Görüntü işleme ile merkez noktaları ve kenar sınırlarının çizilmesi. 43
Şekil 45. Rekolte hesaplama yazılımı ile meyvelerin sayılması. 43

TABLOLAR

Tablo 1. Örnek seçilen ağaçlara ait veriler 44

KISALTMALAR

Byte	Bellek Ölçü Birimi
Carl-Zeiss ® Vario-Tessar ®	Objektif Standartları
CCW	Counter ClockWise (Saat Yönü Tersi)
CW	ClockWise (Saat Yönü)
DRONE	Çok Pervaneli İnsansız Hava Aracı
ESC	Electronic Speed Control (Elektronik Hız Kontrolü)
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)
GPS	Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
GRVI	Green Red Vegetation Index (Yeşil Kırmızı Bitki Örtüsü Endeksi)
GUID	Graphical User Interface Designer (Kullanıcı Arayüzlü Grafik Tasarımı)
ISO	International Organization for Standardization (Uluslararası Standardizasyon Örgütü)
İHA	İnsansız Hava Araçları
LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging (Lazerli Görüntü Algılama Vetarama)
MATLAB ®	Çok Paradigmalı Sayısal Hesaplama Yazılımı ve Dördüncü Nesil Programlama Dili
MHz / GHz	MegaHertz / GigaHertz (Frekans Birimi)
NGRDI	Normalized Green Red Difference Index (Normalize Yeşil Kırmızı Fark Endeksi)
Ni-Cd / Ni-Mh	Nickel Cadmium / Nickel-Metal
pH	Power of Hydrogen (Asitlik veya Bazlık Derecesini Tarif Eden Ölçü Birimi)
RAM	Random Access Memory (Rastgeler Erişebilir Bellek)
RGB	Red (Kırmızı) Green (Yeşil) Blue (Mavi).
RGB-D	Red (Kırmızı) Green (Yeşil) Blue (Mavi) Depth (D)
SSD	Solid State Drive (Sürücü)
TSE	Türk Standartları Enstitüsü
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
V	Volt
WEKA	Waikato Environment for Knowledge Analysis (Makine Dili Öğrenim Programı)

1. GİRİŞ

Tarım, insanların temel ihtiyaçlarından olan beslenmenin büyük bir kısmının temin edildiği geçmişten günümüze kadar gelen önemli temel uğraş alanıdır. Uzun yıllar boyunca tarım, insan gücü ve basit el aletleri ile yapılmakta iken günümüze kadar kullanılan zaman içerisinde birçok dönüşüme uğrayarak gerçekleşmiştir. Günümüzde, tarımsal faaliyetlerde kullanılan aletlerde gözle görülür gelişmeler ve teknolojinin etkileri görülmektedir. Özellikle son yıllarda tarımsal alanda önemli adımlar atılarak tarımda işgücünü önemli ölçüde azaltan tarım makinaları kullanılmaktadır. Tarımsal üretimde birim alandan alınan ürünlerin hem niteliksel hem de niceliksel bakımdan daha yüksek kalitede olması ve daha çok verim alınması, modern tarımın hedefleri arasında yer almaktadır. Bunun yanı sıra toprak yapısının ve su kaynaklarının korunması, sulama, gübreleme gibi faktörlerin kontrolü için teknolojik sistemler gerçekleşmektedir. Teknolojik uygulamaların tarımsal faaliyetlerde de etkinliğini arttırmak, ekonomikliğini sağlamak ve çalışma zorluğunu azaltmak açısından da önemli çalışmalar gerçekleştiği bilinmektedir.

Tarım, ülkelerdeki gelişmişlik seviyesine bakılmaksızın ülkelerin ekonomisinde önemli bir yere sahiptir. Aynı zamanda sürdürülebilirlik açısından günümüzde oldukça önem kazandığı bilinmektedir. Hızlı nüfus artışı, tarım ürünlerine olan ihtiyacımızı da artırmaktadır. Ülkemiz, tarımsal üretimde kendi ihtiyacını karşılayabilen ülkeler arasında yer almaktadır. Tarım arazilerinden etkin ürün yetiştirme yöntemleri ile daha çok verim alınmak istenilmektedir.

Tarımsal alanın içerisinde meyve yetiştiriciliği büyük öneme sahiptir. Meyveler, hasat işlemlerinden sonra tüketim olarak gelir sağladığı gibi sanayi için hammadde ürünü olarak çiftçiye gelir sağlayabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde büyük önemi olan meyve yetiştiriciliği, ithalat ve ihracat bakımından da ticari pazarda önemli yere sahiptir. Ülkemizin ekolojik yapısı ve iklim özelliklerinden kaynaklı birçok meyve türü ülkemizde yetişmeye elverişlidir. Özellikle ılıman iklim kuşağında yetişen meyvelerin çeşitliliği daha yaygındır. Meyveler, hasat işlemleri tamamlandıktan sonra yıllık üretim miktarı (rekolte) ortaya çıkmaktadır. Hasat miktarının az olması durumunda bir sonraki üretim yılı için gerekli önlemler alınmaktadır. Birçok meyvelerde ise rekolte işlemine tabi tutulmadan tarla üzerinde satışı gerçekleşmektedir. Bu durumda çiftçi üretim miktarını tam olarak bilememektedir.

Görüntüleme sistemleri ile birçok uygulama alanlarında çalışmalar gerçekleşmektedir. Görüntünün yorumlanması ve analizi sonucu yapılan uygulamaların sayesinde günlük yaşamımız kolaylaşmaktadır. Fotoğraf makinası, video kamera ve tarayıcı gibi cihazlardan elde edilerek sayısallaştırılan görüntülerin bilgisayar ortamında gerçekleşen yazılımlar vasıtasıyla işlenmesi veya analizi görüntü işleme olarak bilinmektedir. Görüntülerin analiz edilmesi için kullanılan tüm yazılım uygulamaları ve donanım gereçleri sistemine ise görüntü işleme sistemi denilmektedir (Bul ve ark., 2018).

Görüntü işleme sistemi, bir nesnenin veya durumun belirlenmesinde kullanılacak geometrik özelliklerinin, konum özelliklerinin ve optik özelliklerinin saptanması ve analizinde kullanılabilmektedir. Bu sayede, görüntü işleme sistemlerinin birçok alanda kullanımı artmaktadır. Birçok elektromekanik otomasyon sistemlerin karar verme yapısında görüntü işleme sistemleri yer almaktadır. Son yıllarda tarım alanında görüntü işleme sistemleri kullanılarak sulama, ilaçlama ve hasat gibi faaliyetler için geliştirilen uygulamaların kullanımı oldukça artmış ve görüntü işleme temelli birçok uygulama gerçekleşmiştir (Bul ve ark., 2018). Görüntü işleme sistemleri, tarımsal ürünlerin sınıflandırılması, ürün kalite kontrolü ve otomasyon işlemlerinde büyük öneme sahiptir. Görüntü işleme sistemleri ile tarımda meyveler üzerindeki birçok analiz, meyvelerin yetişme durumunun belirlenmesi, meyvelerin sınıflandırılması, yabancı ot tespiti, ot oranın belirlenmesi ve ilaçlama, gübreleme gibi tarımsal faaliyetlerde etkin olarak kullanılmaktadır (Demir ve ark., 2016).

İnsansız hava araçları kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. İlk zamanlar hobi amaçlı kullanılan insansız hava araçları daha sonra kamera yardımıyla havadan görüntü çekimlerinde, zamanla birçok projeler içerisinde yer almıştır. Başlıca, insansız hava aracı ile cankurtaran, yangın söndürme, kargo hizmeti vb. birçok alanda yardımcı eleman olarak kullanılmaktadır. İnsansız hava araçları, tarımsal alanda ilaçlama sistemi, ürün yetişmesi ve kontrolü gibi birçok önemli faaliyetlerde yer almaktadır.

Bu tez çalışmasında, ülkemizde ve dünyada büyük önemi olan elma yetiştiriciliğine yönelik olarak hasat öncesi görüntü işleme teknikleri ile elma ağaçları üzerinde kırmızı elmanın tespiti ve sayımı hedeflenmiştir. İnsansız hava aracı ile elma bahçesinde bulunan ağaçların görüntüleri elde edilmiştir. Sayma işlemi, dijital olarak kaydedilen görüntülerin görüntü işleme teknikleri kullanarak bilgisayar ortamında geliştirilen yazılımda yorumlanmıştır. Elma bahçesinden alınan görüntüler, uygulama

içerisinde renk analizi yöntemi ile üzerindeki elmaların tespiti gerçekleşmiştir. Renk analizi bakımından ana renkler içerisinde yer alan kırmızı renk diğer katmanlar arasından çıkarılarak kırmızı katman ayrılmıştır. Bu sayede kırmızı renkli elmaların tespiti gerçekleşmiştir. Kalan alan üzerinde ise kenar noktaları işaretlenmiş ve merkez nokta tespit edilerek meyve sayılmıştır. Uygulama, görüntü, video ve anlık canlı kamera üzerinden aldığı girdilere göre sonuç üretebilmektedir.

1.1. Meyve Yetiştiriciliği

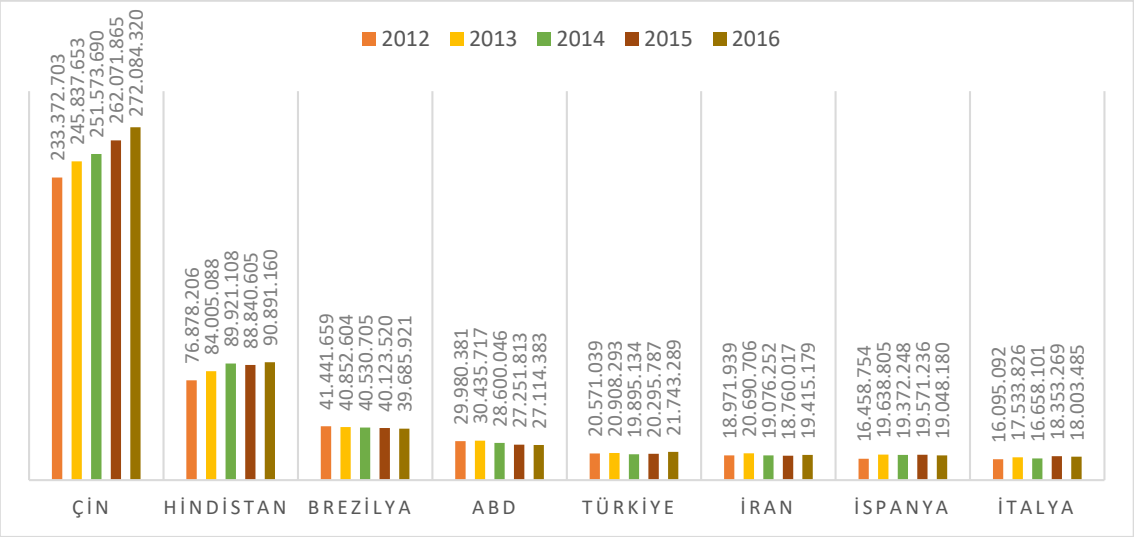
Tarımın önemli alanları arasında yer alan meyve üretimi, bölgenin iklim şartlarına göre üretim çeşitliliği göstermektedir. Ülkemizin bulunduğu coğrafi konumdan dolayı farklı iklim özellikleri görülmektedir. Bu özellikten dolayı ülkemizde bölgelere göre çeşitli meyveler yetişebilmektedir. Meyvelerdeki vitaminlerin ve mineral maddelerin insan vücudunda önemi oldukça fazladır. Meyve tüketimi, bağışıklık sistemi hastalıkları gibi kritik hastalıkların risk değerinin azalmasında ve bağışıklık sisteminin güçlenmesinde önemli etkendir. Meyve tüketimi ile kanser hastalığı, kalp ve damar hastalıkları, tansiyon olmak üzere birçok kritik hastalıkların oluşumunun azalmasında, vücud direncinin güçlenmesi ve yaşlanmanın gecikmesi sağlanabilmektedir (Taşcı, 2017).

1.1.1. Dünya'da meyve yetiştiriciliğinin önemi

Meyve yetiştiriciliğinde ülkerlerin yıl içerisinde ürettikleri miktar bakımından bakıldığında Çin başta olmak üzere, Avrupa Birliği (AB) ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Türkiye en fazla üretim sağlayan ülkelerdir. Coğrafi konumunun özellikleri sayesinde Çin bölgesinde birçok meyve yetiştirilebilmektedir. Türkiye, yıllık ürettiği 46 milyon ton sebze ve meyve ile dünyada önemli sebze ve meyve yetiştiren ülkeler arasındadır (Anonymous, 2019d).

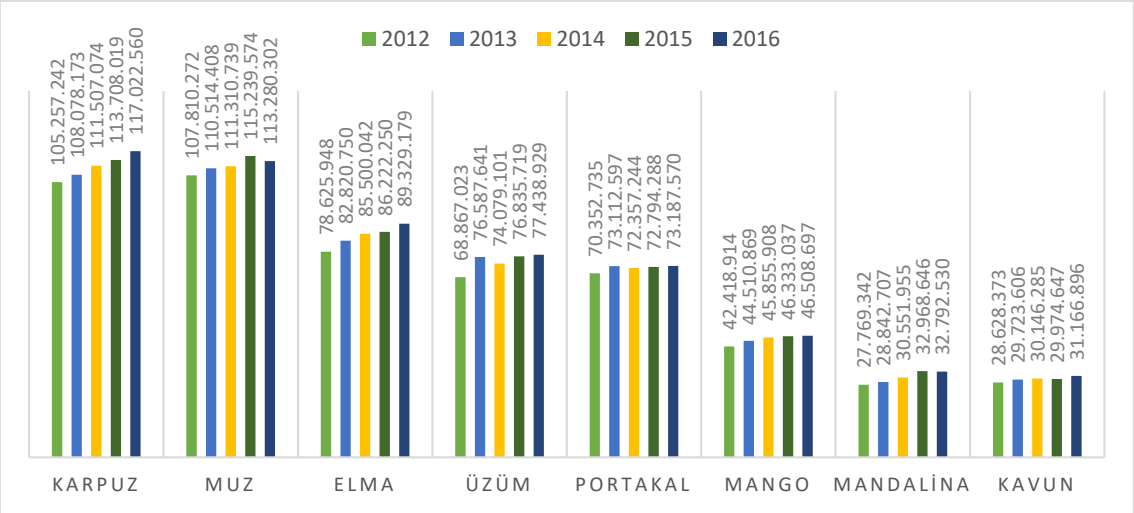
Meyve yetiştiriciliğinde, tarımsal birim alanında elde edilen verim oldukça fazladır. Gıda Tarım Örgütü (FAO) 'nün 2016 yılı meyve üretimindeki istatistiksel verilerine göre; dünya üzerinde yaklaşık 65 milyon hektar tarım arazisinden toplamda yaklaşık 870 milyon ton meyve elde edilmiştir (Anonim, 2019a). **Şekil 1**'de 2012 ile 2016 yıllarına ait meyve üretim tablosu yer almaktadır. 2016 yılında ülkeler arasında en fazla yaklaşık 272 milyon ton meyve yetiştirilmiştir.

Çin, dünyada %31'lik oran ile yaş meyve üretiminde önemli yere sahiptir (Anonim, 2019a). Daha sonra sıralamayı yaklaşık 91 milyon ton üretimiyle Hindistan ve yaklaşık 40 milyon ton üretimiyle Brezilya takip etmektedir. Ülkemiz, 2016 yılı içersinde yaklaşık 21 milyon ton meyve üretimi gerçekleştirerek dünya sıralamasında beşinci sırada yer almıştır. Böylelikle meyve üretiminde dünyada %3 dilim içerisinde yer almıştır (Anonim, 2019a).



Şekil 1. 2012-2016 Yılları Arası Ülkelere Göre Meyve Üretim Miktarı (Ton) (Anonim, 2019a).

Şekil 2' de yer alan 2012-2016 yılları arası dünyada yetişmekte olan meyvelerin üretim verileri yer almaktadır. Karpuz ve muz, 2012-2016 yılları arasında dünyada ortalama üretimi 111 milyon tona ulaşarak en çok üretimi sağlanan yaş meyveler olmuştur. Karpuz ve muz üretimlerinin ardından ortalama 84 milyon ton ile elma, 75 milyon ton ile üzüm, 74 milyon ton ile portakal izlemektedir.

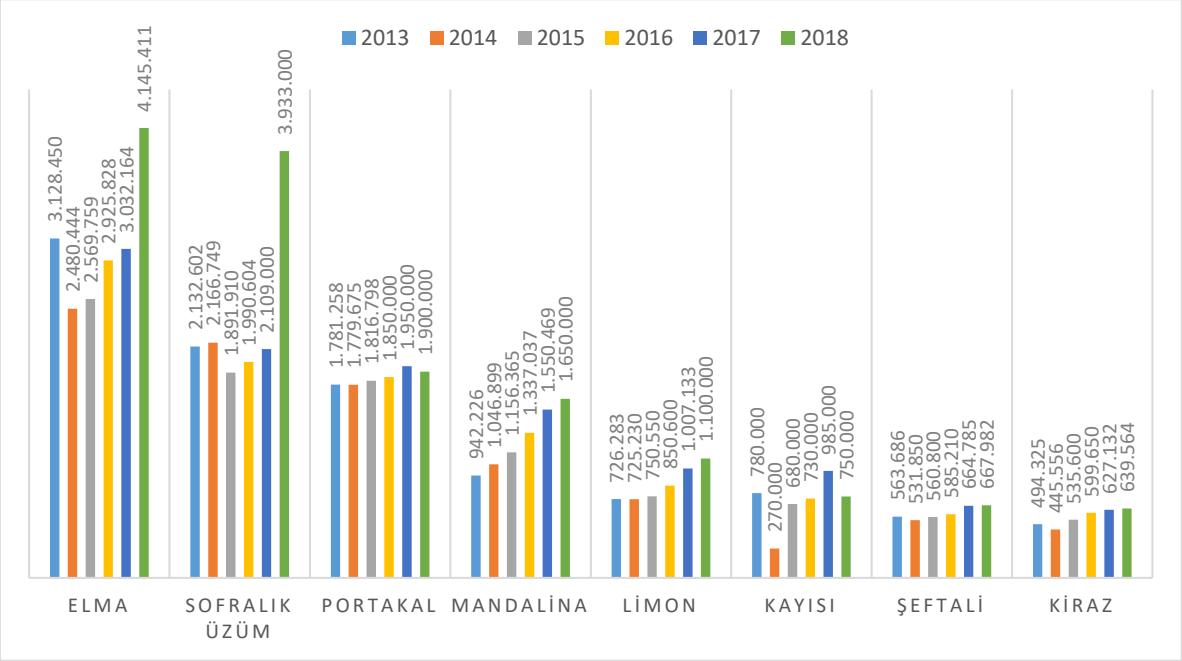


Şekil 2. Dünya Meyve Üretimi Verileri (Ton) (Anonim, 2019a).

1.1.2. Türkiye'de meyve yetiştiriciliğinin önemi

Tarım sektörü, ülkelerin ve toplumların ekonomik olarak kalkınmasında önemli etken olmuştur (Anonim, 2019a). Ekonomik sistemin küreselleşmesi, rekabetin artması ve pazar şartlarının değişmesiyle tarım sektörünün etkisi giderek artmaktadır. Türkiye, gerek jeopolitik konumu, üç tarafının denizlerle çevrili olması, akarsuları ve ekolojik çeşitliliğe sahip olması nedeniyle tarım, hayvancılık bakımından oldukça elverişli yapıdadır. TÜİK tarafından yayınlanan verilerine göre 2018 yılı içerisinde, yaklaşık 3.5 milyon hektar tarım arazisinde, yaklaşık 19 milyon ton meyve üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2019b). Bu üretim içerisinde elma, yaklaşık 4.1 milyon ton üretimle ilk sırada yer almaktadır (Anonim, 2019b).

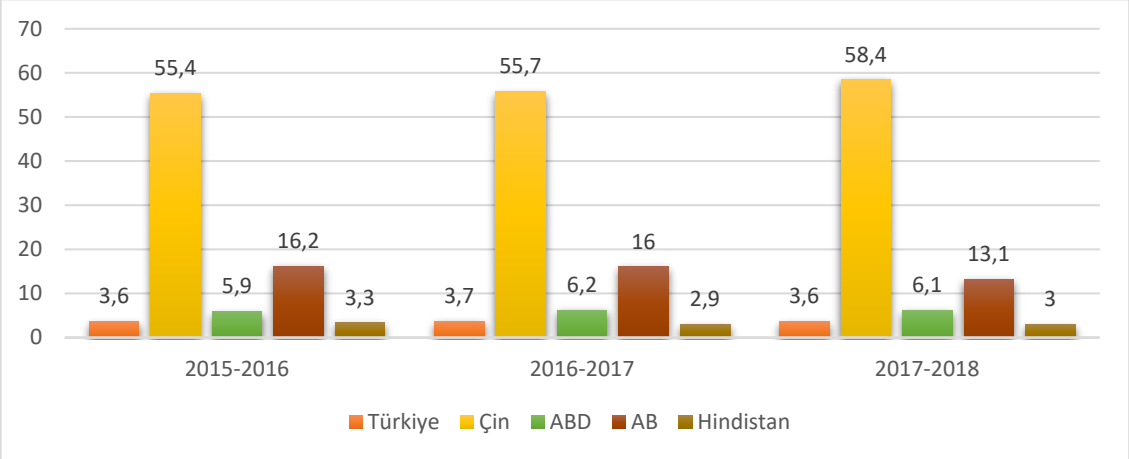
Şekil 3'te, TÜİK' in 2013-2018 yıllarına ait Türkiye'de üretilen yaş meyve verileri bulunmaktadır. TÜİK 2018 yılı verilerine göre, elma yaklaşık 4.1 milyon tonluk üretimi ile Türkiye'de en çok üretilen yaş meyvedir. Daha sonra yaklaşık 3.9 milyon ton üretimle sofralık üzüm, 1.9 milyon ton ile portakal izlemektedir.



Şekil 3. Türkiye'de Üretilen Meyve Miktarı (Ton) (Anonim, 2019b).

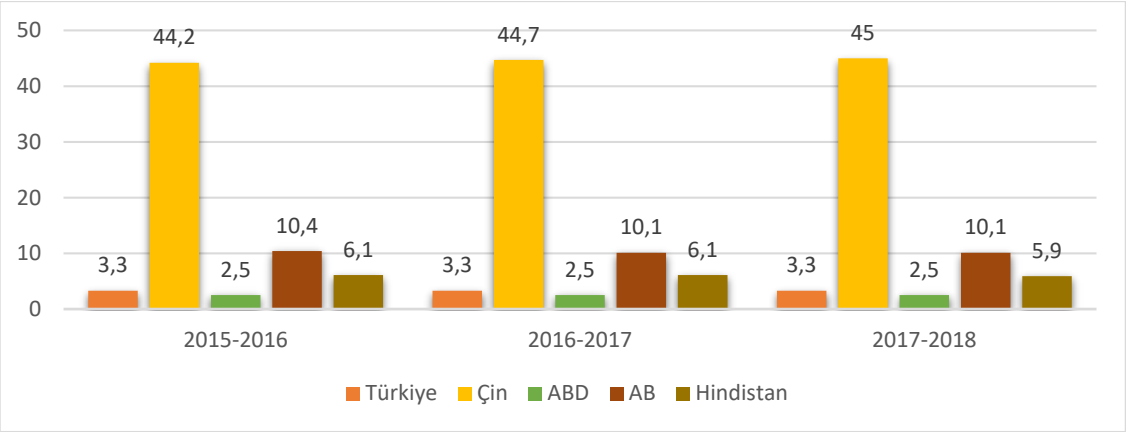
1.1.3. Meyve yetiştiriciliğinde elmanın önemi

Türkiye'de elma üretiminin tüm meyveler arasında yüksek bir paya sahip olması, elmanın meyve tarımı üzerinde önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Muz üretiminden sonra ikinci sırada yer alan elma, dünyada üretilen toplam meyvelerin yaklaşık %12'lik kısmını oluşturmaktadır. Dünyada elma üretimi, 2018-2019 sezonunda yaklaşık 68 milyon ton olarak tahmin edilmektedir. 2018-2019 döneminde dünya ihracat hacminin 6 milyon ton; ithalat hacmininde yaklaşık 6 milyon ton olarak gerçekleşeceği söylenmektedir. Dünyanın en büyük üretici ülkeleri arasında yer alan Çin, 2018-2019 üretim yılında üretiminin yaklaşık 31 milyon ton olacağını belirtmiştir. Avrupa ülkelerindeki üretiminin yaklaşık 14 milyon ton, ABD' deki üretimin ise yaklaşık 5 milyon ton olması beklenmektedir (Anonim, 2019c). **Şekil 4**' te görüldüğü gibi son 4 yıl içerisinde dünyada elma üretiminin %50 ile %60'ı Çin'de gerçekleştirmiştir.



Şekil 4. Elma Üretiminde Önemli Ülkelerin Üretim Yüzdeleri (Anonim, 2019c).

Şekil 4'te ülkeler arasında elma üretimi, tarım alanı oranları bakımından dikkate alınarak incelendiğinde, üretimde en fazla verimi ABD, Avrupa ülkeleri ve Çin sağlamaktadır. **Şekil 5'**te yer alan verilere göre, son 4 yılda en fazla elma üretim alanı yaklaşık %40 ile %45 aralığında Çin'de olduğu görülmektedir. Üretimde yüksek işgücü giderleri gelişmiş ülkeleri oldukça etkilemektedir. Bodur elma ağaçları, birbirlerine yakın mesafe dikimi ile yetişen elmaların kalite ve veriminde artış sağlarken, işgücü bakımından yaşanan kayıpları azaltmaktadır. Her yıl değişmekte olan elma üretiminde ülkemiz, yetişmekte olan ürün alanı ve yetişen ürün miktarı açısından dünya sıralamasında ilk 5 ülke içerisinde yer almaktadır (Anonim, 2019c).



Şekil 5. Ülkelerin Elma Üretimdeki Tarım Alanı Yüzdeleri (Anonim, 2019c).

Uygun iklim koşullarına sahip Türkiye'de neredeyse tüm illerde elma meyvesi yetiştirilmektedir. Ticari anlamda elma yetiştirilmesinde ise daha çok Türkiye'nin güney bölgesini kapsayan Isparta ili, İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Niğde, Konya, Karaman illeri ve Akdeniz Bölgesi'nde Antalya ili yer almakta ve üretim alanları bakımından ülkemiz toplam elma yetiştirilen alanların yarısına karşılık gelmektedir (Anonim, 2019c).

Şekil 6'da, ülkemizde elma üretimi bakımından önemli olan illerimizin elma üretimi yüzde değeri olarak yer almaktadır. **Şekil 6**'ya göre Türkiye'de toplam elma üretiminde yaklaşık %20 kısmı Isparta ilinde üretilirken yaklaşık %14 ile Karaman ili ve %12 oranı ile Niğde ilimiz üretimleri ile Isparta ilini takip etmektedir. Isparta, elma üretimin haricinde soğuk hava depolama, elma işleme ve araştırma geliştirme açısından öne çıkarken, Niğde ve Karaman illerinde de önemli yatırımlar gerçekleşmektedir (Anonim, 2019c).



Şekil 6. Türkiye'de Elma Üretim Yüzdesi (Anonim, 2019c).

Ülkemizde en fazla üretim miktarına sahip elma cinsleri başlıca; Starking elmaları, Golden elmaları, Amasya elmaları olduğu bilinmektedir. Üretilen elmanın büyük bir bölümü iç piyasada taze olarak tüketilmekte bir kısmı ise meyve suyu, konsantre vb. endüstride hammadde olarak değerlendirilmektedir. Hammadde olarak kullanılan elmaların büyük bölümü ağaç altında bulunan elmalardan meydana gelmektedir. Özellikle yazlık elma çeşitlerinin bulunduğu elma bahçelerinde dökülen meyvelerin bir kısmı kullanılırken geri kalan kısmı toprak üzerinde kalmaktadır. Bu durum hasat öncesi ürün ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır (Anonim, 2018).

Türk Standartları Enstitüsünün TS100 standardına göre elmalar, botanik yapılarına göre çeşitlerine, renklerine göre gruplara, iriliklerine göre boylara kalite, özelliklerine göre ise kategorilere ayrılmaktadır. Elmalar daha çok cinsi ve büyüme oranı dikkate alınarak sınıflanmaktadır. TSE, elmaların boyut olarak sınıflandırmalarında belirlenen kütlesel veya sayısal değerlerin toplam %10'a kadar bir üst veya bir altındaki boylardan olan elmalara tolerans tanımıştır.

1.2. İnsansız Hava Araçları (İHA, Drone)

İnsansız hava araçları, teknojik alanda yapılan yenilikler içerisinde tercih edilen ve çoğunlukla hobi olarak kullanımaktadır. Bunun yanında bilimsel çalışmalarda ve mühendislik alanında geliştirilen uygulamalarda yer almaktadır. İnsansız hava araçları sınıfına giren Droneler mühendislik çalışmaların tam içerisinde yer alarak çeşitli faaliyetlerinin izlenmesi, denetimi, çeşitli durum çözümlemesi sağlaması veya hızlı yorumlayabilmesinde hazırlanan uygulamalarda kullanılmaktadır. Literatürde, gerek bilimsel açıdan yapılan çalışmalarda veya ticari faaliyetlerde yer alan insansız hava araçları üzerine birçok çalışmalar görülmektedir.

İnsansız hava araçları teknik yapısı bakımından kullanılacağı birimlere göre farklı tasarımlarda üretilmektedir. İnsansız hava araçlarının en çok 4, 6 ve 8 motorlu olarak sınıflandırılmalara sahiptir. QuadCopter, bağımsız dört adet farklı motorla çok hızlı hareket kabiliyeti olan insansız hava araçlarıdır. QuadCopterlerin motor sayısındaki artış ile faklı model yapıları meydana gelmektedir. Altı (Hexa) motorlu ve sekiz (Octo) motorlu yapıları, bilinen modeller arasında yer almaktadır. Drone, doğru akım ile çalışan motoru, elektronik hız kontrol ünitesi, mikro denetleyici, denge kontrol ünitesi, sensörler ve güç ünitesi ile birlikte toplam 6 kısımdan oluşur.

Şekil 7’ de İnsansız hava aracının (drone) bir modeli yer almaktadır.



Şekil 7. İnsansız hava araçları (Drone)(Kaymak ve Çöl, 2013).

1.2.1. İnsansız hava aracı (İHA, Drone) çeşitleri

Drone, insansız hava çeşitlerinden en çok bilinen modelidir. Drone, üzerinde bulunduğu motor sayılarına göre ismlendirilmektedir. Motor sayılarına göre insansız hava araçları yani drone’ların en çok bilinen çeşitleri altı grupta toplanmıştır. Bunlar;

a) Tek motorlu iha (Singlecopter)
b) İki motorlu iha (Twincopter, Avatar Style, Power Tower)
c) Üç motorlu iha (Tricopter, Tcopter)
d) Dört motorlu iha (Quadcopter)
e) Altı motorlu iha (HexaCopter)
f) Sekiz motorlu iha (Octocopter)

’dir.

a) Tek motorlu iha (singlecopter)

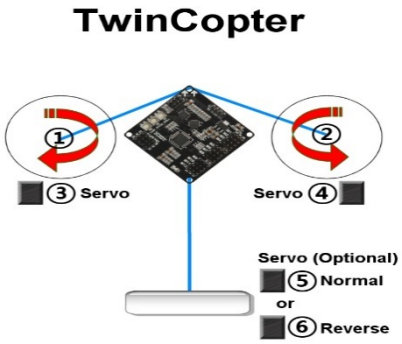
Tek motorlu iha, gövde yapısında bir adet motor ile hava akımı oluşturmaktadır. Açılı motor çeşiti olarak bilinen Servo motor ile dengede kalması, kanat kontrolü gerçekleşen bir sistemden oluşmaktadır. **Şekil 8**’de tek motorlu yapıya ait örnek model yer almaktadır.



Şekil 8. Tek motorlu iha (Singlecopter)(Kaymak ve Çöl, 2013).

b) İki motorlu copterler iha (twincopter, avatar style, power tower)

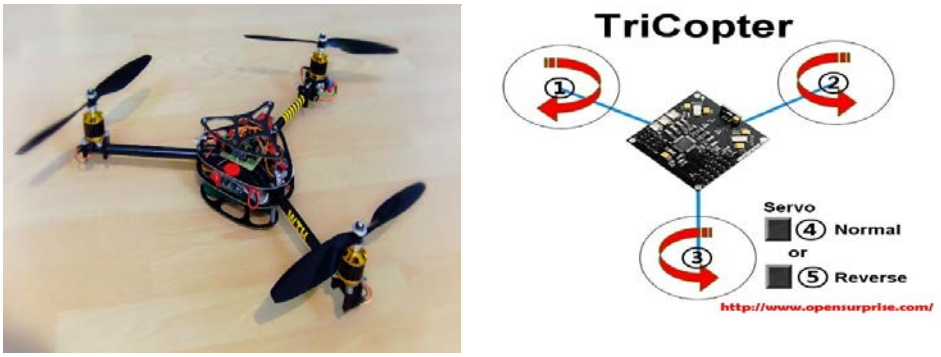
İki motorun güç üretimi ile hava akımının oluşturulması ile yükselme ve alçalma hareketlerinin gerçekleşmesi ve servo motorların yönlerdirme tilt (öne arka yöne eğilim) hareketinin yaptığı sistemdir. Motor, devirleri eş zamanlı değiştirilerek yükselmesi ve motorların servo motor ile ileri-geri yatması ile insansız hava aracı hareket etmektedir. Kendi etrafında dönmesini engellemek için iki motor karşılıklı ters yönde dönmektedir. **Şekil 9**'da iki motorlu iha'ya ait örnek model yer almaktadır.



Şekil 9. İki motorlu iha (Twincopter)(Kaymak ve Çöl, 2013).

c) Üç motorlu iha (tricopter, tcopter)

Havadaki hareketi ve yapısı bakımından helikoptere benzeyen sistemi bulunmaktadır. Y veya T gövde yapısına sahip olan iha'nın gövdesi üzerinde 3 adet motor bulunmaktadır. Kuyruk motorunun sağ ve sol yöne dönmesi ekseni etrafında dönmesinin önüne geçmektedir. **Şekil 10**' da üç motorlu iha'ya ait örnek model yer almaktadır.



Şekil 10. Üç motorlu iha (Tricopter)(Kaymak ve Çöl, 2013)

d) Dört motorlu iha (quadcopter)

Dört motorlu iha, belirlenmiş olan iki motorun saat yönünde diğer iki motorun ise saat yönü tersinde hareket etmesi ile yükselme ve alçalma hareketlerinin gerçekleştiği yapıdır. Motorların gücü değişimi ile kendi ekseni etrafında dönme hareketi veya durma hareketi gerçekleşmektedir. (+) ve (x) olmak üzere iki şekilli gövde yapısı ve uçuş şekli bulunmaktadır. Artı (+) şekli ile bir motor, (x) şekli ile iki motor kullanarak yön kontrolü sağlanmaktadır. Motorlar sırasıyla saat yönünde ve saat yönü tersinde hareket gerçekleştirerek hava akımı oluşturmaktadır.

Yön kontrolü işleminde, (+) uçuş şeklinde arka motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile ileriye, ön motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile geriye hareket gerçekleşmektedir. Arkadan bakıldığında sağ motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sola, yine arkadan bakıldığında sol motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sağa yönde hareket etmektedir.

(x) uçuş şeklinde ise, yanyana bulunan iki motorların aynı anda hareketi ile yön hareketi sağlanmaktadır. Arka iki motorun diğer iki motordan daha hızlı dönmesi ile ileriye, ön iki motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile geriye hareket etmektedir. Sol iki motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sağa, sağ iki motorun diğer iki motorlardan daha hızlı dönmesi ile sola hareket gerçekleşmektedir. **Şekil 11**'de dört motorlu iha'ya ait örnek model yer almaktadır.



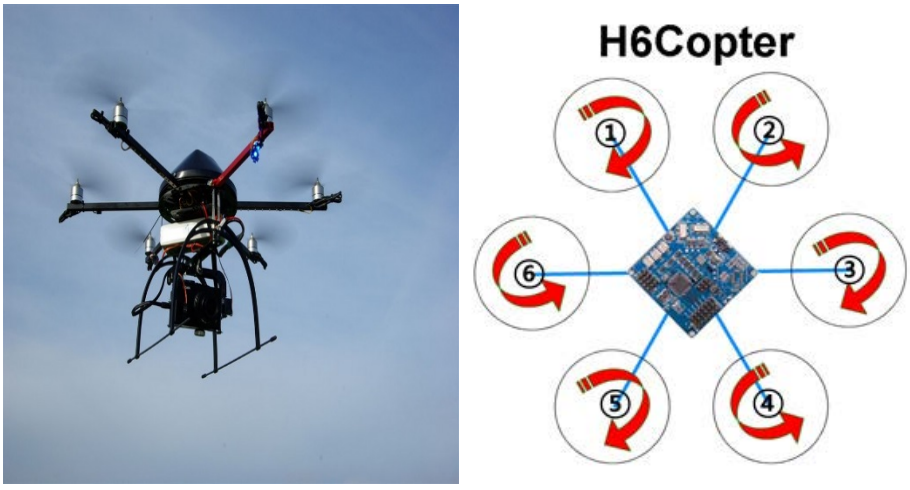
Şekil 11. Dört motorlu iha (Quadcopter)(Kaymak ve Çöl, 2013)

e) Altı motorlu iha (hexacopter)

Altı motora sahip iha, dört motorlu yapıda olduğu gibi uçuş şekline göre (+) ve (x) yönde gövde yapısı ve uçuş şekli bulunmaktadır. Motorlar sırasıyla saat yönünde ve saat yönü tersinde hareket gerçekleştirerek hava akımı oluşturmaktadır. Motor hız kullanımı ile kendi ekseni etrafında dönme ya da durma hareketi gerçekleşmektedir. Havadan görüntü ve video alma sistemlerinde tercih edilen iha modelidir. Altı motor gücü ile yük kaldırmada ve kararlı uçuş yapısı ile kullanıcıları olumlu etkilemektedir.

Yön kontrolü işleminde, (+) uçuş şeklinde arka motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile ileriye, ön motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile geriye hareket gerçekleşmektedir. Arkadan bakıldığında sağ motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sola, yine arkadan bakıldığında sol motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sağa yönde hareket etmektedir.

(x) uçuş şeklinde ise, arka iki motorun diğer iki motordan daha hızlı dönmesi ile ileriye, ön iki motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile geriye hareket etmektedir. Sol tek motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sağa, sağ tek motorun diğer iki motorlardan daha hızlı dönmesi ile sola hareket gerçekleşmektedir. **Şekil 12**'de altı motorlu iha'ya ait örnek model yer almaktadır.



Şekil 12. Altı motorlu iha **(**Hexacopter)(Kaymak ve Çöl, 2013).

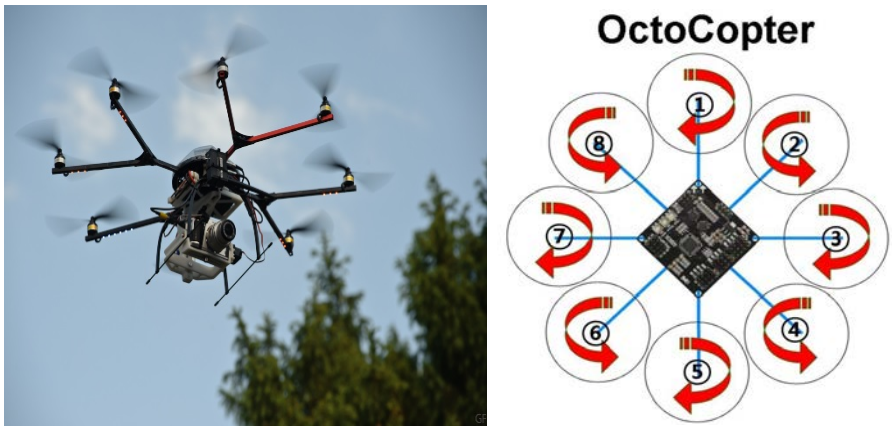
f) Sekiz motorlu iha (octocopter)

Sekiz adet motora sahip olan insansız hava aracı modelidir. Kendi ekseninde dönmesi ya da durması yine motorlardaki hız kontrolü ile gerçekleşmektedir. Motorlar sırasıyla saat yönünde ve saat yönü tersinde hareket gerçekleştirerek hava akımı oluşturmaktadır.

Yön kontrolü işleminde, (+) uçuş şeklinde arka üç motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile ileriye, ön üç motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile geriye hareket gerçekleşmektedir. Arkadan bakıldığında sağ üç motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sola, yine arkadan bakıldığında sol üç motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sağa yönde hareket etmektedir.

(x) uçuş şeklinde ise, arka iki motorun diğer iki motordan daha hızlı dönmesi ile ileriye, ön iki motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile geriye hareket etmektedir. Sol tek motorun diğer motorlardan daha hızlı dönmesi ile sağa, sağ tek motorun diğer iki motorlardan daha hızlı dönmesi ile sola hareket gerçekleşmektedir.

Şekil 13'te sekiz motorlu copter'e ait örnek model yer almaktadır.

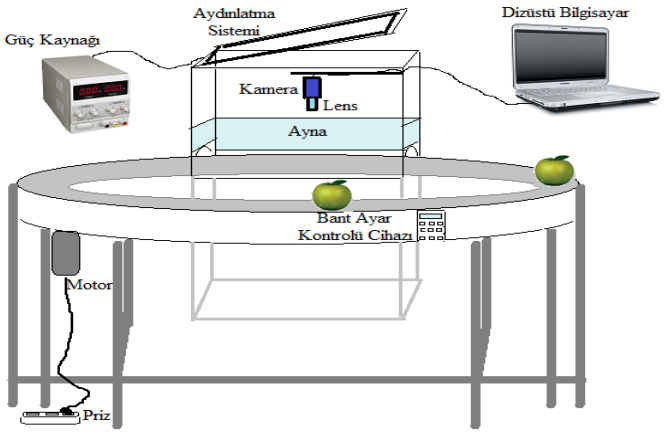


Şekil 13. Sekiz motorlu iha **(**Octocopter)(Kaymak ve Çöl, 2013).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Linker ve ark. (2012), doğal aydınlatma koşullarında elma bahçelerinde elde edilen RGB görüntülerden yeşil elma sayısının belirlenmesine yönelik algoritma geliştirmiştir. Algoritma, dört ana adımı içermektedir. Renk ve pürüzsüzlük kullanarak, elmaya ait olma olasılığı yüksek olan piksellerin tespiti, elmalara ait olma olasılığı yüksek olan birleştirilmiş piksel kümeleri olan "tohum alanlarının" oluşumu ve genişlemesi, bu tohum alanlarının dış hatlarının yaylara ve bölümlere ayrılması, bu yayların birleştirilmesi ve elde edilen dairenin basit bir elma modeliyle karşılaştırılmasından oluşmaktadır. Algoritmanın performansı iki veri grubu kullanılarak incelenmiştir. İlk veri grubu, kameranın tam otomatik modunda ve çeşitli aydınlatma koşullarında kaydedilen görüntülerden oluşmaktadır. İkinci veri grubu, manuel olarak düşük pozlanmış ve çoğunlukla dağınık ışık altında (gün batımına yakın) kaydedilmiş görüntülerden oluşmaktadır. Algoritma ile görüntülerde görülebilen elmanın %85'inden fazlasını doğru tespit etmiştir. Çalışmada doğrudan aydınlatma ve renk doygunluğu, çok sayıda yanlış pozitif tespite neden olmuştur. Bu tür görüntüler için doğru algılama oranı %95'e yakın, yanlış pozitif algılama oranı %5'ten az olarak sonuçlanmıştır.

Er ve ark. (2013), yapmış oldukları çalışmada, Akdeniz bölgesinde yer alan Isparta ve civarı illerde en çok yetişen elmaları görüntü işleme teknikleri ile elma rengi, boyutu ve ağırlığına göre sınıflandırılma işlemi ile ilgili çalışma yapmışlardır. Resim üzerinde elma bulma, boyutlandırma ve ağırlıklar görüntü üzerinde en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmiştir. Yürüyen bant sisteminde elmalar nitelik ve nicelik bakımından %95.5 oranla doğru tespit edilmiştir. Sistemin elmayı tanıma süresi 0.5 saniye olarak kayıt edilmiştir. **Şekil 14'te** çalışmada kullanılan gerçekleştirilen yürüyen bant sistemi yer almaktadır.

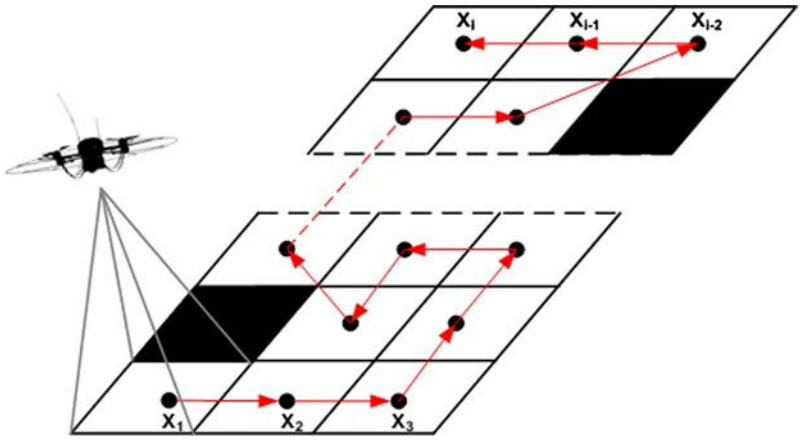


Şekil 14. (Er ve ark., 2013)'nın kullandıkları elma sınıflandırma sistemi (Er ve ark., 2013).

Sofu ve ark. (2013) yapmış oldukları çalışmada ise görüntü işleme tekniği kullanarak elmaların rengi, boyutu ve elma üzerindeki lekelerin tespitine yönelik çalışma gerçekleştirmişlerdir. Yazılım, mevcut elma bilgileri ile görüntüsü alınan elmaların karşılaştırmasıyla çalışmaktadır. Boyutlandırmada, kamera ile hazırlanmış olan bant üzerindeki elmanın durmuş olduğu mesafe ölçeklendirilmiştir. Gerçek boyut ile resimdeki boyutu arasındaki farkı bulmak için ise kamera karşısında yer alan elmanın beraberinde cetvel yerleştirilmiştir. Elmanın fiziksel (en-boy) oranını, piksel değeri ile gerçek boy oranıyla karşılaştırmada katsayı kullanılarak hesaplamalar gerçekleşmiştir. Elmalar Red (kırmızı), Green (yeşil), Blue (mavi) bakımından yoğunluk oranı tespit edilmiş ve renk verileri birbirleri arasında karşılaştırılmıştır. Daha önceden tanımlı verilere en uygun aralık değerine sahip sınıflama rengi tespit edilerek ekrana hangi sınıf elma olduğu belirtilmiştir.

Kurtulmuş ve ark. (2013), doğal aydınlanma koşulları ile alınmış şeftali bahçesindeki renkli görüntülerde yer alan gelişim aşamasında olan olgunlaşmamış şeftali meyvelerini saptayarak sayan bilgisayarlı görüntü işleme algoritması geliştirmişlerdir. Görüntü alımı standart CCD (charge-coupled device) renkli kamera ile sağlanmıştır. Görüntüler boyut olarak 2048x1536 piksel çözünürlükte toplanmıştır. Görüntü elde etmede kamera ve meyve arası mesafe yaklaşık 50 cm olarak sabitlenmiştir. Meyveyi tanımak için görüntü işleme algoritmalarının geliştirilmesi ve testi amacıyla rastgele olacak şekilde 32 görüntüden oluşan eğitim, 64 görüntüden oluşan bir de doğrulama kümesi ayrılmıştır. Önerilen algoritma ile çalışmada kullanılan görüntülerdeki meyvelerin %75.3'ü doğru tanımlanmıştır.

Valente ve ark. (2013)'de yapmış oldukları çalışmada, tarım arazileri içerisinde yapılacak çalışmaların belirlenmiş bir düzene göre gerçekleştirilmesinin daha başarılı olduğunu tespit etmişlerdir. İha'dan faydalanarak arazi içerisinde güzergâh yolu karmaşıklığını çözümlemek için rota belirlenmiştir. NP-COM yöntemi kullanılarak belirlenen rota ile iha tarafından çekilen her görüntünün ortasında bir merkezi nokta belirlemiştir. **Şekil 15**'te görüleceği gibi iha (Drone), bu merkezi noktalardan yola çıkarak ilerlemektedir. Bu çalışma ile birden fazla noktaya yönlendirme veya rota belirleme gibi sorunlara çözümler getirmiştir. Çözüm için kısa sürede birçok algoritma geliştirerek içlerinde en uygun olanın seçilmesiyle sorun çözülmektedir.



Şekil 15. İnsansız hava aracı ile algoritmalı alan tarama(Valente ve ark., 2013)

NP-Com yöntemi kullanımı ile yapılan işlemlerden sonra Harmony Memory yöntemi kullanılarak işlemler tekrarlanmış ve bu iki yöntem karşılaştırılmıştır. Üçüncü yöntem olarak kullanılan Fi yöntemi, ilk yaklaşımı kullanılarak elde edilen sonuçlar ile düzensiz şekli olan alanı düzgün bölümlere ayırmıştır. Belirlenen arazi yapısı ve rota algoritmaları ile arazi üzerinde tarımsal faaliyetler gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemler ile tarım arazilerinde daha verimli süre içerisinde düzenli tarımsal faaliyetler gerçekleştirilmiştir.

Kahya ve Arin (2014), meyvenin yerinin görüntü işleme yöntemleri ile bulunması ve koordinatlarına göre robotik meyve hasadının gerçekleşmesine yönelik çalışma yapmışlar. Dijital ortama aktarılan meyvelere ait görüntüler üzerinde, meyvenin renk özelliği kullanarak görüntü işleme yapılmıştır. Görüntü işlemede kullanılmak üzere dijital ortama resim aktarmak için 3644 x 2748 piksel çözünürlüklü bir dijital kamera tercih edilmiştir. Görüntülerin çekimi sırasında ışık parlaklığının engellemek için aydınlatma sistemi kullanmılmıştır.

Shalal ve ark. (2015) yapmış oldukları çalışmada ise tarımsal alanda kamera ile elde edilen görüntülerde ağaç ve ağaç olmayan nesneleri tanımlamak, arazi içerisinde robot yardımıyla ağaç kenar noktaları ve ağaç hizalarını tespit etmek ve ağaç olmayan nesnelerin genişliğini belirlemek için bir uygulama geliştirilmiştir. Görüntü aktarımı, arazi içersinde hareket eden robot üzerinden sağlanmaktadır. Kullanılan algoritma, %96.94 algılama hassasiyeti ile ağaç olmayan nesneler arasından ağaç gövdelerini algılamıştır. Ayrıca robot dışında meyve bahçesine kurulan algılama sitemleri ile meyve bahçesinden çiftçiye anlık bilgi sağlamaktadır. Sensörlerden toplanan veriler ile çiftçi

meyve gelişimi, ağaç veya meyve hastalıkları, ağaç veya meyve hasarları gibi bilgiler edinmektedir. Bununla birlikte, küçük bir mobil robot ile insansız hava aracı birlikte haritalama işlemi yaparken insansız hava aracı tarafından erişilemeyen ağaç altları robot tarafından taranmaktadır. **Şekil 16**'da yapılan çalışmaya ait görüntü ve **Şekil 17**'de yapılan çalışmada kullanılan araç yer almaktadır.



Şekil 16. Yapılan çalışmada bahçeden elde edilen görüntü(Shalal ve ark., 2015).



Şekil 17. Alan taraması için kullanılan robot ve görüntü alma sistemi(Shalal ve ark., 2015).

Polo ve ark. (2015), tarımsal alanlarda toprak nemi, gübre değeri, pH oranı gibi faktörleri izlemek için toprağın belirli noktalarına sensörler yerleştirildiğini ancak büyük tarım arazilerinde sensörlerin fazla olması sebebi ile sensörler arası ve ana kontrol merkezi arasında haberleşme noktasında kurulan sistemin yüksek maliyetinin olduğunu belirtmişlerdir. Yapılan çalışmada, **Şekil 18**' de görülen insansız hava aracı ile kablosuz ağ sistemi kullanarak tarım arazisi üzerinde bulunan kablosuz sensörlerle haberleşmesi ile ana kontrol merkezine veri aktarımı sağlamışlardır. Kablosuz sensörler sayesinde tarımsal alanda teknoloji ile hassas tarım gerçekleştirerek daha iyi verim elde edilmiştir.

İnsansız hava aracı üzerinde bulunan kamera sistemi ile tarım arazisi üzerinde yetişen bitkiler hakkında görüntü çekerek bitkilerde oluşan hastalıklar hakkında erken uyarı sistemi vermektedir.



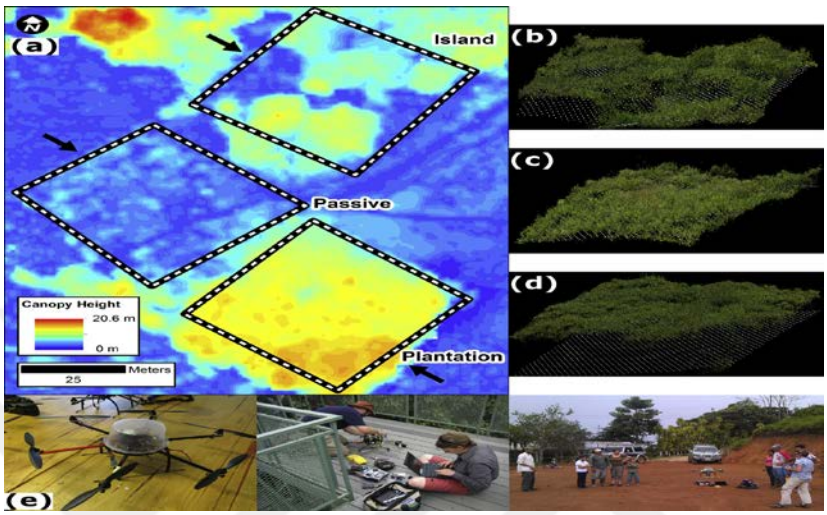
Şekil 18. İnsansız hava aracı ile tarım arazisinde veri toplama sistem şeması(Polo ve ark., 2015).

Yapılan çalışmada yerde bulunan ölçüm noktaları her 10 dakikada toprağın ısı, nem ve pH değerlerini ölçerek kayıt etmektedir. İnsansız hava aracı ile arazi üzerinde yerden yaklaşık 100 m yükseklikte uçuş gerçekleştirerek yerdeki her veri noktasından geçerek 19.5 m uzunluk boyunca yerdeki noktadan veri alınmıştır. Ölçümlerle birlikte sensörlerden yaklaşık 2 byte'lık bir veri dosyası alınmaktadır. Toplamda, yaklaşık 11 noktadan 1 814 ölçüm gerçekleştirmiştir.

Lu ve Sang (2015), narenciye hasat robotlarına rehberlik etmek amacıyla, değişken aydınlatma koşullardaki ağaçların gölgelik içindeki narenciye tanımlamak için renk bilgisine dayalı bir yöntem geliştirmişlerdir. Meyve hedeflerinin kısmi düzen ilişkisi, hasat robotunun yol planlamasında anahtar ipuçları sağladığı belirtilmiştir. Narenciye bahçesindeki meyve hedeflerinin renk özellikleri analiz edilerek, renk sapmaları bilgisi ve normalize edilmiş RGB modeli kaynaştırılarak ön bölümlendirme yöntemi oluşturulmuştur. Sonuç olarak ağaç altı meyvelerin, önerilen yöntem kullanılarak doğal dış mekân ve ışık koşullarında etkili bir şekilde geri kazanıldığını ve hata payının %5.27 oranında olduğunu görülmüştür.

Zahawi ve ark. (2015) yapmış oldukları çalışmada, 7-9 yıllık tropikal orman arazilerinde orman gölgelik yapısını ölçmek için geliştirdikleri sisteme görüntüleri insansız hava aracı kullanılarak elde edilmiştir. İnsansız hava aracı kullanarak (LIDAR)

lazer darbeleri ile arazi üzerinde ölçüm ve ağaç konum belirlemesi yapılmıştır. Spektral görüntüleme sistemi kullanılarak ağaç konum noktaları belirlenmiştir. Çalışmada arazi taramasından sonra elde edilen görüntülerde iki algoritma kullanılmıştır. Gauss dağılımı algoritması kullanarak hata tespitleri elde edilmiştir. **Şekil 19**'da ANOVA analiz fonksiyonu kullanarak ağaç yoğunluk oranları belirlenmiştir.



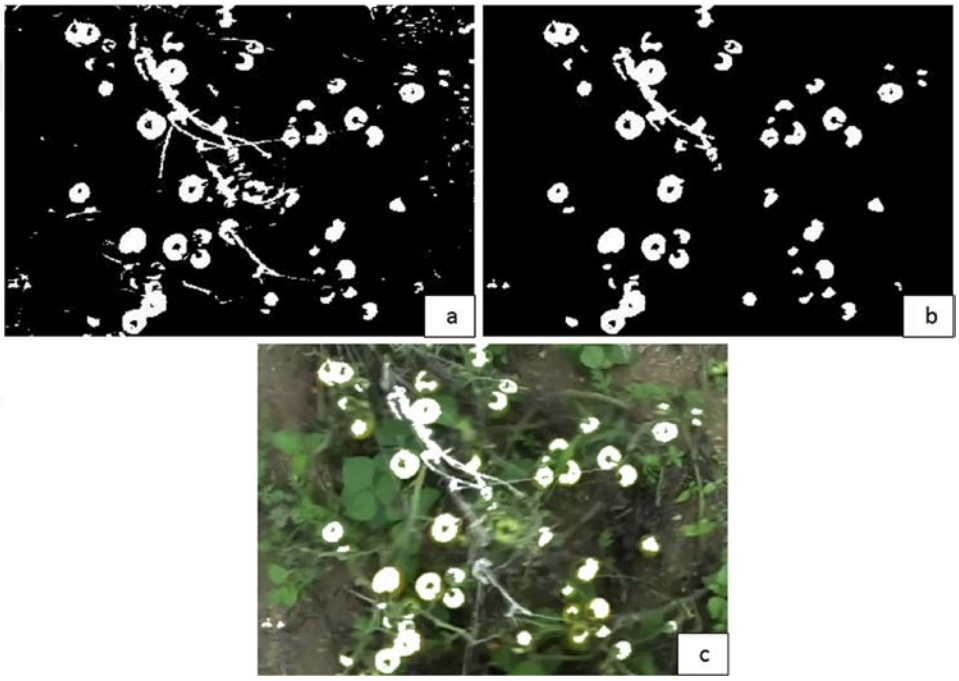
Şekil 19. İnsansız hava aracı ile orman arazilerinin görüntülenmesi(Zahawi ve ark., 2015).

Jannoura ve ark. (2015), RGB formatında görüntü çekimine sahip dijital kamera ile donatılmış insansız hava aracı kullanarak büyük tarım arazilerinde ekin biokütlelerinin görüntülemesi ile ilgili çalışma yapılmıştır. Filizlenme aşamasında çekilen görüntüler NGRDI görüntü sistemine çevrilerek arazide mevcut olan ekinler hakkında bilgi toplanmıştır. Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen görüntüler uydu sistemlerinden ya da konvansiyonel uçak sistemlerinden elde edilmiştir. Çalışmada ise **Şekil 20**'de yer alan insansız hava aracı (Drone) kullanılarak havadan araziler hakkında görüntüler elde edilmiştir. Görüntü için Hexacopter ve üzerinde fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Hexacopter, alan üzerinde yerden 1 500m yükseklikte 10 dakika uçuş gerçekleştirilmiştir.



Şekil 20. İnsansız hava aracı (Hexacopter)(Jannoura ve ark., 2015).

Senthilnath ve ark. (2016)'nın yapmış olduğu çalışmada, insansız hava aracı (Drone) ile bir tarımsal alan üzerinden alınan görüntülerden tarla bitkilerinin (domates) sınıflandırmasını yapılmışlardır. Yapılan çalışmada arazi üzerinde alanlar belirli bölmelere ayrılmıştır. Bölümlenmiş alanlar üzerinde etiketlemeler yapılmıştır. Arazi üzerinde insansız hava aracı ile uçuşlar gerçekleştirilerek çeşitli görüntüler elde edilmiştir. İnsansız hava aracı ile yerden farklı yüksekliklerde çekilen resimler önerilen iki yöntemin performansını karşılaştırmak için kullanılmıştır. Spektral yoğunluklarda domatese benzeyen domates olmayan bazı pikseller domates grubuna dâhil olmamak için ayrı gruplandırılmıştır. Bu yöntem ile alandaki ürünlerin rekolte hesabı yapılmıştır. **Şekil 21'**de bu çalışmada elde edilen sonuca ait görüntü yer almaktadır.



Şekil 21. (a) Görüntü üzerinde Spectral yöntem ile domateslerin işaretlenmesi (b) Görüntü üzerinde Spatial yöntem ile domateslerin işaretlenmesi (c) Orijinal görüntü üzerine Spectral ve Spatial yöntemlerin kullanımı ile domateslerin işaretlenmesi(Senthilnath ve ark., 2016).

Sabanci ve ark. (2016), elmaları renk ve boyutlarına göre sınıflandırılmasını yapmışlardır. Bu çalışmada her birinden 50 adet olmak üzere Golden Delicious, Granny Smith ve Starking Delicious elma cinslerinden toplamda 150 görüntü kullanılmıştır. Elde edilen 150 görüntüden 60 tanesi eğitim amaçlı, 90 tanesi ise test görüntüsü olarak kullanılmıştır. Görüntüler, aydınlatma sistemine sahip endüstriyel kameralı hareketli bir yürüyen bant üzerine yerleştirilmiş kutu içerisinde çekilmiştir. Elde edilen görüntüler Weka programı kullanılarak algoritmalar ile boyut ve renklerine göre ayrılmıştır. Elmalar

küçük, orta ve büyük elma olmak üzere 3 boyut grubuna ayrılmıştır. Renk bakımından ise sarı, yeşil ve kırmızı renk olmak üzere 3 renk grubuna ayrılmıştır.

Varjovi ve Talu (2016), görüntü analizine dayanan bir kayısı rekolte tahmin sistemi geliştirmişlerdir. 108 kayısı ağacı bulunan bahçeye ait video görüntüsünü 17 m yükseklikte uçan insansız hava aracı yardımıyla elde etmişlerdir. Ardından Gaussian Mixture model kullanılarak ağaç pikselleri modellemiştir. Bu modeller yapay sinir ağına giriş olarak verilmiş ve çıkışta ağacın hasat miktarının tahmini sağlanmıştır.

Nguyen ve ark. (2016), meyve bahçesindeki elma ağaçlarının üzerinde kırmızı ve iki renkli elmaların tespiti ve konumu için uygulama gerçekleştirmişlerdir. Uygulama için görüntüler doğrudan güneş ışığını engelleyen bir ışık kalkanı altında 3 boyutlu RGB kamera sistemi kullanarak çekilmiştir. Kamerada yakalanan renk ve menzil verileri uygulama üzerinde kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan algoritma, meyve bahçelerinde elde edilen verilere uygulandığında tamamen görülebilir elmanın %100'nü ve kısmen gölgelenmiş elmaların %82'sini doğru bir şekilde tespit etmiştir. Konum hataları, her yöne 10 mm'den az payla tespit edilmiştir. Elma başına ortalama 50 ms görüntü işleme süresi ile tespiti gerçekleşmiştir.

Gongal ve ark. (2016), görüntü işleme teknikleri ile hasat öncesinde elma sayımı gerçekleştirmiştir. Elmaların dalları, dış mekân aydınlatma koşulları, yaprakların ve diğer elmaların görüntüyü engellemesi görüntü işlemeyi önemli derecede olumsuz etkilemiştir. Bu olumsuz durumların etkisini en aza indirgemek için, elma ağaçlarının etrafında sensör yardımıyla çift taraflı görüntüler alan bir tünel sistemi geliştirilmiştir. Tünel yapısı ile elmaların doğrudan güneş ışığı altındaki aydınlatması en aza indirilmiştir. Elmanın üç boyutlu (3B) görüntüsü çekilerek, ağaç üzerinde her iki tarafından kameralardan görünen elmaların tekrar sayımı ortadan kaldırılmıştır. Üç Boyutlu görüntü içerisinde iki yönden çekilen görüntü içerisinde yer alan aynı elmalar başarı oranını %21.1 oranında olumsuz yönde etkilemiştir. Genel olarak tek taraflı görüntüler ile uygulama %58 oranında, çift taraflı görüntü elde edilmesiyle uygulamada %82'lik bir başarı sağlamıştır.

Dias ve ark. (2018), elma çiçeği tespitine yönelik çalışma yapmışlardır. Bu çalışmanın temelinde meyve üretimini optimize etmek için büyüme mevsiminin başlarında çiçeklerin ve elma ağaçlarının meyvelerinin bir kısmının alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Çiçek tanımlama için karışıklığa ve aydınlatmadaki değişikliklere karşı

önceden eğitilmiş bir evrişimsel sinir ağının çiçeklere özel olarak hassas bir yöntem üzerinde çalışılmıştır. Geliştirilen yönteme daha önce ağ tarafından görülmemiş farklı çiçek türlerinden oluşan ve farklı koşullar altında edinilmiş görüntüler kullanılmıştır. Esas olarak sadece renk analizine dayanan ve aydınlatma veya oklüzyon seviyelerinde değişiklikler içeren senaryolarda sınırlı olarak uygulandığı görülmüştür. Önerilen model için dört farklı veri seti kullanılmıştır. Yapılan deneylerde eğitim setlerinden önemli ölçüde farklı olan ve farklı aydınlatma koşullarındaki çiçek türlerini %80'e yakın oranlarla doğru tanımlamasını gerçekleştirmiştir.

Aquıno ve ark. (2018), bir bağdaki üzümlerin robot tarafından toplanması için sapları üzerindeki kesme noktalarını görüntü işleme yöntemi ile belirlemişlerdir. Üzüm kümeleri, üzüm kümelerinin kenar görüntüleri ve çift örtüşen üzüm kümelerinin birleşim sınırını elde edilerek kesme noktaları tespit edilmiştir. Üzüm kümesi için her bir piksel bölgesinin geometrik bilgisine dayanılarak, üzüm kümesinin kökünde uygun kesme noktası belirlenmiştir. Farklı açılardan yakalanan 30 adet üzüm görüntüsü, sunulan yaklaşımın karmaşık bir ortamda performansını doğrulamak için test edilmiştir. Ortalama üzüm tespiti ise %88.33 başarılı olarak bulunmuştur. Çift örtüşen üzüm kümelerinin sapındaki kesme noktası ise %81.66 başarı ile tespit edilmiştir.

Liu ve ark. (2018), narenciye ve ağaç gövdelerinin doğal ortamlarda sınır modeliyle tespitine yönelik çalışma yapmıştır. Bu çalışma, doğal ışık ortamlarında turunçgillerin ve ağaç gövdelerinin tespit edilmesi için Cr-Cb koordinatlarında çok eliptik bir sınır modeli oluşturmak için bir yöntem geliştirmiştir. Görüntüler, RGB renk uzayından Y0CbCr renk uzayına dönüştürülerek testpiti sağlanmıştır. Böylelikle meyveler renk bakımından daha kolay ayrıştırılmıştır. 50 adet görüntü arasından doğru tespit edilen ağaç gövdelerinin sayısı 44 olmuştur. Güneş ışığının yönü tespiti ve sonuçları etkilemiştir. Çalışma, %90.8 başarı oranı ve %11.2 yanlış pozitif ile tespit edilmiştir.

Fu ve ark. (2018), kivi bahçelerinden gün içinde yakalanan görüntüler üzerinden kivi algılama uygulaması yapmışlardır. Uygulama, farklı aydınlatma koşulları altında, 784×784 piksele sahip 2 100 alt görüntü, 2352×1568 piksel çözünürlüğüne sahip 700 görüntüden rastgele örnekleme ile tarla ortamındaki 100 adet kivi görüntüsü üzerinde çalışılmıştır. Test sonuçları, engelli (tam görünemeyen) meyveleri %82.5, örtüşen meyveleri %85.6, bitişik meyveleri %94.3 ve ayrılmış meyveleri %96.7 oranlarında

başarı elde edilmiştir. Genel olarak, model %92.3 tanınma oranına ulaşmıştır. Uygulama, her bir görüntüyü (2352×1568 pikselli görüntüler için) işlemek için 0.274 saniyede, meyveyi ise ortalama 5 mili saniyede tespit etmiştir.

Lu ve ark. (2018), olgunlaşmamış turunçgil meyvelerini ağaçların gölgelik görüntülerinde tespit etmek ve saymak için algoritma gerçekleştirilmiştir. Görüntüler bir el feneri ile düşük doğal ışık koşullarında alınmış ve renkli görüntülerin yeşil renk katmanı analizler için kullanılmıştır. Yeşil bileşeninin yerel maksimum değeri, tüm görüntüyü Median ve Weiner filtreleri ile düzgünleştirdikten sonra tespit edilmiştir. Algoritma, 25 adet resim testiyle değerlendirilmiştir. Çalışma, yaklaşık %80.4 başarı oranı ve %82.3 hassasiyet oranı ile meyveler tespit edilmiştir.

Tian ve ark. (2019), meyve bahçelerindeki meyvelerin büyüme aşamalarını değerlendiren ve verim tahmini yapabilen bir tespit yöntemi üzerinde çalışma yapmışlardır. Geleneksel tespit yöntemlerinin elmaları yalnızca belirli bir büyüme evresinde tespit edebildiği, ancak aynı model kullanılarak farklı büyüme evrelerine uyarlanmadığı belirtilmiştir. Geliştirilen model, meyve bahçelerindeki değişen aydınlatma koşulları altında meyve ağacı üzerinde dalları ve yaprakları ile farklı büyüme aşamalarında olan ve net görünmeyen elmaların tespitine yönelik geliştirilmiştir. Çalışmanın ilk aşaması olarak genç, genişleyen ve olgun elmaların görüntüleri toplanmıştır. Bu görüntüler üzerinde rotasyon dönüşümü, renk dengesi dönüşümü, parlaklık dönüşümü ve bulanıklık gibi işlemler kullanılarak değerleri artırılmıştır. Artırılmış görüntüler, eğitim setleri oluşturmak için kullanılmıştır. Elde edilen eğitim setleri ile diğer ağaçlar üzerinden çekilen görüntüler üzerinde eşleştirme yapılarak meyve tespiti sağlanmıştır. Modelin ortalama algılama süresi 3000×3000 çözünürlükte çerçeve başına 0.304 saniyedir. Bu sürenin meyve bahçelerinde elmaların gerçek zamanlı olarak tespit edilebileceğini belirtmişlerdir.

Gené-Mola ve ark. (2019), üç boyutlu renkli kamera (RGB-D) kullanarak Fuji elma tespitine yönelik ve çok modlu derin öğrenme yöntemi üzerinde çalışmışlardır. RGB-D sensörlerini kullanarak meyve tespiti için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. **Şekil 22'**de, çalışmada kullanılan robot üzerinden çok modlu görüntüler, Microsoft'un Kinect v2 tarafından sağlanan verileri kullanarak oluşturulmuştur. Bunu yapmak için, sinyal zayıflığının (R-2 bağımlılığı) üstesinden gelmek için geri saçılan yoğunluk sinyalinin bir aralık düzeltmesi yapılmıştır. Ardından, farklı modlar arasında bir kayıt yapılmış ve 3

modlu görüntüler elde edilmiştir. Üç modlu görüntüde renkler (RGB), derinlik (D) ve aralık düzeltmeli yoğunluk (S) olarak tanımlanmıştır. Uygulama için toplam 12 839 Fuji elması içeren 967 çok modlu görüntüden oluşan KFuji RGB-DS veritabanı oluşturulmuştur. Bu veritabanından yapılan eşleştirmeler sonucu %91.2 başarı oranı gerçekleşmiştir.



Şekil 22. Kinect v2 sensörleri kullanılarak yapılan meyve toplama aracının görünümü (Gené-Mola ve ark., 2019).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Tez çalışmasında, ülkemizin zengin meyveleri arasında yer alan kırmızı renkli elmaların hasat öncesi ağaç üzerinde tespiti ve ağaç üzerinde toplam elma miktarı hesabının yapılması amaçlanmıştır.

Çalışmamız, **Şekil 23**'de yer alan Ankara ili Sincan ilçesi Yenikayı mahallesinde yer alan elma bahçesi (40.022388, 32.486019) üzerinde gerçekleşmiştir. Arazi içerisinde elma ağaçları 1 metre aralıklarla dizilmiştir. Her 15 adet elma ağacının arasına ağaçların dik tutulması için direkler konulmuştur. Toplam 2 sıra halinede 75'er adet, 1 sırada 50 adet olmak üzere toplamda 200 adet elma ağacı bulunmaktadır. Elma ağaçlarında yetişen elmalar cins bakımından fuji türüne aittir.



Şekil 23. Çalışmada kullanılan elma bahçesinin uydudan görünümü.

Şekil 24'te çalışmanın gerçekleştirildiği meyve bahçesine ait görüntü yer almaktadır.



Şekil 24. Çalışmanın gerçekleştirildiği meyve bahçesine ait görüntü.

Şekil 25'te çalışmamızda kullanılan elma ağacı ve elma meyvesi yer almaktadır.

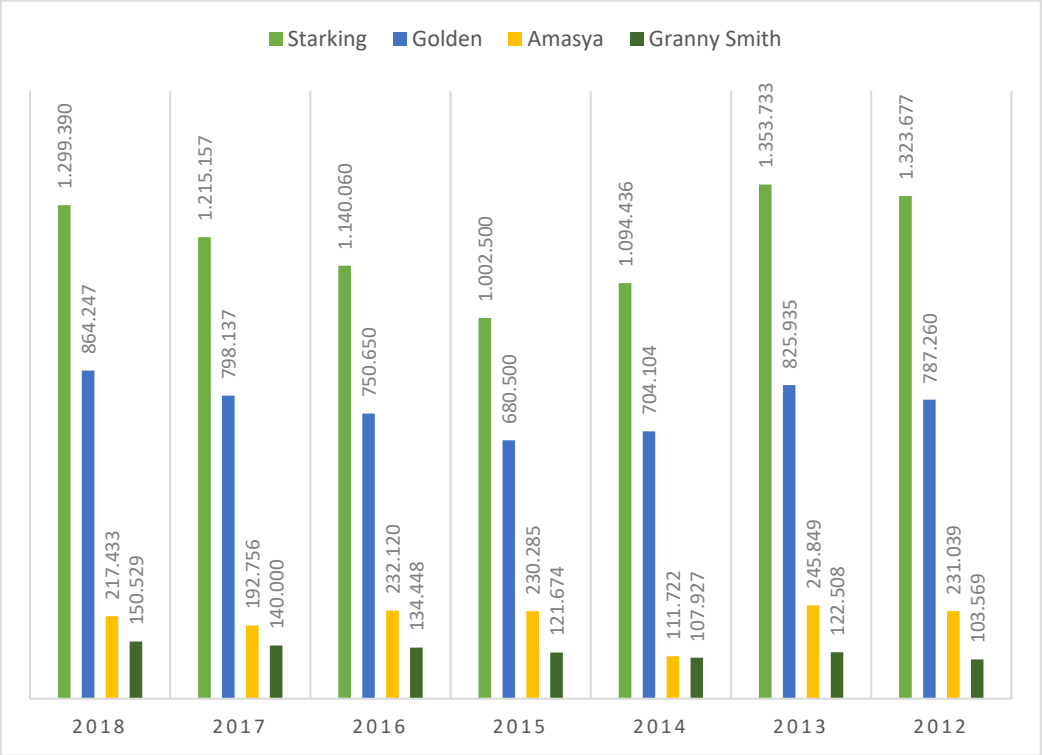


Şekil 25. Çalışmada kullanılan elma ağacı ve elma meyvesi.

3.1.1. Elma meyvesi

Elma, muz ve üzüm meyvelerinden sonra dünyada üretimi gerçekleşen en çok meyve çeşitidir (Anonim, 2019c). Görünüş olarak parlak yapıda olup kabuk bakımından sert yapıdadır. Morfolojik olarak değiş yapı ve kokuya sahip olmaktadırlar.

Şekil 26'da, ülkemizde üretimi gerçekleşen elma çeşitlerine göre üretim bilgileri yer almaktadır. Sırasıyla Starking Elması, Golden Elması, Amasya Elması, Granny Smith Elması ve diğer çeşit elmaların olduğu görülmektedir (Anonim, 2019b).

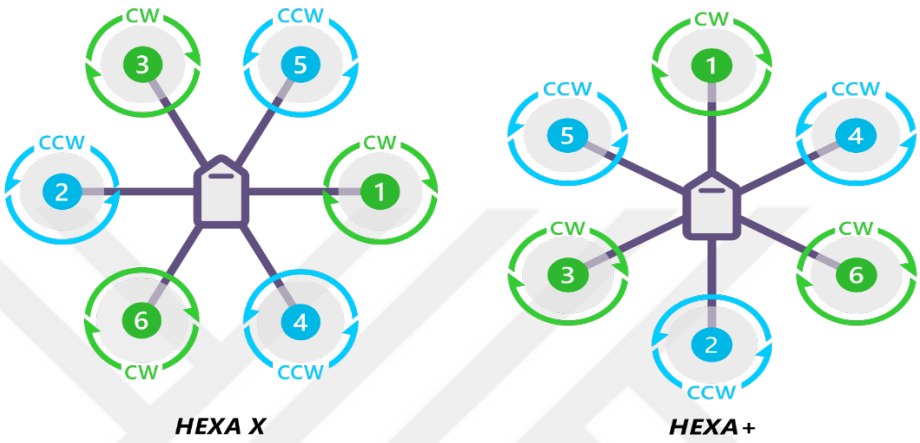


Şekil 26. Türkiye'de üretilen elma miktarının çeşitlere göre dağılımı (Ton)(Anonim, 2019b).

Çalışmada kullanılan fuji elma ağaçları kullanılmıştır. Ağaç gövdesi bakımından yayvan yapıda olmakla beraber, yatay olarak genişlemekte olup orta vadede büyümektedir. Meyve rengi kırmızı ile sarımsı renktedir. Tad bakımından ekşi, yapı bakımından sert ve suludur. Ekim ayının son haftalarında hasat edilmektedir. Uygun koşullar sağlandığında 8 aya kadar kalabilmektedir. Türkiye'nin bütün bölgelerinde yetişmektedir (Anonim, 2019d).

3.1.2. İnsansız hava aracı (hexacopter)

Çalışmada, insansız hava aracı, görüntülerin en kısa zamanda doğru şekilde edinilmesi için tercih edilmiştir. Drone çeşitlerinden altı pervaneli copter (Hexacopter) rüzgâr faktörüne karşı daha dirençli ve istikrarlı yapıda olmasından dolayı seçilmiştir. Hexacopter, **Şekil 27**'deki gibi (+) yönde ve (x) yönde olmak üzere iki tipte uçuş yapmaktadır.



Şekil 27. Hexacopter (x) ve (+) uçuş tipleri(Anonymous, 2019c).

Hexa (x) ve (+) mod uçuşunda saat yönünde hareket eden motorlar için CLOCKWISE (CW), saat yönü tersinde hareket eden motorlar COUNTER-CLOCKWISE (CCW) olarak adlandırılmaktadır.

Hexa (x) mod uçuşu, ileri yönde harekette arka iki motorun (4 ile 6 numaralı motor) geri yönde harekette ön iki motorun (3 ile 5 numaralı motor) dönüş hızının diğer pervanelere göre artmasıyla hareket etmektedir. Yine sağ yönde harekette sol üç motorun (2, 3, 6 numaralı motorun), sol yönde harekette ise sağ üç motorun (1, 4, 5 numaralı motorun) dönüş hızının artmasıyla manevra işlemi sağlanmaktadır.

Hexa (+) mod uçuşu, ileri yönde harekette arka motorun (2 numaralı motor) geri yönde harekette ön motorun (1 numaralı motor) dönüş hızının diğer pervanelere göre artmasıyla hareket etmektedir. Yine sağ yönde harekette sol iki motorun (3 ile 5 numaralı motorun), sol yönde harekette ise sağ motorun (4 ile 6 numaralı motorun) dönüş hızının artmasıyla manevra işlemi sağlanmaktadır.

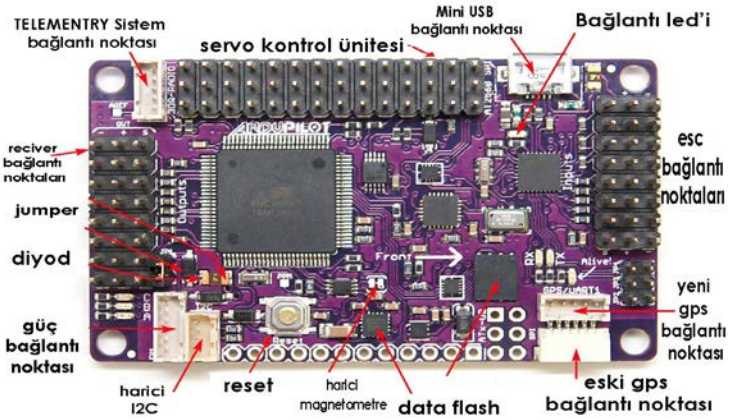
Şekil 27'de yer alan Hexa (+) ve (x) mod uçuşlarında: 1, 3, 6 numaralı motorlar saat yönünde dönerken; 2, 4, 5 numaralı motorlar saat yönü tersinde hareket etmektedir. **Şekil 28**'de çalışmada kullanılan altı motorlu (X modunda) insansız hava aracı yer almaktadır.



Şekil 28. Çalışmada kullanılan altı motorlu insansız hava aracı

3.1.3. Kontrol ünitesi

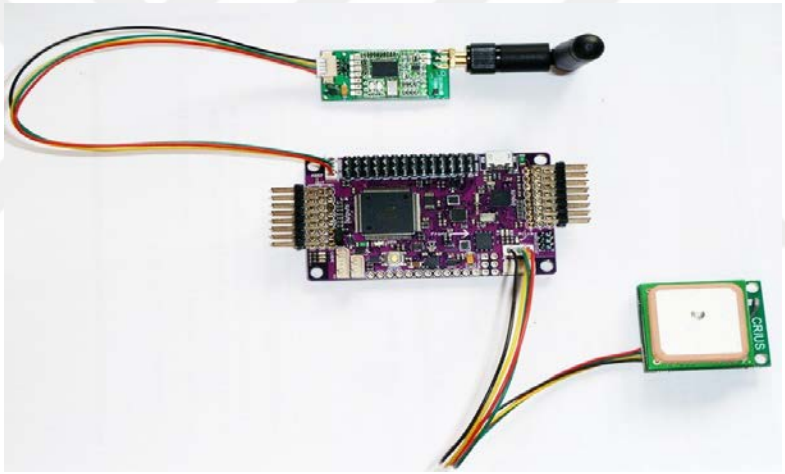
Hexacopter'in kontrol ünitesi olarak oto pilot özelliği bulunan kontrol kartı kullanılmıştır. **Şekil 29'** da çalışmada kullanılan açık kaynak kod yapısına sahip otopilot ve uçuş kontrol özellikli kontrol sistemi bulunmaktadır.



Şekil 29. Çalışmada kullanılan kontrol kartının üsten görünümü

Kullanılan kontrol kartı, üzerinde bulunan yazılım sayesinde kullanıcıya çeşitli Drone seçenekleri sunabilmektedir. 9 600 Baudrate haberleşme sinyaline sahip gps modülü ile koordinat noktası belirlenerek konum bulma, havada sabit kalma, geri dön gibi komutları yerine getirilebilmektedir. 915 MHz frekanslı haberleşme modülü ile hexacopter havada iken anlık olarak bilgisayar aracılığıyla iletişim sağlayabilmektedir. GPS modülü ile koordinat yönlendirmeleri ve uydu üzerinden anlık koordinat izlenmesi gerçekleşmektedir.

Şekil 30'da GPS ve haberleşme modülünün bağlantı şekli gösterilmektedir. Üzerine bağlanan kameranın görüntülerini, yerden yüksekliğini, eğimini, hızını ve denge durumunu anlık olarak bilgisayar ortamına aktarmaktadır. Aynı zamanda bilgisayara bağlanan joystick vasıtası ile bilgisayar aracılığıyla kumanda olmadan kontrol etmemizi sağlamaktadır.



Şekil 30. Kontrol karto ile GPS ve haberleşme modülünün bağlantı görünümü

3.1.4. Elektronik hız kontrol kartı (ESC)

Elektronik hız kontrol kartı, batarya ile fırçasız motor arasında bulunan elektrik akımını kontrol etmektedir. Elektronik hız kontrol üniteleri güç ünitesinden aldığı enerjiyi, alıcı sistemden aldığı sinyal ile kontrol ederek motora güç hareketi için enerji verir. Motorlar yüksek akımlarla (10 - 150 amper arası) çalıştıkları için güç kontrol üniteleri gerekmektedir. Motor tiplerine göre çeşitli akım değerleri sağlayan farklı ebatlardaki elektronik kontrol üniteleri mevcuttur (Kaymak ve Çöl, 2013).

Kontrol kartında, güç ünitelerinden aldıkları iki girişleri ve motora gönderdikleri iki yönlü doğru akım çıkış bağlantısı ve bir adet eksi çıkış bağlantı noktası bulunmaktadır. Bununla birlikte hız kontrolü için radyo bağlantı noktası bulunmaktadır. Motorlar, "Tri faze" olarak adlandırılan 3 fazlı yapıdadırlar. Motorlarda kullanılan üniteler güç sisteminden aldığı doğru akım gerilimini üç kablo üzerinden alternatif akım olarak motora iletmektedir. Motor çıkış uçları, yer değiştirilip bağlanırsa motor diğer yönde dönme hareketi sağlamaktadır. Ancak elektronik hız kontrol kartının giriş uçları doğru akım olduğundan yanlış bağlanırsa kart hasar görebilmektedir. Radyo frekansının değişimi motorun dönme hızını etkilemektedir (Kaymak ve Çöl, 2013). **Şekil 31**'de çalışmada kullanılan hız kontrol kartı yer almaktadır.



Şekil 31. Elektronik hız kontrol kartı (Electornik Speed Controller-ESC)(Anonymous, 2019b).

3.1.5. Motor

İnsansız hava araçlarında servo motorların özel türü olan fırçasız motorlar kullanılmaktadır. Motor, hareketli kısmın içerisinde yer alan mıknatısların ve sabit kısmında yer alan bobin sargılarından oluşmaktadır. Elektrik akımının geçtiği bobin sisteminde oluşan manyetik alan ile mıknatısların manyetik alandan etkilenmesi sonucu dönme hareketi gerçekleşmektedir. Çalışmada **Şekil 32**'de yer alan fırçasız motor kullanılmıştır.



Şekil 32. Fırçasız motor (Anonymous, 2019b).

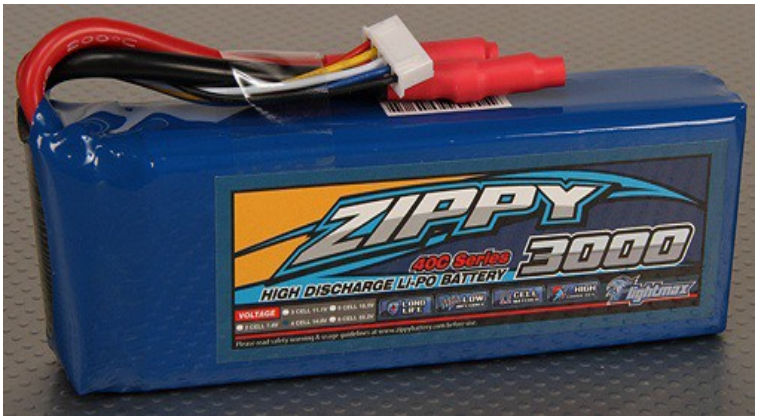
3.1.6. Batarya

LiPo (Lityum-polimer ya da Lityum Ion), alkali metallerin yanıcı ve reaktif elementi olan lityumdan yapılmıştır. Cep telefonları dahil olmak üzere birçok elektronik cihazlarda kullanılmaktadır. Pilin bir hücresi 3.7 volt olup, hücrelerin birleştirilmesi ile daha yüksek kapasiteli piller meydana gelmektedir. Bu hücrelerin her birine bölümüne "CELL" denilmektedir (Kaymak ve Çöl, 2013).

Lithium Polymer bataryalar, fiziksel özelliklerine göre çok yüksek enerji gücüne sahiptirler. Bu özellikleri sayesinde LiPo bataryalar, hacim ve ağırlığın önemli olduğu elektrikli model uçuşlarında büyük avantaj sağlamaktadırlar. Lithium Polymer bataryalarda enerji tükeltilmediğinde enerji kaybı oldukça azdır.

Bir Nickel Cadmium veya Nickel-Metal Hydride batarya, "self discharge" olarak adlandırılan enerji kabında ilk gün toplam gücünün yaklaşık %10 'unu, daha sonra yaklaşık %1 oranında enerjisini kaybetmektedir.

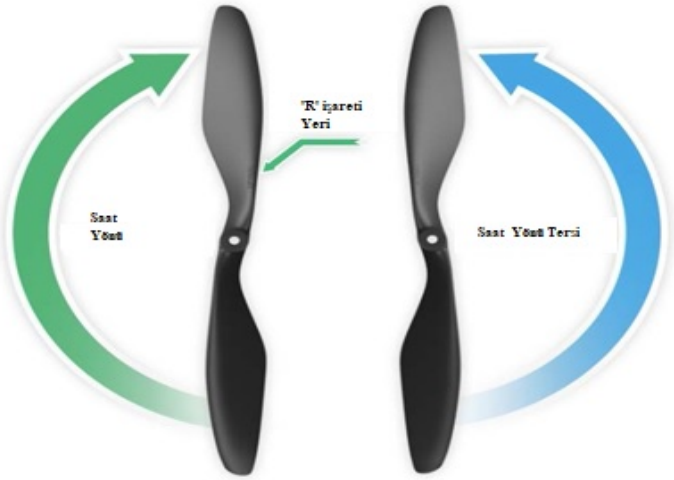
Ancak bir LiPo batarya tüketim olmadığında günde sadece %0.01 enerji kaybı yaşamaktadır. LiPo pillerin bir diğer avantajı, hücre voltajının oldukça yüksek olmasıdır. LiPo hücresinde voltajın 3.7 V olduğu görülse de, gerçekte dolu bir LiPo hücresinde 4.2 V olarak görülebilmektedir. Bu nedenle hücre voltajı 1.2 V olan Ni-Cd ve Ni-Mh bataryalara oranla çok daha az hücre kullanarak yüksek enerji sağlanabilmektedir (Kaymak ve Çöl, 2013). **Şekil 33**'de, çalışmamızda kullanılan batarya yer almaktadır.



Şekil 33. LiPo batarya (Anonymous, 2019a).

3.1.7. Pervane

Pervaneler, dönüşleri ile hava akımı sağlayan ve bu hava akımında hareket gerçekleştiren insansız hava araçlarının temel donanımıdır. Yapımında hafif, dayanıklı malzemeler kullanılmaktadır. Saat yönünde ve saat yönünün tersi şeklinde dönmektedir. Saat yönünde dönenlerin üzerinde "R" işareti saat yönünün tersinde ise "P" işareti bulunmaktadır. **Şekil 34'** de pervane yönleri yer almaktadır. Uçuş modunda yer alan yapıya göre pervanelerin yerleşimi sağlanmaktadır.



Şekil 34. Pervane yönleri(Anonymous, 2019c).

3.1.8. Görüntü aktarım cihazı

Elma ağaçlarının görüntülerini elde etmede, 7.2 Mega piksel çözünürlüğe sahip, ışık düzeneği olmayan ortamlarda ISO 1 000 hassasiyetli, Carl-Zeiss (R) ve Vario-Tessar (R) objektif standart özelliklere sahip renkli dijital fotoğraf makinası ve 12 Mega piksel çözünürlüğe sahip, geniş açılı mercekli, dâhili kablosuz erişim özelliğine sahip aksiyon kamerası kullanılmıştır. **Şekil 35**'te çalışmada kullanılan fotoğraf makinası ve aksiyon kamerası yer almaktadır.



Şekil 35. Dijital fotoğraf kamerası ve aksiyon kamerası.

3.1.9. Kullanılan bilgisayar

Yazılım geliştirme ve uygulamanın gerçekleşmesinde Intel Core i7-4710MQ 2.50 GHz işlemci, 8 çekirdekli, 16 GB RAM, 256 GB SSD, Nvidia Quadro K1100M ekran kartlı iş istasyonu olarak tasarlanmış bilgisayar kullanılmıştır.

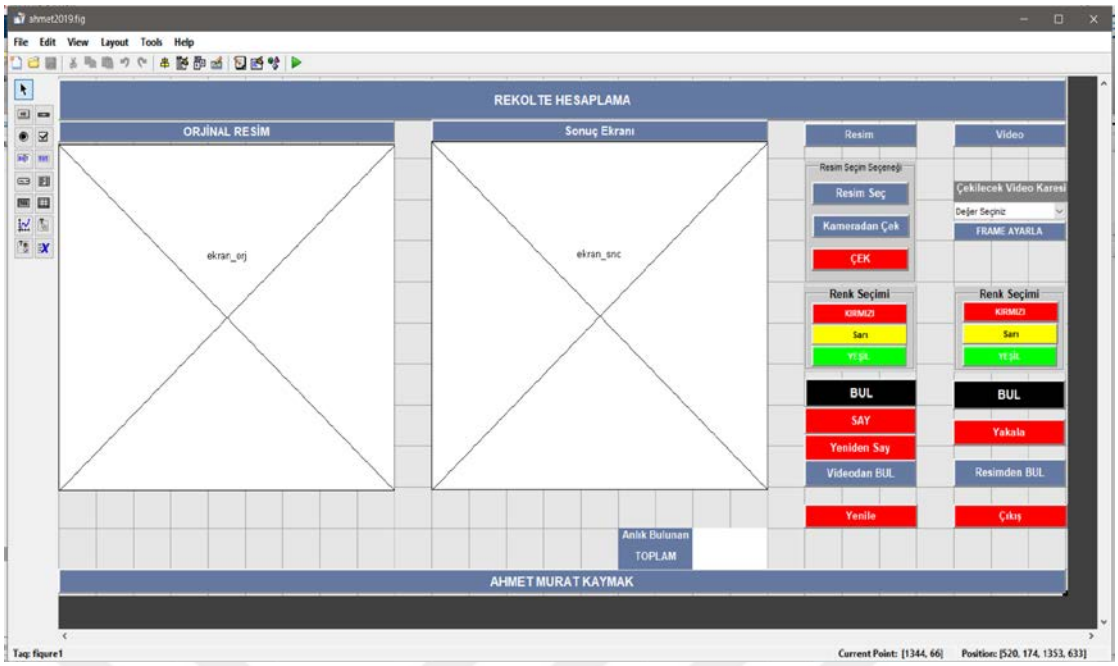
3.1.10. Rekolte Hesaplama Yazılımı

Yazılım, teknik programlama diline sahip bir platformda hazırlanmıştır. Görüntü işleme ile uygulama geliştirme aşamasında standart programlama platformlarında zorluklar çıkmaktadır. Görüntü işleme yöntemlerine yönelik kullanılan hazır uygulama fonksiyon komut kümeleri programlama platformlarına eklenerek hazır standart araçlar haline geliştirilmiştir. Bu kolaylık sayesinde, görüntü analizi programı derlemek amacıyla kullanılan uygulama geliştirme platformu ortamı olarak MATLAB 2018b kullanılmıştır.

Kullanılan uygulama geliştirme platformunda otomasyon sistemleri, haberleşme sistemleri, istatistiksel veriler ve finansal hesaplamalar, analizler için hazırlanan uygulama alanlarına yönelik algoritmalara ve fonksiyonlara sahip olduğu gibi görüntü işleme teknikleri için de birçok algoritma, fonksiyon ve araçları da bulunmaktadır. Bu fonksiyon ve araçlar ile görüntü işleme teknikleri için en çok tercih edilen platformlardan birisi seçilmiştir. Klasik programlama olan kod yazma ile uygulama geliştirmenin haricinde görsel ara yüz kullanarak yazılım geliştirme ortamı bulunmaktadır.

Yazılım, uygulama geliştirme platformunun “Graphical User Interface Designer (GUID)” ortamında görsel tasarım kullanılarak geliştirilmiştir. Görsel tasarım ile oluşturulan her bir nesnenin içerisine ilgili aksiyonu gerçekleştirmek için uygulama kodu eklenmiştir.

Elde edilen dijital görüntüler, uygulama geliştirme platformu üzerinde fonksiyonlar ile gerçekleştirilen yazılıma aktarılmıştır. Geliştirilen yazılıma “Rekolte Hesaplama” ismi verilmiştir. **Şekil 36**’da, “Rekolte Hesaplama” yazılım arayüzü yer almaktadır.



Şekil 36. "Rekolte Hesaplama" yazılım arayüzü.

Uygulama geliştirme platformu ile görüntü işleme yönteminde kullanılabilecek fonksiyonlar ve işlemler, görüntüler üzerinde filtreleme işlemleri, görüntü netleştirme işlemleri, zıtlık ayarı yapılabilmektedir. Görüntü iyileştirme yöntemlerinde ise morfolojik işlemler, küçük bölgeli görüntü işleme ve ölçümlere sahip bir görüntü işleme aşamalarından geçmektedir.

3.2. Yöntem

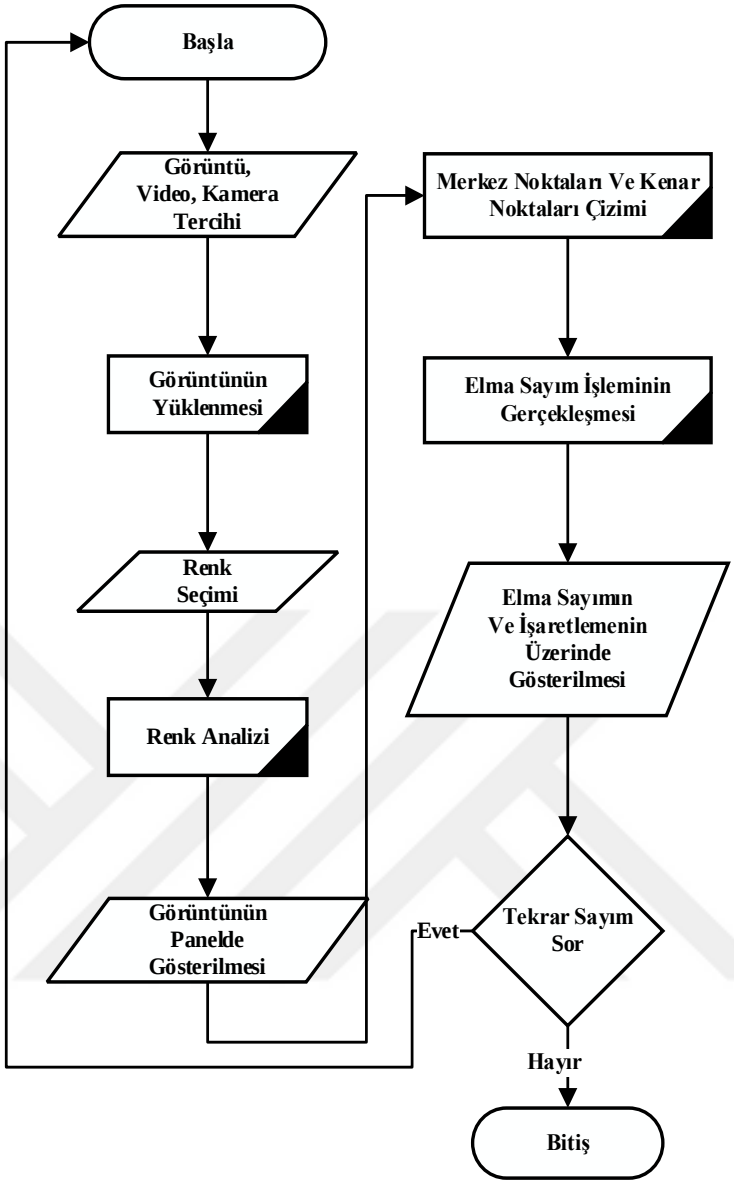
Elma bahçesi içerisinde ağaçlar, 3 sıra halinde olmak üzere birinci sırada 75 adet, ikinci sırada 75 adet ve üçüncü sırada 50 adet olmak üzere toplam sıralı biçimde 200 adet elma ağacı bulunmaktadır. Her sıranın başlangıç noktasında bir gerdirme direkleri bulunmaktadır. Birinci sırada gerdirme diğerinin bulunduğu ilk ağaç başlangıç noktası olarak belirlenmiştir.

Görüntüler, güneşin tam dik konumda olduğu (yaklaşık saat 12:00) anda başlanıp toplam 4 saatlik çalışma zamanı içerisinde çekilmiştir. Fotoğraf makinesinin ve aksiyon kamerasının görüş açısı 60 derece olarak ayarlanmıştır. Görüntülerin çekilmesine başlanıldığında havanın açık ve bulutlu olduğu gözlemlenmiştir. **Şekil 37**'de meyve ağaçlarından görüntü almak için başlama noktasının işaretle gösterimi yer almaktadır.



Şekil 37. Meyve bahçesi görüntü alma yöntemi

İha (Drone) ile başlangıç noktasında bulunan ağacın sağ tarafından (sıranın başından bakıldığında) başlayarak önce ağacın sağ yüzeyinin daha sonra ağacın sol yüzeyinin görüntüsü elde edilmiştir. Dijital fotoğraf makinası ve aksiyon kamerası ile elma bahçesinden elde edilen RGB formatındaki görüntüler, "Rekolte Hesaplama" yazılımına aktarılmıştır. **Şekil 38**'de, görüntü seçimi yapıldıktan sonra bahçe koşullarında alınan görüntülerin renk bakımından görüntü analizi gerçekleştirilerek sayımı ile tamamlanmasını sağlayan yazılımda kullanılan akış şeması yer almaktadır.



Şekil 38. "Rekolte Hesaplama" yazılımın süreç akış diyagramı.

3.2.1. Görüntünün aktarılması ve nesnenin tespiti

Dijital fotoğraf makinası ile çekilmiş elma ağacı görüntüleri, uzantı kontrolü gerçekleştirerek Rekolte Hesaplama yazılımına aktarılmaktadır. Uigetfile komutu, istenilen dosya türünün uzantı kontrolünü gerçekleştirmektedir. Komutun kullanımı;

```
[dosya uzantısı]=uigetfile ({'*.jpg';'*.jpeg'; '*.bmp';'*.png'},'Resim Seçiniz.');
```

Bu komut ile uzantısı " jpg, jpeg, bmp, png " olan dosya türleri yazılım ortamına aktarılmaktadır.

Yazılım, elma ağaçlarının karmaşık ve asimetrik yapıya sahip olmasından dolayı görüntü renk analizi yöntemi ile elmayı tespit etmektedir. Rekolte Hesaplama yazılımında, renk analizinde kırmızı renk için (: , : , 1) komutu, yeşil renk için (: , : , 2) komutu, mavi renk için (: , : , 3) komutları ile renk katmanlarına ayrılmaktadır. Komut kullanımı;

```
kirmizi_katman=ana_resim ( : , : , 1);
 yesil_katman=ana_resim ( : , : , 2);
   mavi_katman=ana_resim (: , : ,3);
```

Imsubtract komutu, RGB renk formatındaki görüntülerde kırmızı elmaların bulunması için kırmızı renk nesneler gri seviyeli görüntüden ayrıştırılma işleminde kullanılmaktadır. Komutun kullanımı;

```
kalan_resim=imsubtract (kirmizi,rgb2gray (ana_resim));
```

Medfilt2 komutu ile kalan görüntüde her çıkış piksel değeri için giriş görüntüsüne karşılık gelen pikselin etrafındaki 3'e 3 piksel alanının ortanca piksel değerini içeren bir filtrelemesinde kullanılmaktadır. Komutun kullanımı;

```
filtre_resim = medfilt2 (Kalan resim, [3 3]);
```

Im2bw komutu, filtrelenmiş resmi ikili görüntü sistemine 0.4 parlaklık oranında tamamen siyah-beyaz piksellere çevrilmesi sağlanmaktadır.

```
sb_resim = im2bw (filtre_resim,0.4);
```

Kalan alanda bulunan alanların açıklıkları, imfill komutu ile tamamlanmaktadır. Tamamlama işlemi sırasında eşik değeri 300 belirlenerek, eşiğin altındaki pikseller bwareaopen komutu ile ikili görüntü sisteminde kaldırılması sağlanmaktadır. Kalan her alan bir nesne sayılarak bir değişkene aktarılmıştır. Bu işlemler için aşağıdaki komut uygulanmıştır.

```
kalan_alan = bwareaopen (sb_resim,300);
kalan_alan=imfill (kalan_alan,'holes');
kalan_alan = bwboundaries (kalan_alan,'holes');
sayim=num2str (length (kalan_alan));
```

Bu aşama sonrasında ağaç görüntü içerisinde kırmızı elma alanlarının ayrışma işlemi gerçekleşmiştir.

3.2.2. Görüntü işaretlenmesi ve sayımı

İlk olarak görüntü işleme ile kalan alanlar üzerinde her bir nesnenin merkez noktaları belirlenmiştir. Merkez noktaları Rekolte Hesaplama yazılımında regionprops komutu ile gerçekleştirilmektedir. Komutun uygulama içerisindeki kullanımı;

```
merkez=regionprops (kalan_alan,'centroid');
    merkezler=cat (1,merkez.Centroid);
                hold on;
plot (centroids ( : , 1),centroids ( : , 2),'y*');
                hold off;
```

Bu aşamada kırmızı nesnelerin merkez noktaları belirlenmiştir. Sınır belirleme işlemi, MATLAB üzerinde plot komutu ile gerçekleşmektedir. Komutun yazılım içerisindeki kullanımı;

```
for k = 1:length (kalan_alan)
   boundary = kalan_alan{k};
plot (boundary (: , 2), boundary (: , 1), 'y', 1);
end;
```

Tüm kırmızı nesnelerin sınırları, değişkene aktarılan nesne sayısı kadar döngü kurularak sağlanmıştır. Merkez noktaları belirlenen nesneler sayım işlemi için başka bir değişken içerisine aktarılmıştır. Elde edilen sonuç kullanıcı ara yüzünde görüntülenmiştir.

4. UYGULAMA VE ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada, görüntü işleme teknikleri ile bir elma bahçesinde bulunan ağaçlar üzerindeki kırmızı renkli elmaların tespiti ve sayımı hesabı amaçlanmıştır. **Şekil 39**'da iha (drone), meyve bahçesinde meyve ağaçlarından görüntü aldığı andaki görüntü yer almaktadır.



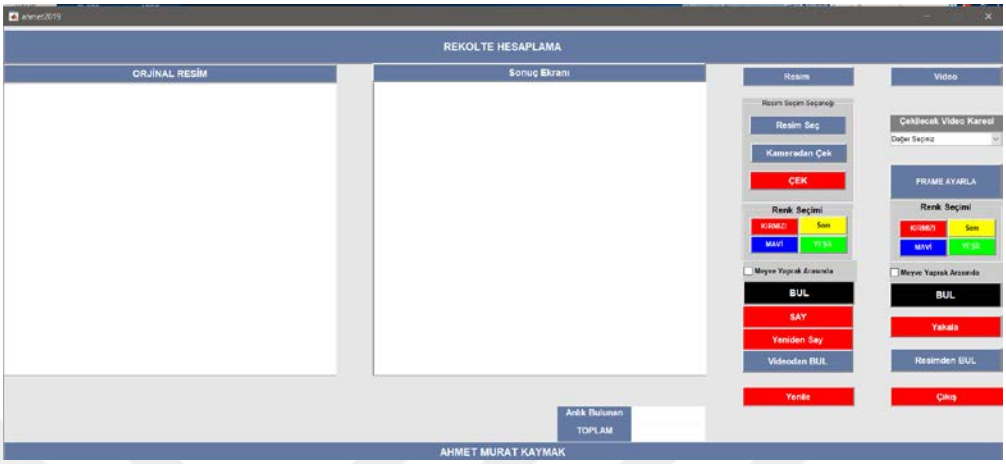
Şekil 39. İnsansız hava aracının meyve bahçesinde görüntü çekimi

Şekil 40'da ise insansız hava aracının (drone) ile aksiyon kamerasının çekmiş olduğu görüntü yer almaktadır.



Şekil 40. İha (drone) kamerasının çekmiş olduğu görüntü

Şekil 41'de ise "Rekolte Hesaplama" yazılımının ana ekran görüntüsü yer almaktadır. İha (drone) ile elde edilen görüntüler "Rekolte Hesaplama" yazılımına aktarılmıştır.



Şekil 41. "Rekolte Hesaplama" yazılımının ana ekran görüntüsü

"Rekolte Hesaplama" yazılımı meyve tespitini resim ve video üzerinden gerçekleştirmektedir. Görüntü üzerinden tespit ve sayım tamamlandıktan sonra video üzerinden de meyve tespitine geçiş yapılabilmektedir. Sırasıyla, açılan menülerde resim ve video seçimi olarak iki bölümden oluşmaktadır.

Bu iki bölümden biri seçilerek uygulama diğer aşamalara geçmektedir. Uygulama 3 farklı renk tespiti gerçekleştirebilmektedir. Renk tespit işleminin ardından merkez noktalarını işaretleme, kenar noktalarını bulma ve sayma işlemleri gerçekleşmektedir. "*BUL*" butonu, aktarılan görüntü içerisindeki istenilen renklerin tespiti ve sayımını yapmaktadır. Bu sayma işlemi anlık görüntüde yer alan nesnelerin sayımını yaparak "*Anlık Bulunan"* alanında göstermektedir. "*SAY*" butonu kullanılarak ekranda sayılan meyveler rekolte hesabı için "*TOPLAM*" alanına aktarılmaktadır. "*Videodan Bul*", görüntü üzerinden sayma gerçekleştirildikten sonra canlı video üzerinden tespite geçmek için kullanılmaktadır.

Canlı video üzerinden meyve bulma işleminde ise, video frame sayısının belirlenmesinin ardından renk seçim işlemi gerçekleşmektedir. "*BUL*" butonu ile yine anlık olarak nesnelerin bulunmasını sağlamaktadır. "*YAKALA*" butonu, video üzerinde yer alan meyvelerin anlık fotoğrafını çekerek sayımını sağlamaktadır. Videodan bulma işleminin ardından tekrar resim üzerinden bulma istenilirse "*Resimden Bul*" butonu ile

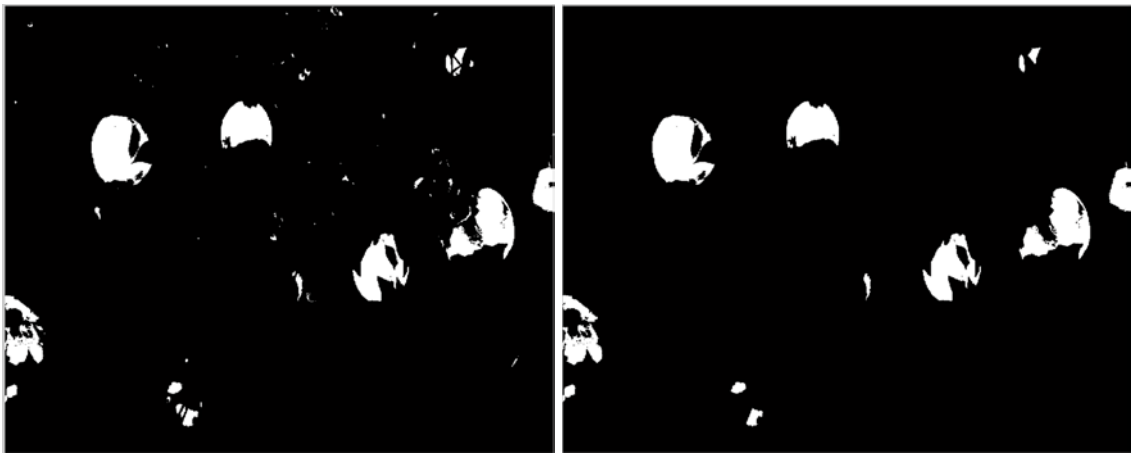
resim alanına geçiş yapılmaktadır. Uygulama üzerinde "*Yeniden Say*" butonu ile uygulama başa dönerek tüm değerler sıfırlanmaktadır. "*Çıkış* " butonu ile uygulama sonlanmaktadır.

Şekil 42'de, görüntüler üzerinde renk analizi yöntemi kullanarak elma tespiti yapılmaktadır. Kırmızı renkli elmalar görüntü içerisinde, kırmızı piksellerin gri seviyeli görüntüye dönüştürülmüş piksellerden ayrıştırılması ile tespit edilmiştir. Eşik değeri 300 belirlenip bu değerin altındaki pikseller kaldırılmıştır.



Şekil 42. Kırmızı elmaların rgb formatındaki görüntüden ayrıştırılması işlemi.

Şekil 43'de, tespit edilen bu alanların her çıkış piksel değeri için giriş görüntüsüne karşılık gelen pikselin etrafındaki 3'e 3 piksel alanının ortanca piksel değerini içeren bir filtreleme yapılmıştır. Kalan görüntü, 0.4 parlaklık oranında ikili görüntü sistemine dönüşmüştür.



Şekil 43. Tespit edilen alanlar üzerinde filtreleme işleminin uygulanması.

Şekil 44'te, kalan görüntü üzerinde nesnelerin merkez noktaları ve sınır kenarları çizilmiştir.



Şekil 44. Görüntü işleme ile merkez noktaları ve kenar sınırlarının çizilmesi.

Bahçede bulunan kırmızı elma ağaçları, görüntü işleme teknikleri ile geliştirilen yazılımda incelenmiştir. **Şekil 45**'te merkezleri tespit edilen alanlar elma kabul edilerek meyve sayımı gerçekleştirilmiştir.



Şekil 45. Rekolte hesaplama yazılımı ile meyvelerin sayılması.

Örnekleme olarak birinci sırada yer alan 1,15,30,45,60,75 numaralı ağaçlara ait gözle sayma sonucu ve "Rekolte Hesaplama" yazlımı ile yapılan sayma işlemine ait değerler **Tablo 1**'de yer almaktadır.

Tablo 1. Örnek seçilen ağaçlara ait veriler

Ağaç numarası	**Hava durumu**	**Elma rengi/durumu**	**Kamera türü**	**Görüntü üzerinden sayılan elma sayısı**	**Uygulamanın saydığı elma sayısı**
1 (sağ taraf)	Güneş	Kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	53	74
1 (sol taraf)	Gölge	Yeşil-kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	67	14
15 (sağ taraf)	Güneş	Kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	48	35
15 (sol taraf)	Gölge	Yeşil-kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	25	10
30 (sağ taraf)	Güneş	Kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	53	30
30 (sol taraf)	Gölge	Yeşil-kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	47	13
45 (sağ taraf)	Güneş	Kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	62	117
45 (sol taraf)	Gölge	Yeşil-kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	82	99
60 (sağ taraf)	Güneş	Kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	60	45
60 (sol taraf)	Gölge	Yeşil-kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	100	59
75 (sağ taraf)	Güneş	Kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	30	19
75 (sol taraf)	Gölge	Yeşil-kırmızı/ Yarı olgun	Aksiyon kamera	40	64

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Yapılan bu çalışmada, elma bahçesindeki ağaçların üzerinde bulunan kırmızı elmaların hasat öncesi rekolte sayımı gerçekleşmiştir. Ağaçların görünen yüzeylerindeki elmaların tespiti ve sayımı için gerekli görüntüler iha (drone) üzerinde yer alan aksiyon kamerasından elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler bilgisayar ortamına aktarılarak "Rekolte Hesaplama" yazılımında hesaplama işleme gerçekleşmiştir. "Rekolte Hesaplama" yazılımı, çekilen fotoğraflar üzerinde görüntü işleme yapabildiği gibi gerçek zamanlı kamera ile çekilen video ve anlık çekilen fotoğraf üzerinde de görüntü işleme yapabilmektedir.

Görüntü çekilmesi esnasında ağaçlar üzerinde önceden herhangi işaretleme düzeneği ve arazi içerisinde aydınlatma sistemi bulunmamaktadır. Görüntülerin tamamı doğal güneş ışığı altında çekilmiştir. Çalışma esnasında görüntülerde gözle sayılan ancak yazılımın tespit edemediği elmalar görülmüştür. Elmaların küçük olması ve gölgede kalan elmaların temel renginin kaybetmesinden kaynaklandığı gözlemlenmiştir.

Temel olarak ağaç üzerindeki meyvelerin tespitinde birkaç durumla karşılaşılmıştır. Fotoğrafın fazla uzak mesafeden çekilmesinden kaynaklı uzaktaki elmaların küçük görünmesine dolayısıyla tespit edilemesine sebep olmaktadır. Ağaç üzerinde bulunan dalların veya yaprakların elmayı engellemesi elmaların sayılmasını engelemiştir. Yaprakların elmanın arasında veya önünde görüntülenmesi, yan yana olan elmalar sayımı etkilemiştir. Çekim esnasında güneş ışınlarının dik olması çalışmayı olumlu etkilerken güneşin bulutun arkasına geçmesi ile bu durum tersine dönerek uygulamanın başarı oranını olumsuz etkilemiştir.

Literatür çalışmalarında da benzer durumlarla karşılaşıldığı görülmektedir. Doğal ortamlarda çekilen görüntülerde güneş ışınları görüntü çekimini olumsuz yönde etkilemiştir. Meyve üzerine gelen ışığın açısının aynı olması ile farklı olması ve gölgelerin oluşması ile rengin farklı tonda algılanması oluşmuştur. Aynı renk ton yapısında olan meyvelerin farklı renk ton yapısında algılanmasına neden durumlardan kaynaklı görüntü işleme yönteminin kabul edilebilir hata oranları olduğundan bahsedilmiştir. Bu sorunlar ışık düzenekleri, kapalı platform, yakın çekim ile görüntü üzerindeki olumsuz etkiler azalmıştır. Bu sayede başarı oranları önemli ölçüde artmıştır.

Ağaçtaki kırmızı renkli elmalar, renk bakımından %78.47 başarı oranı ile tespit edilmiştir. Bu durum, düzenek olmadan gerçekleştirilen görüntü işleme yöntemleri ile renk bakımından elma tespiti için başarılı sayılabilir.

Çalışmada, insansız hava aracının model bakımında daha hafif seçilmesi çekim süresini olumlu yönde katkı sağlayacaktır. Uygulama üzerinde görüntü işleme tekniği tespiti gerçekleşen görüntüde doğal koşullarda çekilmiş olmasından kaynaklı ışığın elmanın renk değerlerini ve tespitini olumsuz yönde etkilediği görülmektedir. Görüntülerin çekimi sırasında ışılandırma sistemi görüntülerin daha net elde edilmesine ve gölgeleri ortadan kaldıracaktır. Elma ağacı çekiminde ağaç harici nesnelerin önlenmesi için geliştirilecek perde görüntünün daha net elde edilmesini sağlayacaktır. Bu düzenekler sayesinde kırmızı elmaların renkleri daha belirgin olacaktır.

Görüntüler içerisinde kırmızı elma tespitinde yapraklar, ışık ve elmalardaki kümelenme tespiti olumsuz yönde etkilemiştir. Geliştirilecek algoritma ile başarı oranı olumlu yönde etkilenecektir.

Yapılacak bu gelişmeler çalışmadaki başarı oranına önemli katkı sağlayacaktır.

6. KAYNAKÇA

Anonim, 2018, Tarımsal ürünleri piyasaları elma *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE)*, 4.

Anonim, 2019a, Yaş meyve sebze sektör raporu, *Uludağ İhracatçı Birlikleri Genel Sektereterliği Arge Şubesi*, 31.

Anonim, 2019b, Türkiye İstatistik Kurumu, https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr: [15.07.2019].

Anonim, 2019c, 2019 Ocak ayı elma raporu, *Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE)*, 10, 4.

Anonim, 2019d, Gülbudak elma üretimi, https://www.gulbudak.com.tr/meyve/elma/fuji.html:

Anonymous, 2019a, Hobbyking, https://hobbyking.com: [27.07.2019].

Anonymous, 2019b, RC Timer, http://www.rctimer.com/: [27.07.2019].

Anonymous, 2019c, ArduPilot, http://ardupilot.org/ardupilot/: [20.07.2019].

Anonymous, 2019d, Fao, Food And Agriculture Organization Of The United Nations, http://www.fao.org/statistics: [20.07.2019].

Aquıno, A., Millan, B., Diago, M.-P. ve Tardaguila, J., 2018, Automated early yield prediction in vineyards from on-the-go image acquisition, *Computers and Electronics in Agriculture*, 144, 26-36.

Bul, E., Gelen, G. ve Altun, H., 2018, Görütü işlemeye dayalı tarımsal ürün sınıflandırma, https://www.researchgate.net/publication/268257369_GORUNTU_DAYALI_TARIMSAL_URUN_SINIFLANDIRMA: [10.06.2019].

Demir, B., Çetin, N. ve Kuş, Z. A., 2016, Görüntü işleme tekniği İle yabancı ot renk özelliklerinin belirlenmesi, *Alınteri Zirai Bilimler Dergisi*, 31 (2), 59-64.

Dias, P. A., Tabb, A. ve Medeiros, H., 2018, Apple flower detection using deep convolutional networks, *Computers in Industry*, 99, 17-28.

Er, O., Çetişli, B., Sofu, M. M. ve Kayacan, M. C., 2013, Gerçek zamanlı otomatik elma tasnifleme, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 17 (2), 31-38.

Fu, L., Feng, Y., Majeed, Y., Zhang, X., Zhang, J., Karkee, M. ve Zhang, Q., 2018, Kiwifruit detection in field images using faster r-cnn with zfnet, *IFAC conference papersonline*, 6, 6.

Gené-Mola, J., Vilaplana, V., Rosell-Polo, J. R., Morros, J.-R., Ruiz-Hidalgo, J. ve Gregorio, E., 2019, Multi-modal deep learning for fuji apple detection using RGB-D cameras and their radiometric capabilities, *Computers and Electronics in Agriculture*, 162, 689-698.

Gongal, A., Silwal, A., Amatya, S., Karkee, M., Zhang, Q. ve Lewİs, K., 2016, Apple crop-load estimation with over-the-row machine vision system, *Computers and Electronics in Agriculture*, 120, 26-35.

Jannoura, R., Brinkmann, K., Uteau, D., Bruns, C. ve Joergensen, R. G., 2015, Monitoring of crop biomass using true colour aerial photographs taken from a remote controlled hexacopter, *Biosystems Engineering*, 129, 341-351.

Kahya, E. ve Arin, S., 2014, Görüntü İşleme Yardımıyla Meyvelerin Dal Üzerindeki Yerlerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, *Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11, 8.

Kaymak, A. M. ve Çöl, A., 2013, Mekanik sistemler ile insansız hava aracı.pdf, *Selçuk Üniversitesi*, 68.

Kurtulmuş, F., Yaşar, A. ve Kavdir, İ., 2013, Bahçe koşullarında alınmış renkli görüntülerde doku ve şekil öznitelikleriyle genç şeftali meyvelerinin saptanması, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 10 (4), 141-148.

Linker, R., Cohen, O. ve Naor, A., 2012, Determination of the number of green apples in RGB images recorded in orchards, *Computers and Electronics in Agriculture*, 81, 45-57.

Liu, T.-H., Ehsani, R., Toudeshki, A., Zou, X.-J. ve Wang, H.-J., 2018, Detection of citrus fruit and tree trunks in natural environments using a multi-elliptical boundary model, *Computers in Industry*, 99, 9-16.

Lu, J. ve Sang, N., 2015, Detecting citrus fruits and occlusion recovery under natural illumination conditions, *Computers and Electronics in Agriculture*, 110, 121-130.

Lu, J., Lee, W. S., Gan, H. ve Hu, X., 2018, Immature citrus fruit detection based on local binary pattern feature and hierarchical contour analysis, *Biosystems Engineering*, 171, 78-90.

Nguyen, T. T., Vandevoorde, K., Wouters, N., Kayacan, E., De Baerdemaeker, J. G. ve Saeys, W., 2016, Detection of red and bicoloured apples on tree with an RGB-D camera, *Biosystems Engineering*, 146, 33-44.

Polo, J., Hornero, G., Duijneveld, C., García, A. ve Casas, O., 2015, Design of a low-cost wireless sensor network with uav mobile node for agricultural applications, *Computers and Electronics in Agriculture*, 119, 19-32.

Sabanci, K., Ünlerşen, M. F. ve Dİlay, Y., 2016, Karaman yöresinde yetiştirilen elma çeşitlerinin sınıflandırma parametrelerini görüntü İşleme teknikleri kullanarak belirlenmesi, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 12 (2), 133-139.

Senthilnath, J., Dokania, A., Kandukuri, M., K.N, R., Anand, G. ve Omkar, S. N., 2016, Detection of tomatoes using spectral-spatial methods in remotely sensed rgb images captured by uav, *Biosystems Engineering*, 146, 16-32.

Sert, E., 2010, Görüntü işleme teknikleri ile şeftali ve elma sınıflandırma, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.

Shalal, N., Low, T., McCarthy, C. ve Hancock, N., 2015, Orchard mapping and mobile robot localisation using on-board camera and laser scanner data fusion Part A: Tree detection, *Computers and Electronics in Agriculture*, 119, 254-266.

Sofu, M. M., Er, O., Kayacan, M. C. ve Çetİşlİ, B., 2013, Elmaların görüntü işleme yöntemi ile sınıflandırılması ve leke tespiti, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8 (1), 12-25.

Taşcı, F., 2017, Ürün raporu elma 2017, *TARIMSAL EKONOMİ VE POLİTİKA GELİŞTİRME ENSTİTÜSÜ*, 28.

Tian, Y., Yang, G., Wang, Z., Wang, H., Li, E. ve Liang, Z., 2019, Apple detection during different growth stages in orchards using the improved YOLO-V3 model, *Computers and Electronics in Agriculture*, 157, 417-426.

Valente, J., Del Cerro, J., Barrientos, A. ve Sanz, D., 2013, Aerial coverage optimization in precision agriculture management: A musical harmony inspired approach, *Computers and Electronics in Agriculture*, 99, 153-159.

Varjovi, M. H. ve Talu, M. F., 2016, Kayısı için otomatik rekolte tahmin sistemi, *International conference on artificial intelligence and data processing IDAP*.

Zahawi, R. A., Dandois, J. P., Holl, K. D., Nadwodny, D., Reid, J. L. ve Ellis, E. C., 2015, Using lightweight unmanned aerial vehicles to monitor tropical forest recovery, *Biological Conservation*, 186, 287-295.

ÖZ GEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Ahmet Murat KAYMAK
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	ANKARA/ALTINDAĞ - 1990
Telefon	**:**	0 505 275 97 14
Faks	**:**	
e-mail	**:**	ahmetmuratkaymak@gmail.com

EĞİTİM

Derece		**Adı,**	**İlçe,**	**İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Yenimahalle Teknik Lisesi,	Yenimahalle,	ANKARA	2008
Üniversite	:	SELÇUK ÜNİVERSİTESİ,	SELÇUKLU,	KONYA	2013
		ERCİYES ÜNİVERSİTESİ,	TALAS,	KAYSERİ	2015
Yüksek Lisans	:	-----			-----
Doktora	:	-----			-----

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2016	ENERJİ PİYASASI DÜZENLEME KURUMU	Mühendis

UZMANLIK ALANI

Elektronik Devre Tasarımı, Bilgisayar Donanımı, Bilgisayar Ağları, İşletim Sistemleri, Ağ Güvenliği, Görüntü İşleme,

YABANCI DİLLER

İngilizce

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR

Kaymak, A. M., Örnek, M. N. ve Örnek, H. K., Görüntü işleme teknolojilerinin elma bahçelerine yönelik kullanım örneği, Uluborlu Mesleki Bilimler Dergisi, 2 (1), 17-26.