**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem KAYA**

# BUĞDAY EKİLİŞLERİNDE TRAKTÖR TEKERLEK İZ BOYUTLARININ İNSANSIZ HAVA ARACI GÖRÜNTÜLERİYLE BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ**
**MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ADANA-2020**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# BUĞDAY EKİLİŞLERİNDE TRAKTÖR TEKERLEK İZ BOYUTLARININ İNSANSIZ HAVA ARACI GÖRÜNTÜLERİYLE BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

**Özlem KAYA**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ**
**ANABİLİM DALI**

Bu Tez //2020 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu ile Kabul Edilmiştir.

| | | |
|---|---|---|
| …….. | ……..… | …… |
| Prof.Dr.Ali Musa BOZDOĞAN | Prof.Dr.Ramazan SAĞLAM | Doç. Dr. Sait M. SAY |
| DANIŞMAN | ÜYE | ÜYE |

Bu Tez Enstitümüz Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.
Kod No:

**Prof. Dr. Mustafa GÖK**
**Enstitü Müdürü**

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

# ÖZ

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BUĞDAY EKİLİŞLERİNDE TRAKTÖR TEKERLEK İZ BOYUTLARININ İNSANSIZ HAVA ARACI GÖRÜNTÜLERİYLE BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Özlem KAYA**

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**
**TARIM MAKİNELERİ VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN
Yıl: 2020 Sayfa: 47
Jüri : Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN
: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM
: Doç. Dr. Sait M. SAY

İnsansız hava araçlarının (İHA) tarımda kullanım alanları gün geçtikçe çeşitlenmekte ve genişlemektedir. Bu çalışmada, İHA görüntüleri yardımıyla buğday ekilişlerindeki traktör teker izi boyutunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Denemeler öncesinde traktör teker genişliğine bağlı olarak teorik teker iz boyutu belirlenmiştir. Denemeler, ParrotBluegrass ve ParrotAnafiWork RGB insansız hava aracı ile gerçekleştirilmiştir. Denemelerde, İHA kamerası tarafından alınan görüntüler, bilgisayara aktarılmış ve görüntüler amaca göre formatlanmıştır. Bu formatlar, ortofoto, NDVI, RED, GREEN, NIR vb indekslere dönüştürülmüştür. Ayrıca, indeksler yardımıyla buğday ekilişlerindeki traktör teker izinin neden olduğu yatışların bitki sağlığı üzerine etkisi incelenmiştir. Denemelerde, İHA'larla elde edilen görüntülerdeki traktör teker iz boyutu belirlenmiş ve teorik teker iz boyutu ile karşılaştırılmıştır. İHA'larla elde edilen görüntülerdeki traktör teker izi ölçümleri sonrasında; 1 da'lık birim alanda 10 m ve 15 m iş genişliğine sahip iş makinalarıyla uygulamalar yapıldığında sırasıyla 83,95 $m^2$ ve 55,97 $m^2$ alanda traktör teker izi tespit edilmiştir. Teorik ve görüntülerdeki ortalama ölçüm değerleri karşılaştırıldığında; ölçülen değerlerin %6 daha fazla olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, İHA'ların buğday ekilişlerindeki traktör teker izi boyutlarının belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Tarım, Buğday, Teker izi, İnsansız hava aracı, Görüntü işleme.

## ABSTRACT

## MSc THESIS

**A RESEARCH ON DETERMINATION OF TRACK DIMENSION OF TRACTOR TIRES VIA IMAGINES OBTAINED BY UNMANNED AERIAL VEHICLE IN WHEAT CULTIVATION**

**Özlem KAYA**

**ÇUKUROVA UNIVERSITY**
**INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES**
**DEPARTMENT OF HORTICULTURE**

Supervisor : Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN
Year: 2020, Pages: 47
Jury : Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN
: Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM
: Assoc Prof. Dr. Sait M. SAY

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) in agriculture is diversifying and expanding day by day. In this study, it is aimed to determine the size of the tractor wheel trace in wheat crops with the help of uav images. Prior to the trials, the theoretical wheel track size was determined depending on the width of the tractor wheel. The trials were conducted by ParrotBluegrass and ParrotAnafiWork RGB unmanned aerial vehicle. In the trials, images taken by the UAV camera were transferred to the computer and the images were formatted according to the purpose. These formats have been converted into indexes such as orthofoto, NDVI, RED, GREEN, NIRetc. In addition, with the help of indexes, the effect of the slopes caused by the tractor wheel trace in wheat crops on plant health was examined. In the trials, the tractor wheel track size in the images obtained by the drones was determined and compared with the theoretical wheel track size. Tractor wheel tracks were detected in 83.95 m2 and 55.97 m2 area, respectively, when applications were made with work machines with a work width of 10 m and 15 m in a unit area of 1 da. When theoretical and average measurement values in images compared; measured values were found to be 6% higher. As a result of this study, it was concluded that drones could be used to determine the dimensions of tractor wheel tracks in wheat crops.



**Keywords:** Agriculture, Wheat, Tire track, Unmanned aerial vehicle, Image processing.

## GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Dünyada 222 milyon ha ekiliş alanına sahip buğday bitkisinin üretimi 752 milyon tondur. Ülkemizdeki tarım arazisinin yaklaşık %50'sinde tahıllar (buğday, arpa, mısır, vb) yetiştirilmektedir. Buğday, ülkemizdeki tahıl ekiliş alanı içinde yaklaşık %65'lik payla ilk sırada yer almaktadır. Çukurova Bölgesi ülkemiz buğday ekiliş alanlarının yaklaşık %3.33'ünü oluşturmaktadır. Ülkemizdeki 17.25 milyonton'luk buğday üretiminin yaklaşık %10'u Çukurova Bölgesinde gerçekleşmektedir.

Tarımda bitkisel ürün elde etmek amacıyla toprak işleme, ekim, gübreleme, ilaçlama vb uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Buğdaydan daha yüksek verim alabilmek amacıyla, toprağa ekildikten sonra gübreleme, ilaçlama vb bakım işlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Buğday ekili tarlalara gübreleme ve ilaçlama amacıyla yetişme sezonu boyunca traktör ve iş makinası ile yaklaşık 3-4 kez girilmektedir. Bu durumda, üründe teker izi nedeniyle yatışlar meydana gelmektedir. Bu nedenle, üreticiler üründeki verim kaybını en aza indirmek amacıyla bakım işlemleri sırasında genellikle aynı teker izini takip etmektedir.

Tarımsal alanlarda ürün sağlığı, verim tahmini, haritalama, su stresi, yabancı ot vb durumlar hakkında bilgi sahibi olabilmek amacıyla veri edinimlerinden yararlanılmaktadır. Veri edinimlerinin, uygulamaya karar verilmesinin ve uygulamaların gerçekleştirilmesinin mümkün olan en kısa zaman dilimi içerisinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Yerden ve havadan gerçekleştirilen veri edinimlerinde; havadan gerçekleştirilen uygulamalar yer uygulamalarına göre daha hızlıdır. Ayrıca, havadan uygulamalarda çamur, engebeli veya engelli arazi, bitki sıklığı ve yüksekliği vb. koşullara bağlı kalınmamaktadır.

İHA'lar yüksek çözünürlüklü kameralar, sensörler ve donanımlarla tarımsal arazilerin ve ürünlerin görüntülenmesini ve izlenmesini düşük maliyetle, hassas, güvenilir ve kolay bir şekilde gerçekleştirmektedir. İHA'ların bu

avantajları, üreticilere ürünlerini gözleme, izleme, kontrol etme ve uygulamaları gerçekleştirme konusunda katkı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Çukurova Bölgesinde 260 000 ha tarım arazisine sahip buğday ekilişlerindeki traktör teker iz boyutlarının İHA görüntüleri yardımıyla belirlenmesi amaçlanmıştır.

Denemeler, Adana İli Yüreğir ilçesindeki Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü(DATAEM)'nde buğday ekili tarım arazisindeki 3x60 m'lik parselde yürütülmüştür.

Denemelerde, traktör geçişlerindeki tekerlerden dolayı hasar gören buğday bitkisinin NDVI değerlerini belirlemek amacıyla ParrotBluegrass modeli döner kanatlı dört rotorlu multispektral sensörlü (ParrotSequia®) RGB kameraya sahip İHA kullanılmıştır. Ayrıca, denemelerde traktör teker izlerinin oluşturduğu hasarlı alan görüntülerini elde edebilmek için döner kanatlı dört rotorlu (ParrotAnafiWorkRGB®) İHA kullanılmıştır.

Denemelerde İHA görüntüleri; 30 m uçuş yüksekliğinde, $90^{o}$ kamera açısında, yaklaşık 110 m örnekleme uzunluğunda, ortalama 1.35 m/s uçuş hızında ve 80x70 bindirmelerle alınmıştır.

Teorik olarak traktör teker iz alan değerini belirlemek amacıyla traktör teker izi olarak arka teker genişliği olan 0.40 m değeri alınmıştır. Parseldeki buğday bitkisinin teker izi nedeniyle yatışının ve teker iz boyutunun 1 m uzunluktaki alan değeri belirlenmiştir.

Denemelerdeki traktör teker iz boyutlarının belirlenmesi amacıyla İHA'larla elde edilen görüntülerdeki örneklemeler; 3x60 m'lik parseldeki 15 ayrı noktadan alınmıştır.

Teorik olarak elde edilen ve İHA görüntüleriyle ölçülen traktör teker iz boyutları karşılaştırılmıştır.

İHA görüntülerindeki teker izi ölçüm değerleri ortalama 0,420 m olarak belirlenmiştir. Ölçülen teker izlerinin varyasyon katsayısı (CV) değerleri %12,020 olarak saptanmıştır.

Teorik olarak birim alanda (1 da) teker izlerinin oluşturduğu ürün yatmasının yüzde değeri 15 m iş genişliğine sahip iş makinasında %5.28 iken 10 m iş genişliğine sahip iş makinası kullanıldığında bu değer %7.92 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte İHA görüntüleriyle ölçülen kayıp alanı yüzde değeri sırasıyla %5.60 ve %8.40 olarak saptanmıştır.

İHA üzerindeki multispektral kamera (Red- NearInfrared-Red-Edge-Green-RGB) sayesinde bitki örtüsündeki yeşil aksamın yaydığı veya yansıttığı elektromanyetik spektrumdaki belirli bantların ışınım yoğunluğu ölçülmüştür. İHA tarafından alınan görüntüler Pix4Dmapper® görüntü işleme programı ile analiz edilmiştir. Pix4Dmapper® serisi ile alınan görüntüler ortofoto, NDVI, SPI, Kırmızı, Yeşil vb. indekslere dönüştürülmüştür. Bu indeksler sayesinde bitki sağlığı hakkında daha ayrıntılı ve hassas bilgiler elde edilebilmektedir.

Sonuçta İHA'nın buğday ekilişlerindeki traktör teker izi boyutunu ve ürün yatışlarını belirlemede kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu çalışma sonucunda, kuvvetli rüzgâr, yağış vb meteorolojik koşullar nedeniyle tarımsal ürünlerde meydana gelen yatmaların ve verim kayıplarının hasar tespit çalışmalarında İHA'ların kullanılabileceği de önerilmektedir. Bu durum, İHA'nın gün geçtikçe çeşitlenen uygulama alanlarına yeni bir çok alanın da eklenebileceğini göstermektedir.

**TEŞEKKÜR**

Tez konumun seçiminden araştırmanın yürütülmesi ve değerlendirilmesine kadar, her konuda ve aşamada yardımcı olan danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ali Musa BOZDOĞAN'a teşekkür ederim.

Ayrıca, tezime katkılarından dolayı değerli hocalarım Prof. Dr. Ramazan SAĞLAM'a ve Doç. Dr. Sait M. SAY'a teşekkürü borç bilirim.

Arazi çalışmalarımda bana yardımcı olan meslektaşlarım Volkan ÇATALKAYA ve Ali BOLAT'a emeklerinden dolayı teşekkür ederim.

Her zaman maddi ve manevi desteklerini gördüğüm, bana inanan ve güvenen başta annem, babama ve kardeşlerime sonsuz teşekkür ederim.

**İÇİNDEKİLER** **SAYFA**

ÖZ ..... I
ABSTRACT ..... II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET ..... III
TEŞEKKÜR ..... VII
İÇİNDEKİLER ..... VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... X
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... XII
SİMGELER VE KISALTMALAR ..... XIV
1. GİRİŞ ..... 1
1.1.Çalışmanın Amacı ve Önemi ..... 4
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 5
3. MATERYAL VE METOT ..... 11
3.1. Materyal ..... 11
3.1.1. DenemeParseli ..... 11
3.1.2. Denemede Kullanılan İHA'lar ..... 12
3.1.3. Görüntüleme Cihazları ..... 14
3.1.4.Görüntü İşleme Programı ..... 15
3.2.Metot ..... 16
3.2.1. İHA'laraGörüntü Alma Görevinin Yüklenmesi ..... 16
3.2.2. Deneme Deseni ..... 17
3.2.3. Traktör Teker İz Boyutlarının Belirlenmesi ve Karşılaştırılması 18
3.2.3.1. Teorik Teker İz Boyutunun Belirlenmesi ..... 18
3.2.3.2. İHA Görüntülerindeki Teker İz Boyutunun Belirlenmesi ..... 18

3.2.3.2.Teorik ve İHA Görüntülerindeki İz Alan Değerlerinin Karşılaştırılması ..... 20
3.2.4. Denemelerde Kullanılan Görüntü Alma ve İşleme Programları20
3.2.4.1. Pix4Dcapture Programı..... 20
3.2.4.2. Pix4Dmapper Programı ..... 21
3.2.5. NDVI analizleri..... 30
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA ..... 33
4.1. Denemelerdeki Meteorolojik Koşullar..... 33
4.2.Traktör Teker İz Boyutlarının Belirlenmesi..... 33
4.3.Teorik ve İHA Görüntülerindeki Teker İz Boyutlarının Karşılaştırılması..... 34
4.4.Teker İzlerinin Birim Alanda Oluşturduğu Kayıplar ..... 35
4.5. İHA Görüntülerindeki İndeks Haritaları ..... 35
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER..... 41
KAYNAKLAR ..... 43
ÖZGEÇMİŞ ..... 47

**ÇİZELGELER DİZİNİ** **SAYFA**

Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan ParrotBluegrassİHA'ya Ait Bazı Teknik Özellikler ..... 13
Çizelge 3.2. Denemede Kullanılan ParrotAnafiWork® RGB İHA'ya Ait Bazı Teknik Özellikler ..... 14
Çizelge 4.1. İHA Görüntülerindeki Teker İzi Ölçüm Değerleri ……..…33
Çizelge 4.2. Teorik ve İHA Görüntülerindeki Teker İz Boyutlarının Karşılaştırma Değerleri..... 34
Çizelge 4.3. Teker İzi Nedeniyle Yatan Ürün Alanı..... 35

**ŞEKİLLER DİZİNİ** **SAYFA**


Şekil 1.1. İHA'ların sınıflandırılması ..... 3
Şekil 3.1. Deneme parseli ..... 11
Şekil 3.2. Denemede kullanılan ParrotBluegrassİHA® ..... 12
Şekil 3.3. Denemede kullanılan ParrotAnafiWork RGB® İHA ..... 12
Şekil 3.4. ParrotBluegrass® İHA üzerindekimultispektralsensör ..... 15
Şekil 3.5. (ParrotAnafiWork®) İHA üzerindeki RGB kamera ..... 15
Şekil 3.6. İHA'lara görev yüklemesi ..... 17
Şekil 3.7. Denemelerde Pix4Dcapture uçuş rotası hazırlama ..... 18
Şekil 3.8. Parselde İHA görüntülerindeki 15 ayrı noktadan alınan örneklemeler ..... 19
Şekil 3.9. İHA görüntülerindeki teker iz alan değerinin belirlenmesi ..... 19
Şekil 3.10. "Newproject" aşaması ..... 22
Şekil 3.11. Projenin isimlendirilmesi ..... 23
Şekil 3.13. Klasör seçimi ..... 24
Şekil 3.15. Koordinat dilimi seçimi ..... 25
Şekil 3.16. Nokta bulutu oluşumu ..... 25
Şekil 3.17. Nokta bulutlarında format seçimi ..... 26
Şekil 3.19. Otomatik fotoğraf birleşimi ..... 27
Şekil 3.21. Birleştirilen fotoğraflara ait bilgiler ..... 28
Şekil 3.22a. NDVI indeks haritası ..... 28
Şekil 3.23b. GREEN indeks haritası ..... 29
Şekil 3.24c. NIR indeks haritası ..... 29
Şekil 3.25d. RED indeks haritası ..... 30
Şekil 4.1 İHA görüntüleriyle elde edilen NDVI haritası ..... 36
Şekil 4.2. İHA görüntüleriyle elde edilen Red indeks haritası ..... 37
Şekil 4.3. Denemelerde elde edilen Green indeks haritası ..... 38
Şekil 4.4. Deneme alanının ortofoto haritası ..... 39

Şekil 4.5. Denemelerde elde edilen NIR indeks harita ..... 40

## SİMGELER VE KISALTMALAR

| | |
|---|---|
| İHA | : İnsansız hava aracı. |
| NDVI | : Farkbölüm vejetasyon indeksi (NormalizedDifferenceVegetable Index) |
| GNDVI | : Yeşil normalleştirilmiş yeşil indeks |
| RGB | : Kırmızı-Yeşil-Mavi (Red-Green-Blue) |
| LAI | : Yaprak alan indeksi(LeafArea Index) |
| DSM | : Sayısal yüzey modeli (Digital Source Model) |
| FOV | : Görüntü alım açısı (Field of View) |
| VARI | : Görünür atmosferik direnç indeksi. |
| NIR | : Yakın kızılötesi ışınım (NearInfrared) |

# 1. GİRİŞ

İnsanın temel yiyeceklerinin ana maddesi olan buğday, dünyada 222 milyon ha ekiliş alanına ve 752 milyon ton üretim miktarına sahiptir. Ülkemizdeki yaklaşık 24 milyon ha tarım arazisinin yaklaşık %50'sinde tahıllar (buğday, arpa, mısır, vb) yetiştirilmektedir. Buğday, ülkemizdeki tahıl ekiliş alanı içinde yaklaşık %65'lik payla ilk sırada yeralmaktadır (Anonymous, 2017a). Çukurova Bölgesi ülkemiz buğday ekiliş alanlarının yaklaşık %3.33'ünü (260 000 ha) oluşturmaktadır. Ülkemizdeki 17.25 milyonton'luk buğday üretiminin yaklaşık %10'u Çukurova Bölgesinde gerçekleşmektedir (Anonymous, 2017b).

Tarımda bitkisel ürün elde etmek amacıyla toprak işleme, ekim, gübreleme, ilaçlama vb uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Buğdaydan daha yüksek verim alabilmek amacıyla, toprağa ekildikten sonra gübreleme, ilaçlama vb bakım işlemlerine ihtiyaç duymaktadır. Buğday ekili tarlalara gübreleme ve ilaçlama amacıyla yetiştirme sezonu boyunca yaklaşık 3-4 kez traktörle girilmektedir. Üreticiler bu işlemler sırasında genellikle aynı traktör izini takip ederek verim kaybının az olmasını amaçlamaktadır. Traktörün pamuk bitkisine yalnız başına verdiği zararın %7 dolaylarında olduğu ve 64.0ha'lık bir tarlada traktörle yapılan tarımsal işlemlerin kırma ve ezme zararının 4.3 ha'a ulaştığı bildirilmektedir (Deligönül, 2000).

Özellikle son yıllarda daha az girdi kullanılarak daha fazla verimin elde edildiği ve teknolojik yöntemlerin kullanıldığı hassas tarım üç bileşenden oluşmaktadır. Bunlar; veri edinim teknolojisi, veri işleme ve karar verme teknolojisi ve uygulama teknolojileridir (Keskin ve Görücü Keskin, 2012; Bozdoğan ve ark., 2016).

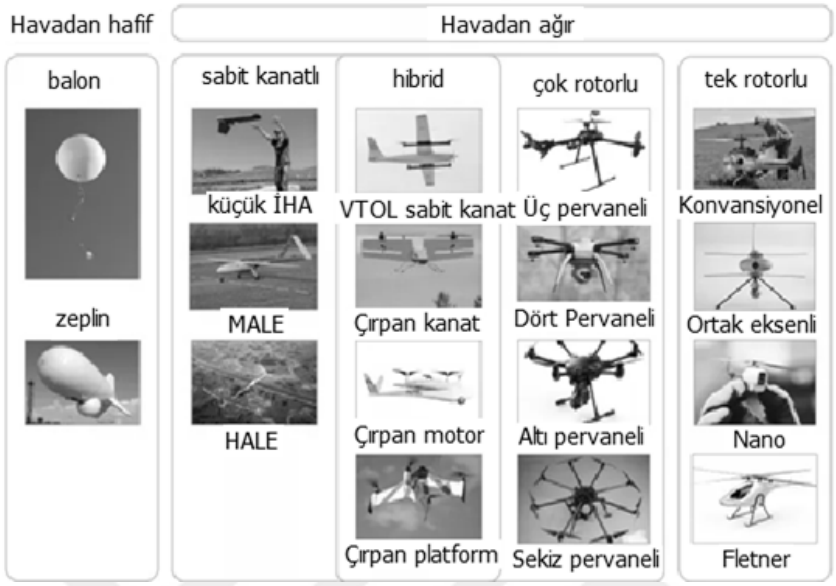
Tarımsal alanlarda ürün sağlığı, verim tahmini, haritalama, su stresi, yabancı ot vb durumlar hakkında bilgi sahibi olabilmek amacıyla veri edinimlerinden yararlanılmaktadır. Bitkiler hakkında veri edinim amacıyla yapılan uygulamalar yerden ve havadan gerçekleştirilmektedir.

Yerden yapılan uygulamalar daha hassas olmasına karşın daha yavaştır. Oysa veri edinim işlemlerinin elde edilmesi, uygulamaya karar verilmesi ve uygulamaların gerçekleştirilmesinin mümkün olan en kısa zaman dilimi içerisinde gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Tarımsal üretimde tohumun toprağa ekildikten hasat edilene kadar geçen süre bazı ürünlerde oldukça kısadır. Bu nedenle toprak işleme, ekim, gübreleme, ilaçlama vb tarımsal işlemlerin kısa zaman diliminde gerçekleştirilmesi önemlidir. Bununla birlikte havadan yapılan veri edinim uygulamaları yer uygulamalarına göre daha hızlı gerçekleştirilmektedir. Ayrıca, havadan uygulamalarda çamur, engebeli veya engelli arazi vb yer koşullarına bağlı kalınmamaktadır.

Teknolojik yöntemlerin kullanımı tarımsal uygulamaların daha hassas, daha hızlı ve daha güvenilir olmasını sağlamaktadır. Teknoloji kullanımı özellikle belli zaman dilimlerinde yetiştirilen tarımsal ürünlerde önemlidir. Ürünün yetişme periyodundaki aşamalarda zaman kısıtlığı sorunu teknolojinin kullanımı sayesinde elemine edilmektedir. Özellikle bilişim teknolojilerindeki gelişmeler İHA'ların tarımda veri edinim teknolojileri içerisinde önemli bir yere sahip olmasını sağlamıştır (Bozdoğan ve ark., 2016).

Günümüzde tarım alanlarında kullanılan teknolojik araçlardan birisi de insansız hava aracı (İHA)'dır. Genel olarak İHA'lar havadan hafif ve havadan ağır olmak üzere iki kategoride sınıflandırılmaktadır (Şekil 1.1).

Tarımsal alanlarda yoğun olarak kullanılan İHA'lar; sabit kanatlı ve çok rotorlu İHA'lardır. Bunun yanısıra havadan hafif İHA'lar da tarla kenarına sabitlenmiş bir ipe bağlanmak suretiyle kullanılmaktadır (Stombaugh ve ark., 2017; Bozdoğan ve Yarpuz Bozdoğan, 2017a).




MALE: MediumAltitudeLongEndurance; HALE: High AltitudeLongEndurance

Şekil 1.1. İHA'ların sınıflandırılması(Anonymous, 2017c; Bozdoğan ve Yarpuz Bozdoğan, 2017a)

İHA'ların tarımda kullanımı sayesinde göz hizası seviyesinde görülemeyen arazi koşullarının havadan rahatlıkla görülebileceği ve üründeki değişimlerin istenildiği anda ve en kısa zaman aralıklarında bile görüntülenebileceği, ayrıca üreticiler için çok yarayışlı bir araç olduğu bildirilmiştir (Anderson, 2014; Bozdoğan ve Yarpuz Bozdoğan, 2017a; Bozdoğan ve ark., 2017b). Yüksek çözünürlüklü kameralar gibi donanımlar sayesinde İHA'larla tarımsal arazilerin ve ürünlerin görüntülenmesi ve izlenmesi düşük maliyetle, hassas, güvenilir ve kolay bir şekilde gerçekleştirilmektedir (Bozdoğan ve Yarpuz Bozdoğan, 2017a; Bozdoğan ve ark, 2017a).İHA'ların bu avantajları, üreticilere ürünlerini gözleme, izleme, kontrol etme ve uygulamaları gerçekleştirme konusunda yardımcı olmaktadır. Özellikle tarımsal alanlarda sürdürülebilirliğin sağlanması amacıyla kimyasalların ihtiyaç duyulduğu yerde ve miktarda uygulanması İHA'lar üzerine monte edilen kameralarla elde edilen veri edinimleri ve oluşturulan haritalarla sağlanabilmektedir (Bozdoğan ve Yarpuz Bozdoğan, 2017a).

## 1.1.Çalışmanın Amacı ve Önemi

İHA'ların dünyadaki ve ülkemizdeki tarımsal alanlarda kullanımları gün geçtikçe çeşitlenmekte ve genişlemektedir. Özellikle bilişim ve görüntüleme teknolojisindeki gelişmeler ve yenilikler İHA'ların önemini daha da artırmaktadır. İHA'lar tarımda özellikle veri edinimlerinde kullanılmaktadır.

Bu tez çalışmasında amaç, buğday ekilişlerinde traktör teker izlerinin neden olduğu ürün yatma boyutunu İHA'lardan elde edilen görüntü analizi yardımıyla belirlemektir.

## 2.ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Zhou ve ark. (2016), ürün stresinin izlenmesi yerden ve havadan uzaktan algılama teknolojilerinin değerlendirilmesi için yaptıkları bir çalışmada 8 fasulye çeşidi ile farklı teknolojiler kullanarak erken mahsul stres izleme sistemi kurmuşlardır. Yerden 100 m yükseklikten çekilen fotoğrafların piksel çözünürlükleri 35.2 ve 5.6 mm'dir. Temmuz 2015'te yerden ve havadan alınan görüntüler arasında 700 kat fark bulmuşlardır. Araştırıcılar görüntüleri GNDVI ve CC indeksleri olarak karşılaştırmışlardır. Havadan alınan görüntülerin %5 daha ayırt edici olduğuna karar vermişlerdir. Sonuç olarak İHA ile alınan görüntü kalitesinin daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Stark ve ark. (2016), çift yönlü yansıtma dağılım fonksiyonunun insansız hava sistemlerinin uzaktan algılama görüntü doğruluğu üzerindeki etkisinin analizi konusunda çalışma yapmışlardır. Araştırıcılar, İHA konusunda FOV sensörü ve güneş hareketini çözümleme konusunda araştırma yapmışlardır. Bu çalışmada küçük insansız hava araçları hakkında çözülmeyen konular için bilgiler toplanmıştır. Önceki çalışmalarda araştırmacılar kalibrasyon ve veri toplama için araştırmalar yapmışlardır. Bu çalışmada FOV sensörü ile güneş ışınları arasındaki hata paylarına bakmışlardır. Çalışmanın sonucunda güneş hareketi ve FOV sensörünün hata payının yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Tunca ve ark. (2018),insansız hava aracı görüntüleri kullanılarak ayçiçeği bitkileri için verim ve yaprak alanı indeksi tahminlerinde yaptıkları bir çalışmada, ayçiçeği yaprak alan indeksini (LAI) ve verim tahmini için insansız hava aracından alınan NDVI değerleri ile yer bazlıspekroradyometre aracılığıyla İHA ile alınan hiperspektralölçümlerden NDVI değerlerini karşılaştırmışlardır.Temmuz ve Ağustos aylarında eş zamanlı olarak (LAI ve İHA) 6 farklı tarihteki görüntülerden elde edilen veriler sonucunda, ölçülen ayçiçeği LAI ile İHA'dan alınan görüntülerin NDVI'ya bağlı verim tahmini arasındakiregrasyon doğruluk oranınısırasıyla % 88 ve % 91 olarak bulmuşlardır.

Tekin ve ark. (2016), tarımda teknolojik evrim; İHA çalışmalarında günümüzde kullanılması planlanan gerçek zamanlı uzaktan algılama ve bitki toprak algılamaları için tasarlanan sensörlerin kullanılması konusunu ele almışlardır. Araştırıcılar insansız hava araçlarının (İHA) tarımsal alanlarda kullanımı ve farklı tip sensör gelişimlerinin günümüze uyarlanmasındaki çalışmalar hakkında bazı bilgiler vermişlerdir.

Bozdoğan ve ark. (2016),gelişen teknolojiyle birlikte İHA'ların tarımsal alanlarda ilaçlama, gübreleme, survey, fotoğraflama vb tarımsal faaliyetlerde kullanılmaya başlandığını,İHA'lar üzerine monte edilen özel kameralar, ilaçlama ve gübreleme ekipmanları sayesinde hassas tarımda gün geçtikçe daha da önem kazandığını, İHA'larınilaçlama ve gübrelemenin yanısıra zararlı tayini, yayılımı, rekolte tahmini vb konularda da üreticilere yardımcı olduğunu belirtmişlerdir. Araştırıcılar, hassas tarımda İHA'ların kullanımı hakkında bilgiler vermişlerdir.

Zhao ve ark. (2015), NDVI'ya bağlı bitki su stresini belirlemek amacıyla havadan alınan görüntüleri kullanmışlardır. NDVI indeksi ile SWP indekslerini gölgeli ve gölgesiz ortamlarda karşılaştırmışlardır. Sonuçların NDVI indeksi ile SWP indeksi arasındaki (gölgeli) korelasyon sayısı R2 0.001'den 0.0052'ye çıktığını belirtmişlerdir. Çalışmalarında karşılaştırmalarını 4 haftalık bir süreçte tamamlamışlardır. Araştırıcılar sürecin 3. haftasında max. korelasyon sayısını saptamışlardır. Ayrıca çalışma sonucunda NDVI indeksi ile SWP indekslerinin arasında bir ilişki olmadığını belirlemişlerdir.

Hassan ve ark. (2019),çok spektrumlu bir İHA platformu kullanarak tahıl verimi tahmini için buğday büyüme döngüsü boyunca NDVI'nın hızlı bir şekilde izlenmesi konulu çalışmada çok sayıda buğday alanların okuma işlemlerini yapmışlardır. İHA'lardan alınan görüntüler ile ürün izlemeler yapılmıştır. Bitki fizyolojik indeksleri ve NDVI ile daha hızlı okuma işlemlerini değerlendirebileceklerini belirtmişlerdir. Araştırıcılar İHA üzerinde bulunan multıspektral sensör ile farklı indeks korelasyonlarını gözlemişlerdir. GS indeksi ile (NDVI) arasında 0.38-0.90 arasında değerlendirmeler yapmışlardır. Bitkinin

farklı evrelerinde farklı değerler almışlardır. Alınan görüntüleri 3 farklı sulama evrelerinde değerlendirmişlerdir. Araştırıcılar bu çalışmada İHA'dan alınan veriler ile multispektral sensör aracılığıyla biokütleve verim tahmini için NDVI indeksinin yeterli olduğu sonucuna varmışlardır.

Susic ve ark. (2018), hiperspektral görüntüleme kullanarak domateslerde abiyotik ve biyotik kuraklık stresi arasındaki ayrımı konusunda bir çalışma yapmışlardır.Bu çalışmada domates bitkisindeki nematod zararlısı ve su stresinin erken tespiti için hiperspektral görüntüleri kullanmışlardır. Araştırıcılar domates bitkisine farklı sulama rejimleri ve nematod zararlıları uygulamışlardır. Analizlerde 400-2500nm arasındaki hiperspektral verileri kullanmışlardır. Araştırıcılar, su stresinde olan ve sulanan bitkiler arasındaki farklılığı %100 ve nematod bulaşıklığı olan bitkileri de %90-100 arasında doğrulukla saptamışlardır.

Bareth ve ark. (2014), taşınabilir spektroradyometreli düşük ağırlıklı ve İHA tabanlı hiperspektral çerçeve kameraların spektral karşılaştırılması konulu bir çalışma yapmışlardır. Araştırıcılar uydu görüntüleri ve İHA'dan aldıkları görüntüleri karşılaştırmışlardır. 2013 yılının haziran ayında görüntüleri işlemişlerdir. Araştırmanın sonucunda verileri umut verici bulmuşlardır.

Altaş (2017), Tokat ilinde şeker pancarı yetiştiriciliğinde İHA'larla elde edilen görüntüleri MATLAB programı yardımıyla işlemiş ve bitkideki yaprak lekesi ve hastalıkları tespit etmeyi amaçlamıştır. Araştırıcı hastalık şiddetlerini karşılaştırmıştır. Ayrıca görüntü işleme teknikleri kullanılarak yapılan çalışma sonuçlarının gözlemle belirlenemeyecek hassasiyette olduğunu ve hastalıklı alanların kesin değeri verdiğini belirlemiştir.

Aslan (2019), sert buğday yetiştiriciliğinde erken verim tahmini ve azot uygulamalarını optimize etmek amacıyla NDVI kameraya sahip İHA görüntülerini kullanmıştır. Farklı azot dozlarında uygulamalar yaparak buğdayda azot durumu ve bitki gelişimlerini izlemiştir. Araştırıcı NDVI ve SPAD değerlerini 6 kg N/da uygulama normunda en düşük ve 18 kg N/da uygulamasında en yüksek sonuçları

elde etmiştir. Araştırıcı buğday bitkisinde İHA'dan alınan görüntülerin erken verim tahmini ve azot dozu optimizasyonu için kullanabileceği sonucuna varmıştır.

Bendig ve ark. (2014), İHA tabanlı RGB görüntülemeden elde edilen kırpma yüzey modelleri (CSM) kullanılarak arpa biokütlesinin tahmini üzerine araştırma yapmışlardır. İHA ile yaptıkları çalışmada, hassas tarımda ürün görüntülemenin önemli olduğunu bildirmişlerdir. Biokütlenin ürün verimliliğini ve ürün canlılığını görüntülemeye yardımcı olduğunu belirtmişlerdir.18 çeşit üründe ve iki azot uygulaması gerçekleştirilen arpa test bölgesinde taze ve kuru biokütlenin, bitki yüzeyi modellerinden bitki boyu kullanarak tahmin etmişlerdir. Yapılan tahminler sonucunda, bitki boyu referans ölçümleri ile karşılaştırma sonuçlarını %92doğrulukla elde etmişlerdir. CSM'lerden bitki boyu ile taze biokütle ($R^2$= 0.81) ve kuru biokütle ($R^2$= 0.82) arasında yüksek bir korelasyon bulunmuştur. Araştırmada taze ve kuru biokütle tahmini için beş model çapraz doğrulama ile test edilmiştir. Taze biokütle için farklı N-uygulamaları arasında biokütlenin modellenmesi en iyi sonuçları vermiştir ($R^2$= 0.71). Araştırmacılar kullandıkları yöntemin gelecekte çiftçiler tarafından uygulama potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Kaymak (2019), İHA ve görüntü işleme teknolojilerinin meyve bahçelerinde kullanımı üzerine yaptığı çalışmada verim tahmini ve sayım hesabını amaçlamıştır. Araştırıcı elma bahçelerinden aldığı görüntüleri dijital veri tabanına aktarmış ve elma sayımını gerçekleştirmiştir. Sonuç olarak ağaçtaki elma sayımını güneş ışınlarının ve elmaların yanyana olmasının sayımı olumsuz etkilediği sonucuna varmıştır. Araştırıcı, ağaçtaki elmaları renk bakımından %78.47 başarı oranı ile tespit etmiştir.

Candiago ve ark. (2015), İHA görüntülerinden hassas tarım uygulamaları için çok bantlı indekslerin ve bitki örtülerinin değerlendirilmesi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu araştırma multispektralsensörler yardımıyla elde ettikleri veriler ile üzüm ve domates yetiştiriciliği analizinde kullanabilirliğini bildirmişlerdir. Araştırmada, çok çerçeveli görüntüleri toplamak ve farklı

VI'ları(vejetasyon indeks) değerlendirmek için yüksek çözünürlüklü İHA verilerinin ve fotogrametrik tekniklerin potansiyele sahip olduklarını belirtmişlerdir. Araştırıcılar araştırma sonucunda hassas tarım uygulamalarındaki teknolojilerin ürünlerin değerlendirmesinde hızlı, güvenilir ve uygun maliyetli bir kaynak olduğunu belirtmişlerdir.

Hasan ve ark. (2019), İHA-RGB görüntü parametrelerine göre kış buğdayının yaprak alanı indeksinin tahmini için tarım arazilerinde yaptıkları bir çalışmada, kış buğdayının LAI değerini İHA üzerine monte edilen RGB kamera görüntülerinden elde edilen veriler kullanılarak tahmin etmişlerdir. Gri korelasyon analizine göre, Görünür Atmosferik Direnç Endeksi (VARI), Kırmızı Yeşil Mavi Bitki Örtüsü Endeksi (RGBVI), Mavi Kanalın Dijital Numarası (DN) ve Yeşil Yaprak Algoritması (GLA) parametrelerini kış buğdayının LAI değerinitahmin etmek için modeller geliştirmek üzere seçmişlerdir. Sonuç olarak, RGB görüntüleri sadece kış buğdayının LAI değerini tahmin etmek için büyük bir potansiyele sahip olmakla kalmadığını, aynı zamanda hassas tarım yönetimi için daha güvenilir ve doğru veriler sağlayabildiğini belirtmişlerdir.

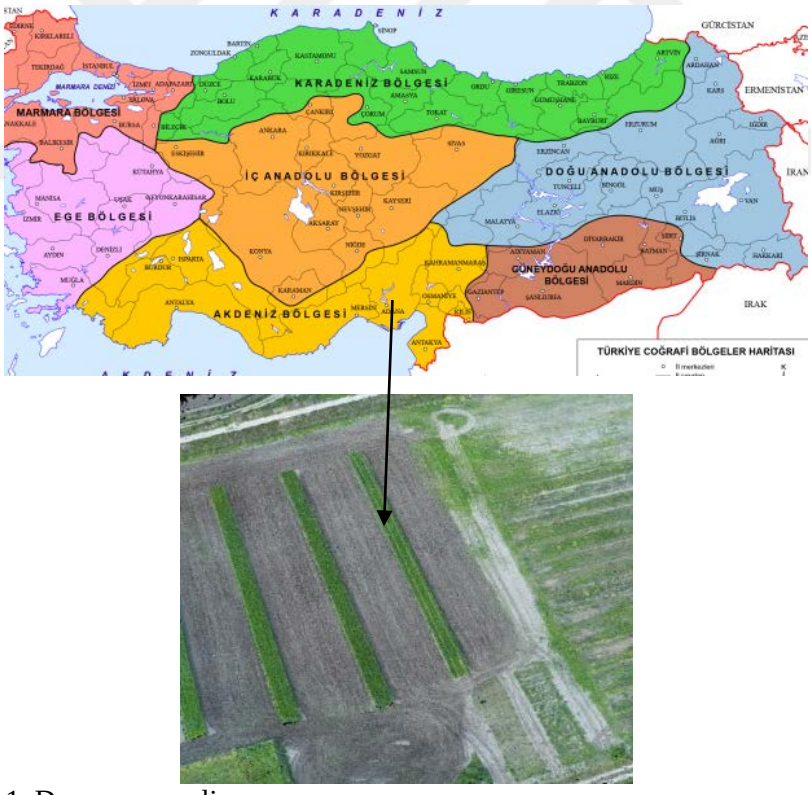
Su ve ark. (2019), İHA multispektral görüntüler kullanarak buğday sarısı pasının uzaysal-zamansal izlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada, tüm büyüme mevsimi boyunca çeşitli seviyelerde sarı pas aşılaması ile aşılanan kış buğdayının uzaysal-zamansal izlenmesine odaklanmıştır. Çok bantlı bir kamera ve İHA ile zaman serisi beş bantlı (görünür kızılötesi) hava görüntüleri elde etmek için özel bir iş akışı tasarlamışlardır. Araştırıcılar, tarım arazileri ölçeklerinde gelecekteki erken uzaysal zamansal sarı pas izleme için önemli bir yol gösterici olacağının sonucuna varmışlardır.

# 3.MATERYAL VE METOT

## 3.1.Materyal

### 3.1.1.DenemeParseli

Denemeler, Adana İli Yüreğir ilçesindeki Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (DATAEM)'nde buğday ekili tarım arazisindeki 3x60 m'lik parselde yürütülmüştür (Şekil 3.1.). Deneme parselinin deniz seviyesinden yüksekliği yaklaşık 9m'dir. Arazi seçiminde, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yayımlanan "İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı"ndaki "Uçuşa yasak bölgeler" başlığı altında belirtilen maddeler gözönüne alınmıştır. Ayrıca aynı talimatın "Uçuş şartları ve alan gereklilikleri" başlığı altında verilen "Madde 19"a bağlı kalınmıştır (Anonymous, 2020).




Şekil 3.1. Deneme parseli

### 3.1.2.Denemede Kullanılan İHA'lar

Denemelerde, traktör geçişlerindeki tekerlerden dolayı hasar gören buğday bitkisinin NDVI değerlerini belirlemek amacıyla ParrotBluegrass modeli döner kanatlı dört rotorlu multispektral sensörlü (ParrotSequia®) RGB kameraya sahip İHA kullanılmıştır (Şekil 3.2.).Ayrıca, denemelerde teker izlerinin oluşturduğu hasarlı alanların üç boyutlu görüntülerini elde edebilmek için döner kanatlı dört rotorlu ParrotAnafiWorkRGB®İHA kullanılmıştır (Şekil 3.3.).




(a) Genel görünüm (b) Alttan görünüm (c) Ön görünüm

Şekil 3.2.Denemede kullanılan ParrotBluegrassİHA®




(a) Genel görünüm (b) Ön görünüm

Şekil 3.3. Denemede kullanılan ParrotAnafiWork RGB® İHA

Denemelerde kullanılan İHA'lara ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Denemede Kullanılan ParrotBluegrass® İHA'ya Ait Bazı Teknik Özellikler (Anonymous, 2019)

| Genel Özellikler | |
|---|---|
| Toplam Ağırlık (gr) | 1850 |
| Boyutlar (mm) | 500 x 440 x 120 |
| Uçuş menzili (km) | 2 |
| Kontrol frekansı (GHz) | 2 çift bantlı (2.4/5GHz) Wi-Fi AC tipi |
| **RGB Kamera Özellikleri** | |
| Kamera çözünürlüğü (MP) | 16 |
| HFOV ($^o$) | 63.9 |
| VFOV ($^o$) | 50.1 |
| DFOV ($^o$) | 73.5 |
| **Tek Bantlı Kamera Özellikleri** | |
| Kamera çözünürlüğü (MP) | 1.2 |
| HFOV ($^o$) | 61.9 |
| VFOV ($^o$) | 48.5 |
| DFOV ($^o$) | 73.7 |
| **4 Ayrı Bant Kamera Özellikleri** | |
| Ağırlık (gr) | 72 |
| Boyutlar (mm) | 59 x 41 x 28 |
| Fotoğraf modu (fps) | 1 |
| Dahili depolama (GB) | 64 |
| Güç (W) | 5 |
| Yeşil (nm) | 550 +/- 40 |
| Kırmızı (nm) | 660 +/- 40 |
| Kırmızı kenar (nm) | 735 +/- 10 |
| Yakın kızılötesi (nm) | 790 +/- 40 |
| **Video Özellikleri** | |
| Video çekimi | 1080p Full HD |
| Video belleği (GB) | 32 |
| Video akışı | 360 p / 720 p |
| **Pil Özellikleri** | |
| Pil tipi ve gücü (mAh) | LiPo; 6700 |
| Pil ömrü (min) | 25 |

Çizelge 3.2. Denemede Kullanılan ParrotAnafiWork®RGB İHA'ya Ait Bazı Teknik Özellikler (Anonymous, 2018)

| Genel Özellikler | |
|---|---|
| Toplam Ağırlık (gr) | 315 |
| Boyutlar (mm) | 244x67x65 |
| Uçuş menzili (km) | 5 |
| Uçuş hızı (km/h) | 45 |
| Kontrol frekansı (GHz) | 2 çift bantlı (2.4/5GHz) Wi-Fi tipi |
| **RGB Kamera Özellikleri** | |
| Kamera çözünürlüğü (MP) | 21 |
| Gimbal | $180^{o}$ |
| **Video Özellikleri** | |
| Video çekimi | 4K HD |
| Video belleği (GB) | 16 |
| **Pil Özellikleri** | |
| Pil tipi ve gücü (mAh) | LiPo; 2500 |
| Pil ömrü (min) | 25 |

### 3.1.3.Görüntüleme Cihazları

ParrotBluegrass®İHA üzerinde multispektralsensör (Red- NearInfrared-Red-Edge-Green-RGB) bulunmaktadır. Bu sensör $45^{o}$ açıyla İHA gövdesi altına sabitlenmiştir (Şekil 3.2.). Denemede kullanılan multispektralsensör sayesinde bitki örtüsündeki yeşil aksamın yaydığı veya yansıttığı elektromanyetik spektrumdaki belirli bantların ışınım yoğunluğu ölçülmüştür.

Denemelerde kullanılan ParrotBluegrass® İHA üzerindeki multispektralsensör Şekil 3.4'te görülmektedir.




Şekil 3.4. ParrotBluegrass®İHA üzerindekimultispektralsensör(Anonymous, 2019)

Ayrıca, denemelerde hasarlı alanlarıngörüntülerini elde edebilmek amacıyla (ParrotAnafiWork®)İHA üzerinde bulunan RGB kamerasından yararlanılmıştır (Şekil 3.5.).




Şekil 3.5. (ParrotAnafiWork®) İHA üzerindeki RGB kamera (Anonymous, 2018)

### 3.1.4.Görüntü İşleme Programı

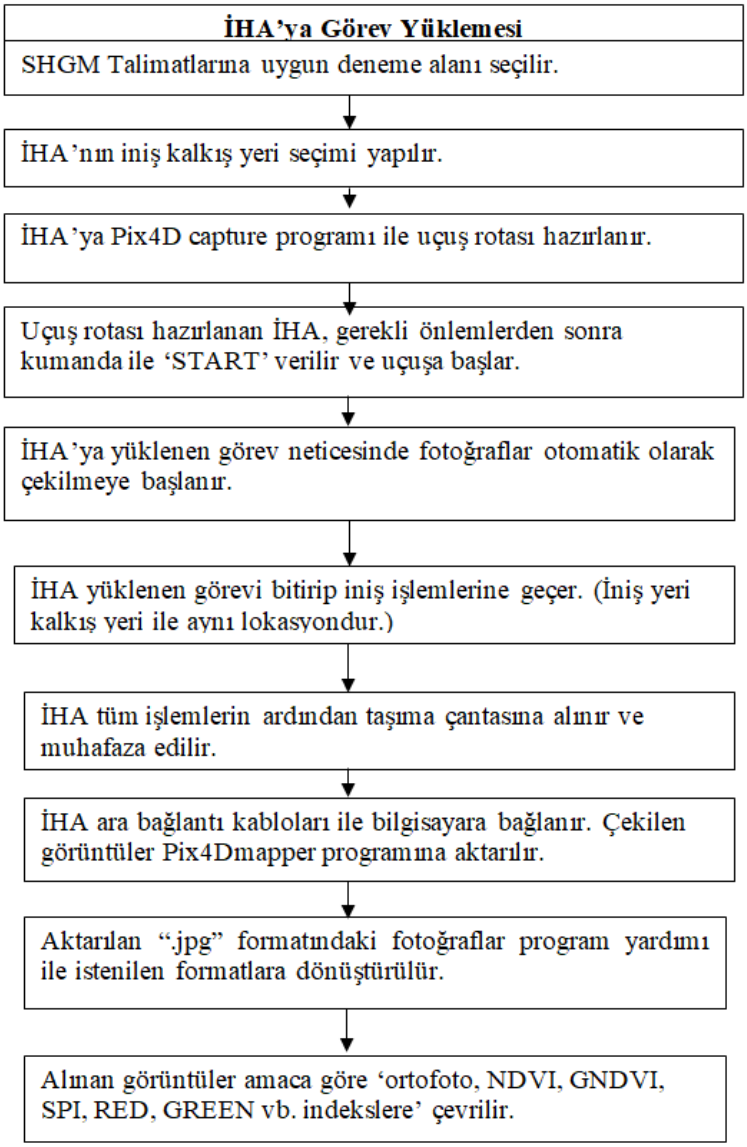
İHA'lar tarafından alınan görüntüler Pix4Dmapper® görüntü işleme programı ile analiz edilmiştir. Pix4Dmapper® serisi ile alınan görüntüler;üç

boyutlu (3D) model, ortofoto, NDVI, SPI, Red-Edge,NIR'adönüştürülebilmektedir. Bu sayede görüntüler hakkında daha ayrıntılı ve hassas bilgiler elde edilmektedir.

### 3.2.Metot

#### 3.2.1.İHA'laraGörüntü Alma Görevinin Yüklenmesi

Denemelerde, traktör teker izi görüntülenmesi amacıyla İHA'lara görevyüklemesine aitakış diyagramı Şekil 3.6'da verilmiştir.




Şekil 3.6. İHA'lara görev yüklemesi

### 3.2.2. Deneme Deseni

Denemelerde İHA görüntüleri; 30 m uçuş yüksekliğinde, 90$^{o}$ kamera açısında, yaklaşık 110 m örnekleme uzunluğunda, ortalama 1.35 m/s uçuş hızında ve 80x70 bindirmelerle alınmıştır.

Denemeye ait uçuş deseni Şekil 3.7'de gösterilmiştir.




Şekil 3.7.Denemelerde Pix4Dcapture uçuş rotası hazırlama

### 3.2.3.Traktör Teker İz Boyutlarının Belirlenmesi ve Karşılaştırılması

#### 3.2.3.1.Teorik Teker İz Boyutunun Belirlenmesi

Teorik olarak traktör teker iz alan değerini belirlemek amacıyla traktör teker izi olarak arka teker genişliği olan 0.40 m değeri alınmıştır. Parseldeki buğday bitkisinin teker izi nedeniyle yatışının ve teker iz boyutunun 1 m uzunluktaki alan değerini belirlemek için 3.1. nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$T = a_{teorik} * b \qquad (3.1.)$$

Burada;

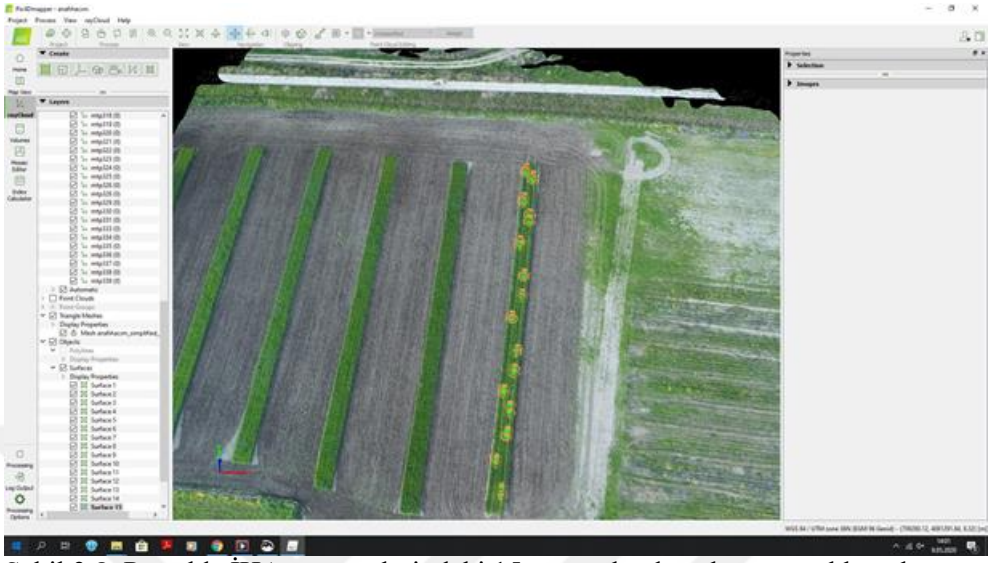
T : 1 m uzunluktaki teorik teker iz boyut alanı ($m^2$),

$a_{teorik}$ : Traktör arka teker genişliği (0.4 m) ve

b : Birim uzunluk değeri (1 m).

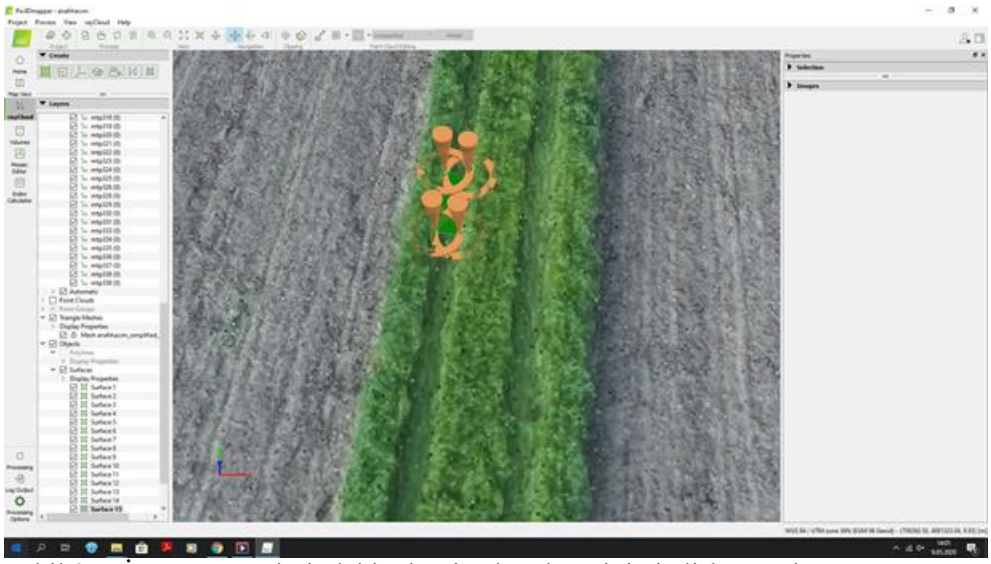
#### 3.2.3.2.İHA Görüntülerindeki Teker İz Boyutunun Belirlenmesi

Denemelerdeki traktör teker iz boyutlarının belirlenmesi amacıyla İHA'larla elde edilen görüntülerdeki örneklemeler; 3x60 m'lik parseldeki 15 ayrı noktadan alınmıştır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Parselde İHA görüntülerindeki 15 ayrı noktadan alınan örneklemeler

Parseldeki 15 ayrı noktada her bir alan ölçümü yapılırken teker izlerine $90^{o}$ açıyla uçuş gerçekleştirilmiştir. Daha sonra teker iz genişliği program yardımıyla işaretlenmiş ve ölçülmüştür (Şekil 3.9.).



Şekil 3.9. İHA görüntülerindeki teker iz alan değerinin belirlenmesi

İHA görüntülerindeki teker izi alan değerini belirlemek amacıyla 3.2. nolu eşitlik kullanılmıştır.

$$Ö = a_{İHA} * b \quad (3.2)$$

Burada;

Ö : İHA görüntülerinde ölçülen 1 m uzunluktaki teker iz boyut alanı ($m^2$),

$a_{İHA}$ : İHA görüntülerinde ölçülen iz genişliği (m) ve

b : Birim uzunluk değeri (1 m).

### 3.2.3.2.Teorik ve İHA Görüntülerindeki İz Alan Değerlerinin Karşılaştırılması

Teorik olarak elde edilen ve İHA görüntüleriyle ölçülen traktör teker iz boyutlarının karşılaştırılmasında 3.3nolueşitlik kullanılmıştır.

$$K = Ö/T \quad (3.3)$$

Burada;

K : Teorik ve İHA görüntülerinde ölçülen teker iz alanlarının karşılaştırma değeri (-),

Ö : İHA görüntülerinde ölçülen 1 m uzunluktaki teker iz boyut alanı ($m^2$) ve

T : 1 m uzunluktaki teorik teker iz boyut alanı ($m^2$).

### 3.2.4. Denemelerde Kullanılan Görüntü Alma ve İşleme Programları

#### 3.2.4.1. Pix4Dcapture Programı

Pix4Dcapture® programında uçuş rotası tanımlanıp uçuş işlemi gerçekleştirilmiştir. Pix4Dcapture, otomatik pilotlu ve açık lisanslı bir yer istasyonu uygulamasıdır. Pix4Dcapture® programı kullanarak bir İHA'nın uçuş rotası; basit bir altlık ile güncel Google® haritasındaki yol noktaları tıklanarak ve tanımlanarak önceden programlanabilmektedir. İHA'larla aynı zamanda, hava

fotoğraflarını veya videolarını çekerken bağımsız bir şekilde kalkış - iniş yapmak ve belirli bir tur veya süre boyunca herhangi bir ara nokta üzerinde daire içine almak üzere programlanabilir. İHA operatörü bu veriler dışında konum bilgisi,hava hızı ve rakım gibi diğer uçuş parametrelerini her bir yol noktası üzerinden programlayabilir. Önceden programlanmış bir görev başlatılmadan önce İHA'lara yüklenebilir. Offline-online çalışma kolaylığı sağlar. İHA'lar uçuş halindeyken yeni talimatları vermek için yeni bir görev programlanıp veri telemetrisi yoluyla program yüklenebilir. Ayrıca Pix4Dcapture İHA'ların yönünü, mevcut pil durumunu, uçuş sırasında belirlenen alanın neresinde olduğunu vb. birçok özelliklerini takip etme imkanı sağlamaktadır.

### 3.2.4.2. Pix4Dmapper Programı

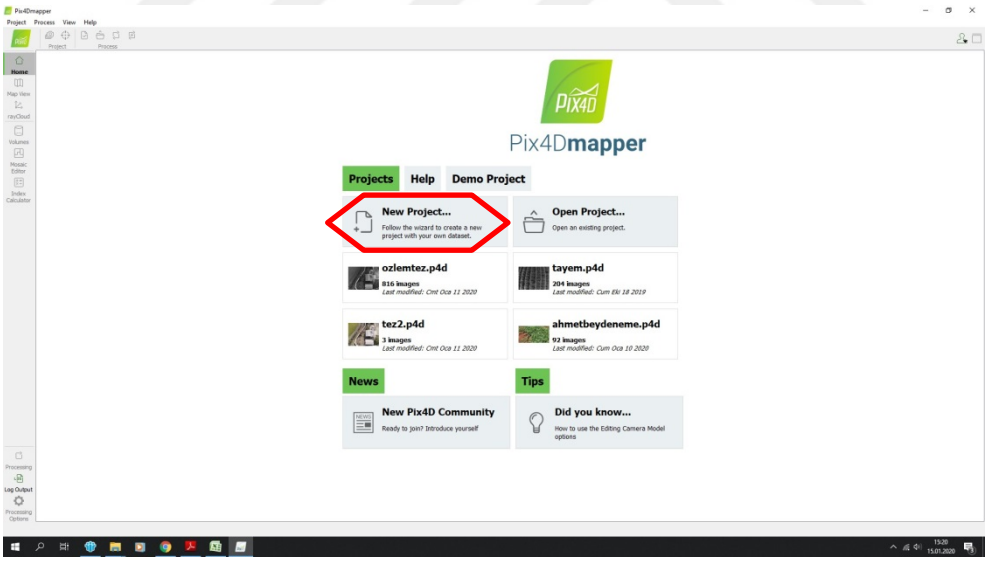
Denemelerde görüntülerin istenen formatlara dönüştürülebilmesi amacıyla Pix4Dmapper programı kullanılmıştır. Pix4Dmapper®yardımıyla denemelerde İHA'larla elde edilen görüntülerin işlenmesi ve dönüşüm aşamaları aşağıda sırasıyla verilmiştir (Şekil 3.10'dan Şekil 3.21'e kadar).

1. Yeni bir proje oluşturmak için "newproject" seçeneği seçilmiştir (Şekil 3.10.).
2. Açılan projelere isim verilmiştir (Şekil 3.11.).
3. Birleştirilmek istenenfotoğrafların formatları seçilmiştir (Şekil 3.12).Bu çalışmadaki denemelerde fotoğraflar ".jpg" formatında seçilmiştir.
4. Fotoğrafların alınacağı klasör seçimi yapılmıştır (Şekil 3.13).
5. Seçilen fotoğraflar programa yüklenmiştir (Şekil 3.14).
6. Tüm fotoğraflar hangi ülkenin koordinat diliminde okunmak istenirse o seçenek seçilmiştir (Şekil 3.15). Bu çalışmada Türkiye koordinat dilimi seçilmiştir.
7. Nokta bulutu oluşturulmuştur ve Google Earth tabanlı altlık programda açılmıştır. Uçuşyapılan yerin haritası üzerinde kırmızı renkte nokta bulutları oluşturulmuştur (Şekil 3.16).
8. Oluşturulan nokta bulutları hangi formatta birleştirilecek ise o format seçilmiş ve seçilen formata göre haritalar oluşturulmuştur. Bu çalışmada farklı

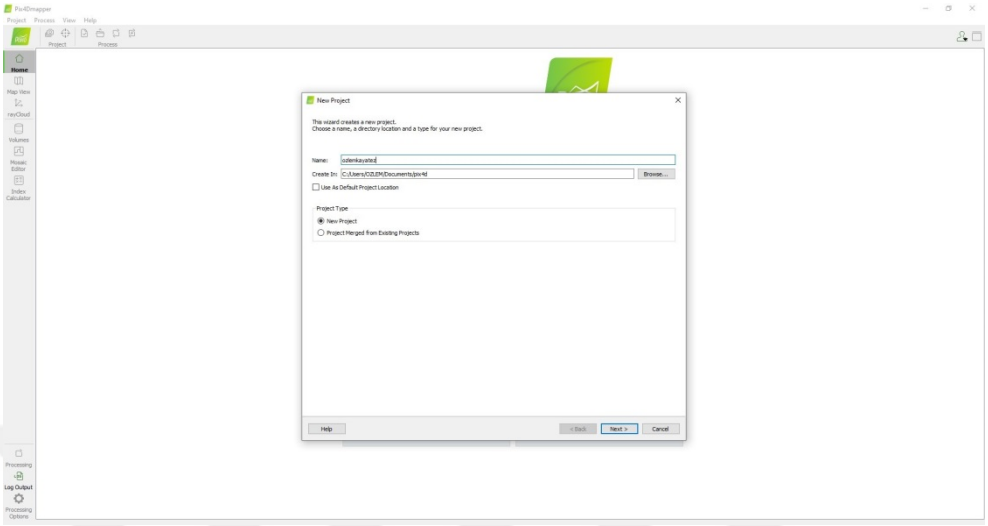
formatlarda indeks alınmak istendiği için “AG MULTISPEKTRAL” seçeneği seçilmiştir ve ayrıca “3D models” seçeneği ile hasarlı alan hesaplamaları yapılmıştır (Şekil 3.17).

9. Fotoğraflar seçilen formatlar biçiminde tek bir “ortofoto” şeklinde birleştirme işlemlerine başlatılmıştır (Şekil 3.18).
10. Birleştirme işlemi otomatik olarak devam etmiştir (Şekil 3.19).
11. Birleştirme işlemi devam ederken, birleşen fotoğraflar yeşil renge dönüşmüştür (Şekil 3.20).
12. Program, birleştirilen fotoğrafların piksel çözünürlükleri, toplam olarak birleştirilen fotoğraf sayısı vb. bilgileri vermiştir (Şekil 3.21).Tüm bu işlemlerin ardından tek bir parça halinde “ortofoto” elde edilmiştir.

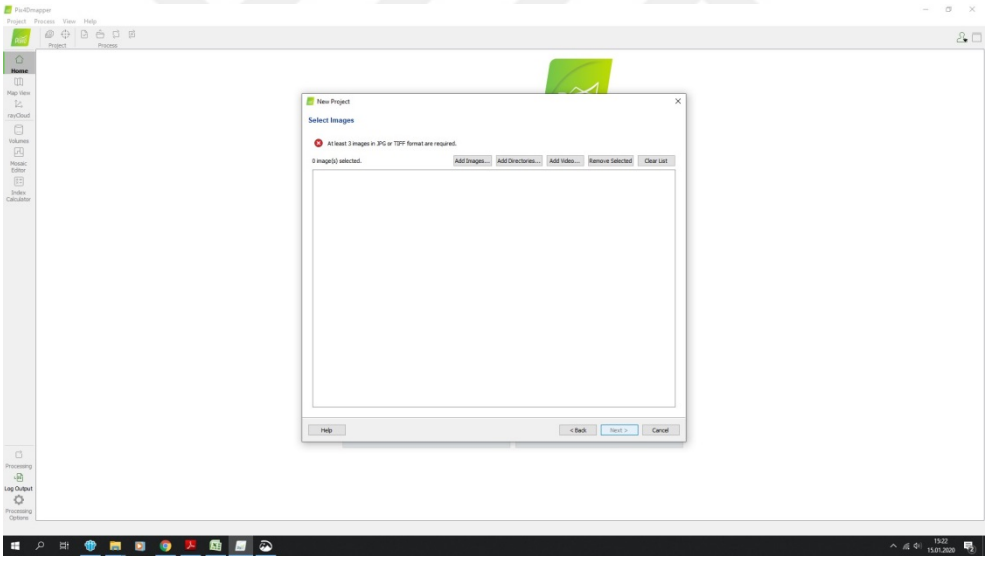
Sonuçta, elde edilen görüntüler kullanıcının amacına göre farklı tayf derecelerindeki indekslere ve 3D model haritalarına dönüştürülmüştür.



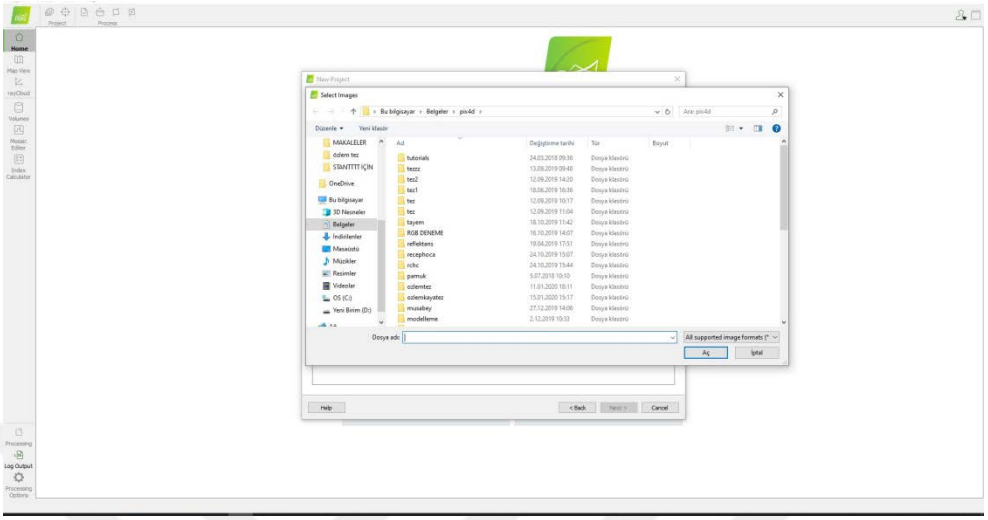
Şekil 3.10.“Newproject” aşaması



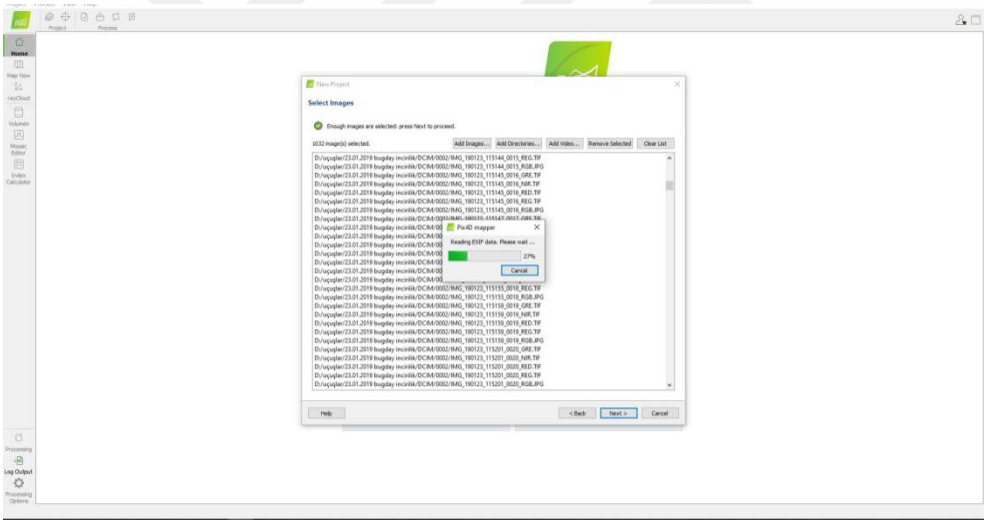

Şekil 3.11. Projenin isimlendirilmesi



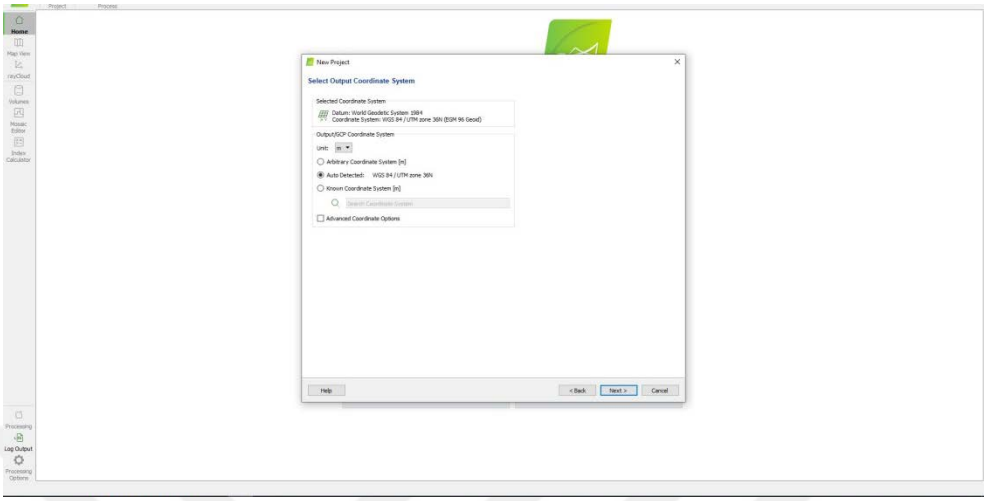

Şekil 3.12. Fotoğrafların format seçimi



Şekil 3.13. Klasör seçimi



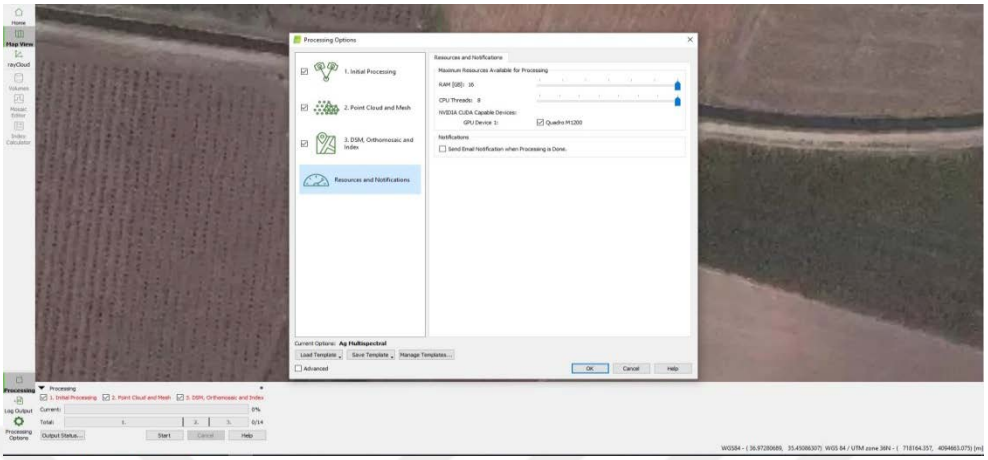
Şekil 3.14. Seçilen fotoğrafların programa yüklenmesi




Şekil 3.15.Koordinat dilimi seçimi



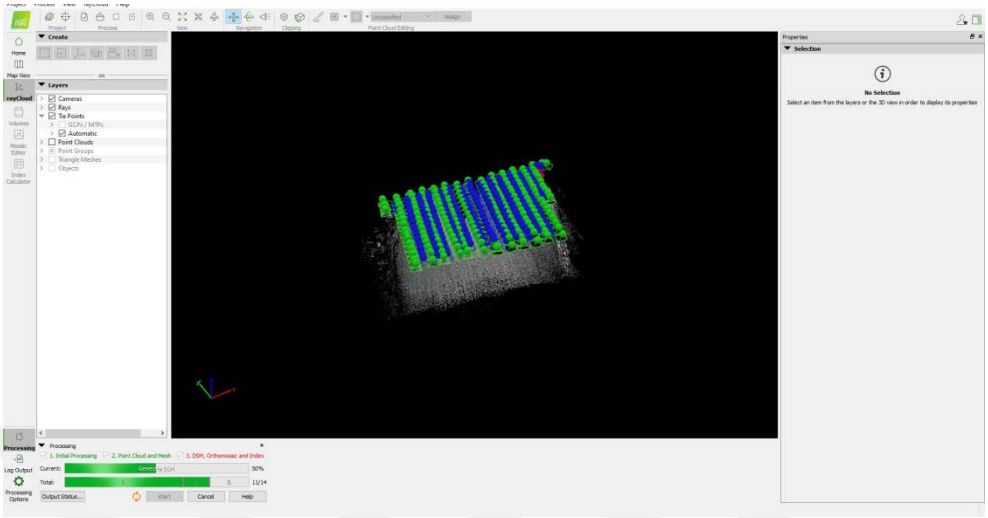
Şekil 3.16.Nokta bulutu oluşumu



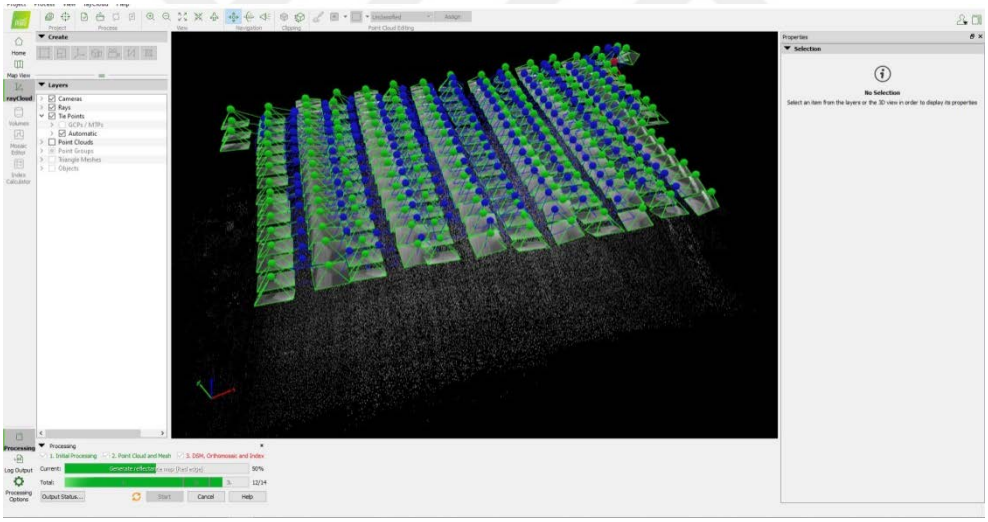

Şekil 3.17.Nokta bulutlarında format seçimi



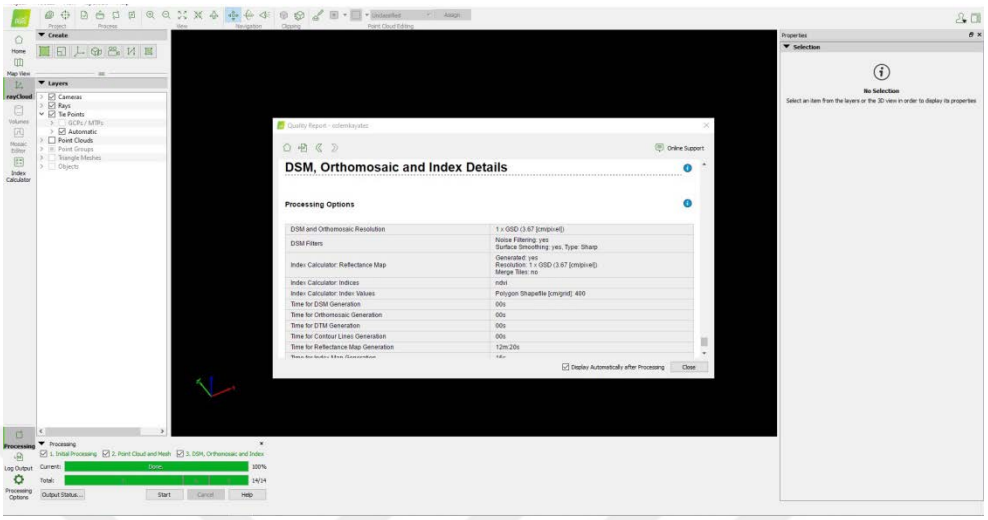

Şekil 3.18.Fotoğraf birleşimi



Şekil 3.19. Otomatik fotoğraf birleşimi

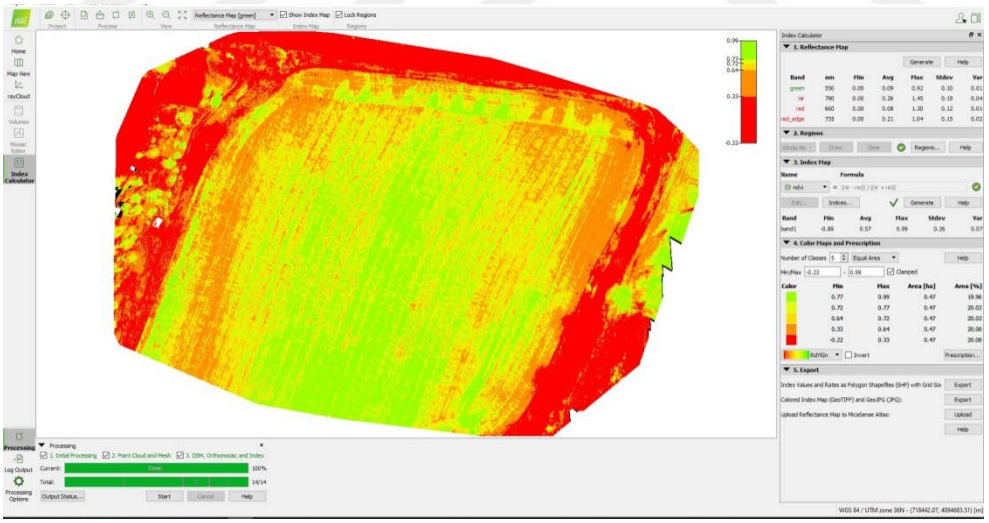


Şekil 3.20. Fotoğrafların yeşil renge dönüşümü

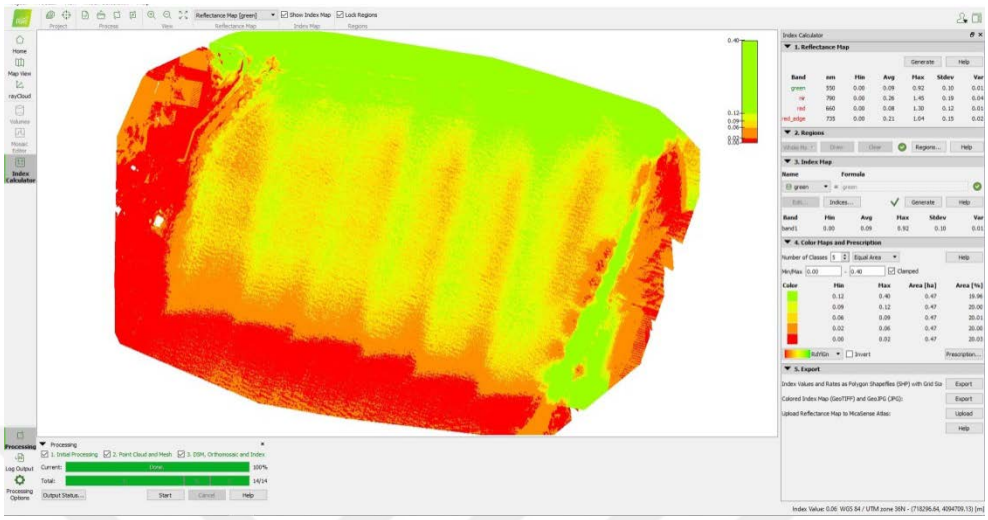



Şekil 3.21.Birleştirilen fotoğraflara ait bilgiler

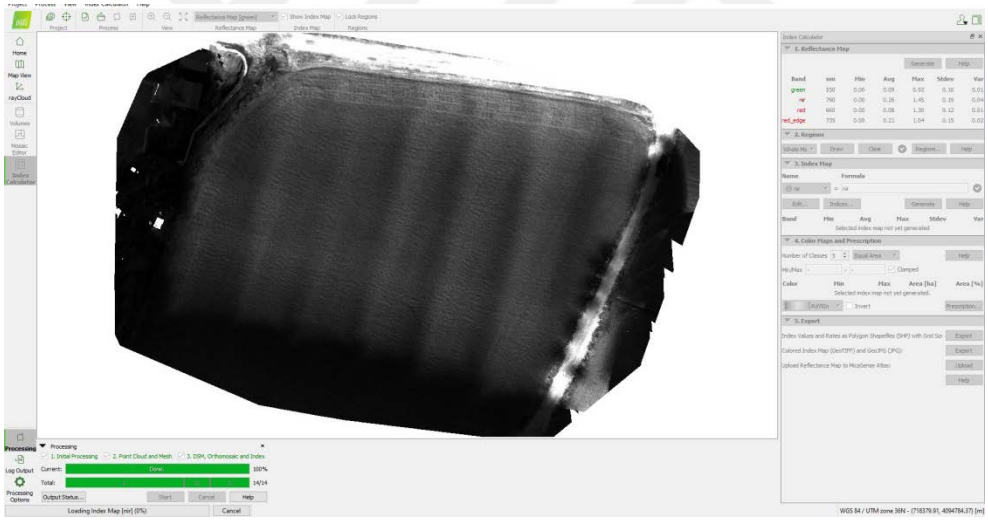
"IndeksMap" bölümünden istenilen "NDVI (Şekil 3.22a), GREEN (Şekil 3.22b), NIR (Şekil 3.22c), RED (Şekil 3.22d)" vb. indekslere çevrilmiştir.



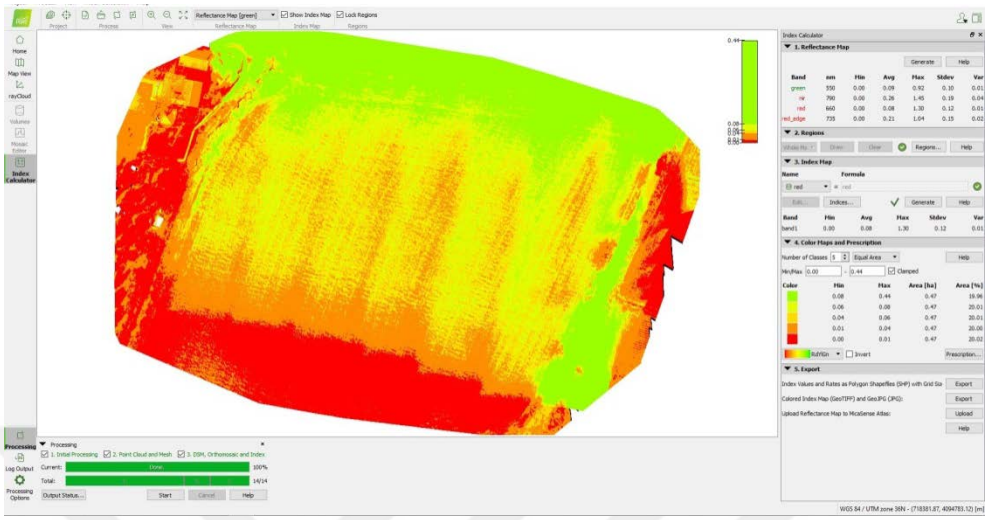
Şekil 3.22a. NDVI indeks haritası



Şekil 3.23b. GREEN indeks haritası



Şekil 3.24c. NIR indeks haritası



Şekil 3.25d. RED indeks haritası

### 3.2.5. NDVI analizleri

Coğrafi bilgi sistemleri uygulamalarında farklı çeşit bitki indeksleri kullanılmaktadır. Bu indekslerin haricinde farklı zaman aralıklarında alınmış görüntüler için dış etmenlerden arındırılmış Normalleştirilmiş (R) bantları arasındaki farklılığı artırmak veya bu iki banttaki bilgiyi tek banda toplamak, bitki varlığını incelemek üzere NDVI hesaplanmıştır (3.4. nolu eşitlik).

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR}-\text{R})}{(NIR+R)} \qquad (3.4)$$

Burada;

NDVI : Normalize Edilmiş Bitki İndeksi,

NIR : Yakın kızıl ötesi bölgenin 700-850 nm arasındaki kısmı ve

R : Görünür bölgenin 600-700 nm arasındaki kısmı.

Eşitlik 3.4'te görüldüğügibi iki bant (NIR: Yakın kızılötesi bant, Red: Kırmızı bant) şeklinde ifade edilmektedir. NDVI değerleri, yeşil bitki örtüsüyle

ilgili bilgiyi verdiği gibi bitkinin zayıf olduğu veya bitkisiz boşalanları da belirlemektedir. Ayrıca bitki indisi +1 değerine ne kadar yakın olursa bitkinin normal değerlerde olduğunu, 0 değerine yaklaştıkça bitki örtüsünün seyrekleştiğini, negatif olduğunda ise alanların tamamen bitkisiz veya çok az yeşil aksamının olduğunu göstermektedir. NDVI değerleri, yeşil bitkilerin pikseli tamamen kapladıkları zaman yüksek, hiçbir yeşil bitki olmadığı zaman ise düşüktür. Normalize edilmiş olması, farklı güneş açısı etkilerini de ortadan kaldırmaktadır. Böylelikle hassas bir değerlendirme yapılmasını sağlamaktadır.

# 4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

## 4.1. Denemelerdeki Meteorolojik Koşullar

Denemeler, yerel saatle15:20-15:30 arasında gerçekleştirilmiştir. Uçuşlar sırasındaki meteorolojik koşullar, Adana DATAEM'deki Meteoroloji İstasyonu kayıtlarından elde edilmiştir. Buna göre; hava sıcaklığı 17$^{o}$C, rüzgar hızı 4,6 m/s ve bağıl nem %48 olarak kaydedilmiştir.

## 4.2.Traktör Teker İz Boyutlarının Belirlenmesi

İHA görüntülerindeki traktör teker iz boyutlarını belirlemek amacıyla parsel üzerindeki 15 ayrı yerden ölçümler yapılmış ve ölçüm değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. İHA Görüntülerindeki Teker İzi Ölçüm Değerleri

| **$a_{İHA}$(m)** | **b (m)** | **Ö ($m^2$)** |
|---|---|---|
| 0,41 | 1,00 | 0,410 |
| 0,41 | 1,00 | 0,410 |
| 0,50 | 1,00 | 0,500 |
| 0,49 | 1,00 | 0,490 |
| 0,38 | 1,00 | 0,380 |
| 0,37 | 1,00 | 0,370 |
| 0,53 | 1,00 | 0,530 |
| 0,42 | 1,00 | 0,420 |
| 0,46 | 1,00 | 0,460 |
| 0,35 | 1,00 | 0,350 |
| 0,39 | 1,00 | 0,390 |
| 0,41 | 1,00 | 0,410 |
| 0,40 | 1,00 | 0,400 |
| 0,40 | 1,00 | 0,400 |
| 0,41 | 1,00 | 0,410 |
| | **Ortalama** | **0,420** |
| | **Std. Sapma** | **0,051** |
| | **%CV** | **12,020** |

Çizelge 4.1'de görüldüğü gibi, İHA görüntülerindeki teker izi ölçüm değerleri ortalama 0,420 m olarak belirlenmiştir. Ölçülen teker izlerinin varyasyon katsayısı (CV) değerleri %12,020 olarak saptanmıştır.

### 4.3.Teorik ve İHA Görüntülerindeki Teker İz Boyutlarının Karşılaştırılması

Eşitlik 3.3. kullanılarak elde edilen karşılaştırma değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Teorik ve İHA Görüntülerindeki Teker İz Boyutlarının Karşılaştırma Değerleri

| **Ö ($m^2$)** | **T ($m^2$)** | **K (-)** |
|---|---|---|
| 0,410 | 0,400 | 1,025 |
| 0,410 | 0,400 | 1,025 |
| 0,500 | 0,400 | 1,250 |
| 0,490 | 0,400 | 1,225 |
| 0,380 | 0,400 | 0,950 |
| 0,370 | 0,400 | 0,925 |
| 0,530 | 0,400 | 1,325 |
| 0,420 | 0,400 | 1,050 |
| 0,460 | 0,400 | 1,150 |
| 0,350 | 0,400 | 0,875 |
| 0,390 | 0,400 | 0,975 |
| 0,410 | 0,400 | 1,025 |
| 0,400 | 0,400 | 1,000 |
| 0,400 | 0,400 | 1,000 |
| 0,410 | 0,400 | 1,025 |

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi, teker iz boyutlarının ölçülen değeri ile teorik değeri arasındaki oran 0,875 ve 1,250 arasında değişmektedir. K değerinin

ortalama 1,06 olduğu hesaplanmıştır ve teorik iz boyutundan %6'lık sapma olduğu belirlenmiştir.

### 4.4.Teker İzlerinin Birim Alanda Oluşturduğu Kayıplar

Teorik olarak; 1 da (33,33 m x 30,00 m) alanda 10 m ve 15 m iş genişliğine sahip iş makinası ile aynı traktörle uygulama yapılması durumunda teker izi nedeniyle yatan ürün alanı değerleri Çizelge 4.3.'te verilmiştir.

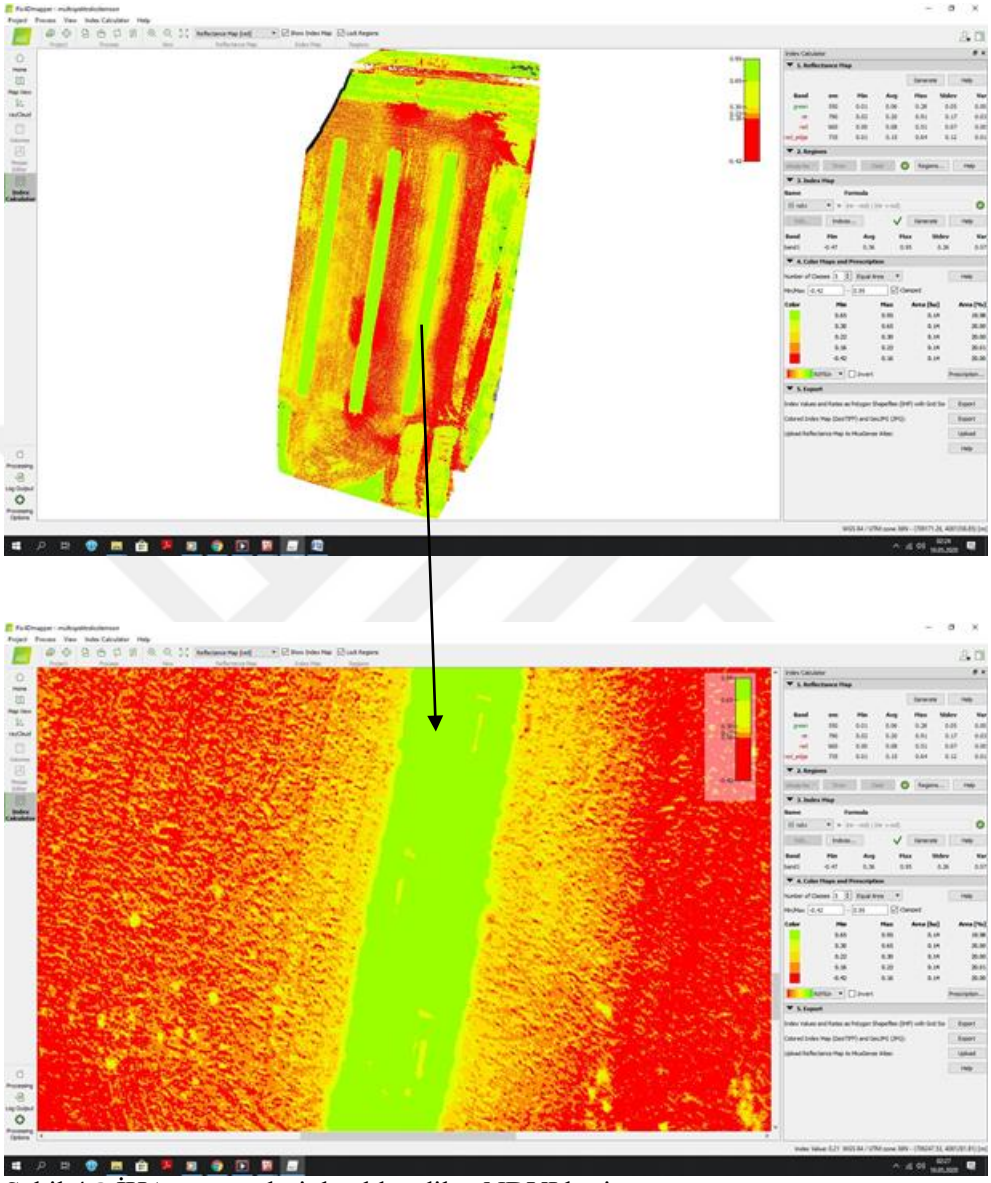
Çizelge 4.3. Teker İzi Nedeniyle Yatan Ürün Alanı

| İş makinasının iş genişliği (m) | Teorik alan ($m^2$) | İHA görüntüsünde ölçülen alan ($m^2$) |
|---|---|---|
| 10 | 79,20 | 83,95 |
| 15 | 52,80 | 55,97 |

Çizelge 4.3'te görüldüğü gibi;1 da alanda teker izlerinin oluşturduğu ürün yatmasının yüzde değeri 15 m iş genişliğine sahip iş makinasında %5,28 iken 10 m iş genişliğine sahip iş makinası kullanıldığında bu değer %7,92 olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte İHA görüntüleriyle ölçülen kayıp alanı yüzde değeri sırasıyla %5,60 ve %8,40 olarak saptanmıştır. Deligönül (2000) bildirdiğine göre; traktörün üretim yapılan araziye girmesi sonucunda pamuk bitkisindeki kayıp% 7'dir.

### 4.5. İHA Görüntülerindeki İndeks Haritaları

Denemelerde elde edilen Green, NIR, Red, Red-Edge veNDVI indeks haritaları Şekil 4.1'den 4.5'e kadar gösterilmiştir.



Şekil 4.2 İHA görüntüleriyle elde edilen NDVI haritası

Deneme parselinde istenilen farklı indekslere göre görüntüler işlenmiştir.

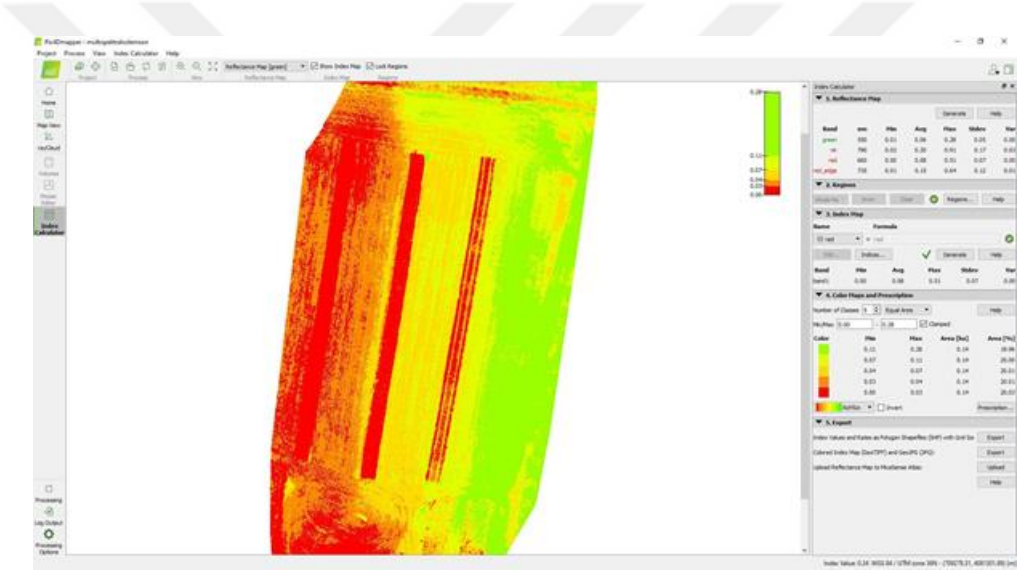
NDVI indeks okumalarında iki farklı ölçüm yapılmıştır. Tekerlek izlerinin olduğu yerler 15 ayrı noktadan ölçüm değerleri alınmıştır. Parselde tekerlek izlerinin olmadığı yerlerde ise ölçüm değerleri alınmıştır.

Alınan değerler max:0.65-0.95 değerleri arasındadır.(Tekerlek izlerinin olmadığı alanlarda.)

Alınan değerler min:0.22-0.30 değerleri arasındadır.(Tekerlek izlerinin olmadığı alanlarda.)

Alınan değerler tekerlek izlerinin olduğu alanlarda max:0.16-0.22 değerleri arasındadır.

Alınan değerler tekerlek izlerinin olduğu alanlarda min: -0.42-0.16 değerleri arasındadır.



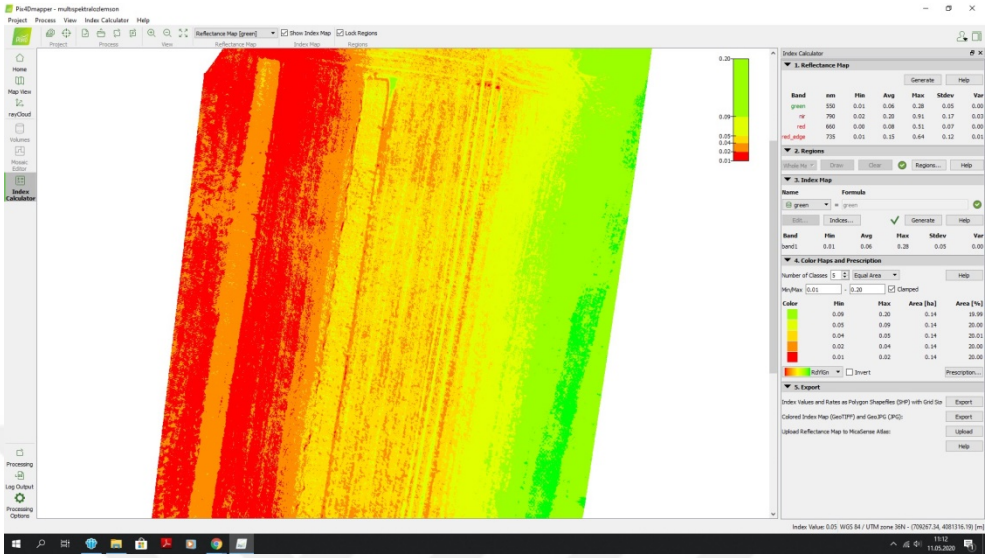
Şekil 4.3. İHA görüntüleriyle elde edilen Red indeks haritası

NDVI indeksleri için yapılan tüm işlemler RED indeksi için de yapılmıştır.

Alınan indeks aralıkları max:0.11-0.28- min:0.4-0.7 değerleri arasındadır. (Tekerlek izlerinin olmadığı alanlarda.)

Alınan indeks aralıkları max:0.3-0.4 min:0.0-0.3 değerleri arasındadır.

(Tekerlek izlerinin olduğu alanlarda.)



Şekil 4.4. Denemelerde elde edilen Green indeks haritası

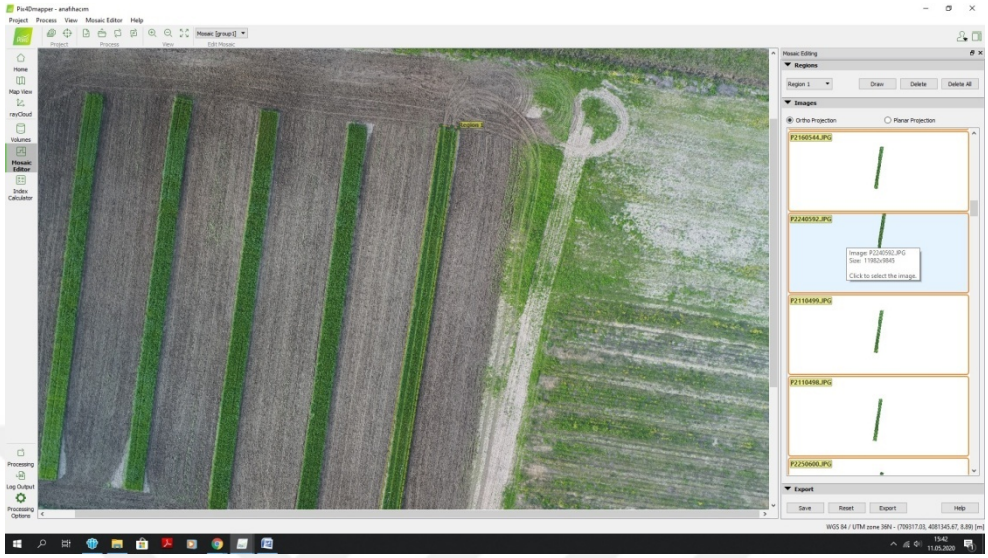
Alınan GREEN indeksin bant genişlikleri:

Max:0.09-0.20 değer aralıklarındadır.(Tekerlek izlerinin olmadığı alanlarda.)

Min:0.05-0.09 değer aralıklarındadır.(Tekerlek izlerinin olmadığı alanlarda.)

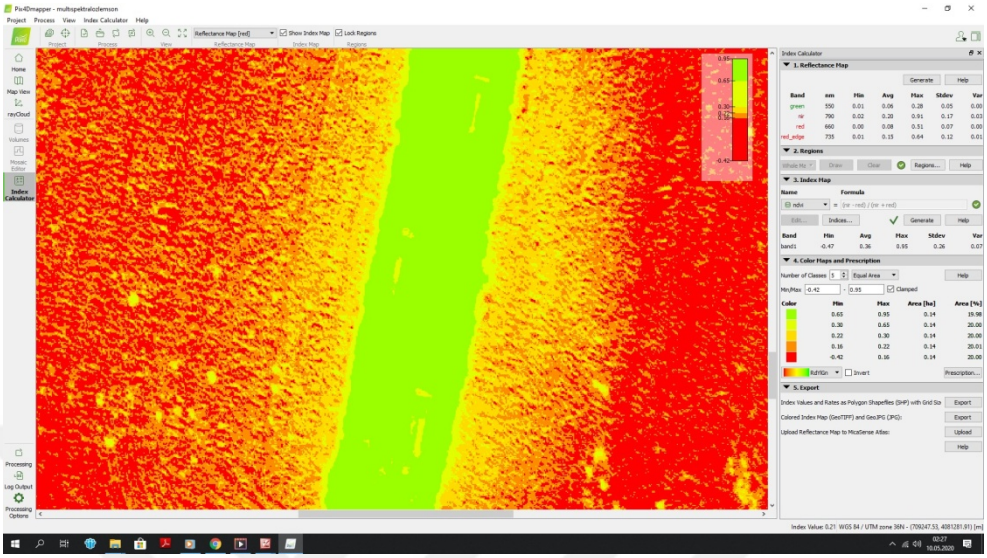
Max:0.02-0.04 değer aralıklarındadır.(Tekerlek izlerinin olduğu alanlarda.)

Min:0.1-0.02 değer aralıklarındadır.(Tekerlek izlerinin olduğu alanlarda.)



Şekil 4.5.Deneme alanının ortofoto haritası

Alınan görüntü de indeks olmadığı için sadece 3D boyutlu hesaplamalarda kullanılır. Denemede teker iz genişliklerinin teorik hesaplamalarında kullanılmıştır.



Şekil 4.6. Denemelerde elde edilen NIR indeks harita

Alınan değer aralıkları max:0.35-0.71 değer aralıklarındadır.

(Tekerlek izi olmayan alanlarda.)

Alınan değerler min 0.05-0.10 değer aralıklarındadır.

(Tekerlek izi olmayan alanlarda.)

Alınan değerler max 0.05-0.10 değer aralığındadır.(Tekerlek izi oluşan alanlarda.)

Alınan değerler min:0.02-0.5 değer aralığındadır.

(Tekerlek izlerinin oluştuğu alanda.)

# 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Teknolojik yenilikler tarımsal üretimde daha az girdi kullanımı ve daha yüksek verim elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Teknolojik yeniliklerden olan İHA'ya kamera, sensör, depo, ilaçlama sistemi vb donanımlar monte edilerek tarım alanlarındaki kullanımları gün geçtikçe çeşitlenmekte ve genişlemektedir.

Bu çalışmada, buğday ekili tarlalardaki traktör teker izleri boyunca İHA'yla görüntü alımları gerçekleştirilmiştir. Denemeler öncesinde SHGM tarafından yayımlanan "İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı"nda belirtilen "Uçuşa yasak bölgeler" başlığı altında belirtilen maddeler gözönüne alınmıştır. Denemeler, dört rotorlu multispektral sensörlü ParrotBluegrassİHAve AnafiWork RGB İHA ile gerçekleştirilmiştir. Deneme uçuşları, aynı talimatnamenin "Uçuş şartları ve alan gereklilikleri" başlığı altında verilen "Madde 19"a göre yapılmıştır. İHA uçuşlarının gerçekleştirildiği saatteki meteorolojik koşulların uygun olmasına dikkat edilmiştir. İHA kamerası tarafından alınan görüntüler, bilgisayara aktarılmıştır. Daha sonra, görüntüler, Pix4D mapper lisanslı programı yardımıyla çözümlenmiş ve amaca göre formatlanmıştır. Bu formatlar, ortofoto, NDVI, RED, GREEN vbindekslere dönüştürülmüştür. Böylece buğday ekilişlerindeki traktör teker izi boyut hesaplamaları gerçekleştirilmiştir.

Sonuç olarak, buğday ekilişlerindeki traktör teker izlerinin İHA görüntüleriyle belirlenmesi üzerine yapılan bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

1- Birim uzunluktaki (1 m) traktör teker iz boyut alanı teorik olarak 0,40 $m^2$ olarak belirlenmiştir.
2- İHA görüntüleriyle traktör teker iz boyut alanı ortalama 0,42 $m^2$ olarak ölçülmüştür.

3- Teorik ve İHA görüntüleriyle ölçülen teker iz boyut alanı karşılaştırıldığında; ölçülen değerin teorik değerden %6 daha fazla olduğu saptanmıştır.
4- Birim alandaki (1 da) teker izlerinin buğday ekilişlerinde neden olduğu yatma değeri kullanılan iş makinasının iş genişliğine bağlı değişmektedir. Bu çalışmada, İHA görüntüleri esas alınarak yapılan değerlendirmelerde; 1 da (33,33 m x 30,00 m boyutlarındaki tarımsal ürün yetiştirilen arazi) alanda iş makinasına ait iş genişliğinin 10 m ve 15 m olması durumunda buğday bitkisinin yatış alanı sırasıyla 83,95 $m^2$ ve 55,97 $m^2$ olarak ölçülmüştür.

Sonuç olarak,İHA'nın buğday ekilişlerindeki traktör teker izinin boyutlarının ve ürün yatışlarının belirlenmesinde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Tarımsal ürünlerin yetişmesi sırasında kuvvetli rüzgar, yağış vb. doğal afetler meydana gelebilmektedir. Bu olumsuz meteorolojik koşullarda tarım ürünlerinde yatma oluşabilmektedir. Yapılan bu çalışmada teker izlerinin boyutları belirlenmiştir. Dolayısıyla olumsuz hava koşullarından meydana gelen yatma olayının gerçekleştiği tarım ürünlerindeki hasar-tespit çalışmalarında İHA'nın kullanılabileceği önerilmektedir. Bu durum, İHA'nın gün geçtikçe çeşitlenen uygulama alanlarına yeni bir alan eklemektedir.

## KAYNAKLAR


Altaş, Z., 2017. Drone Kullanılarak Görüntü İşleme Tekniği ile Şeker Pancarı Yaprak Lekesi Hastalık (Cercospora beticola) Düzeyinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 56 s.

Anderson, C., 2014. AgriculturalDrones. TechnologyReview, 2 p.

Anonymous, 2017a. 2016 Yılı Hububat Raporu. T.C. Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü, Ankara, 207 s.

Anonymous, 2017b. 2017 Yılı Buğday Durum Değerlendirme Raporu. Tarsus Ticaret Borsası, 22 s.

Anonymous, 2017c. https://www.droneii.com/drone-business-development-guide (06 Nisan 2017)

Anonymous, 2018. Parrot Anafi$^{TM}$ – Anytime, Anywhere. User Guide v2.2. Parrot® 73 p.

Anonymous, 2019. Parrot® Bluegrass–Multipurpose Quadcopter Solution for Agriculture. Parrot® 8 p.

Anonymous, 2020. web.shgm.gov.tr

Aslan, A., 2019. Buğdayda Bitki Azot Durumunun Portatif Klorofil Ölçüm Cihazı (SPAD) ve Alçak İrtifa İnsansız Hava Aracı (Drone) ile Belirlenmesi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 46 s.

Bendig, J., Bolten, A., Bennertz, S., Broscheit, J., Eichfuss, S., Bareth, G., 2014. Estimating Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB Imaging. Remote Sens., 6: 10395-10412.

Bozdoğan, A.M., Yarpuz Bozdoğan, N., Öztekin, M.E., Keiyinci, S., 2016. Hassas Tarımda İnsansız Hava Aracı Kullanımı. International MultidisciplinaryCongress of Eurasia (IMCOFE), 11-13 July, Odessa, Ukraine.

Bozdoğan, A.M. ve Yarpuz Bozdoğan, N., 2017a. Sürdürülebilir Tarım Görüntülemesinde Dron Kullanımı. International Conference; The West of The East, The East of The West, 4-6 July, Prague, Czechia,34-39.

Bozdoğan, A.M. ve Yarpuz Bozdoğan, N., 2017b. Hassas Tarımda İnsansız Hava Aracı Uygulamaları. TarımTürk – Tarım Makinaları, ss: 3-6,9.

Bozdoğan, A.M., Yarpuz Bozdoğan, N., Kaya, Ö., Doğu, M.Z., 2017a. Unmanned Aerial Vehicle: Key for Farmers in Turkey. The 13thInterntionalCongress on Mechanization and Energy in Agriculture& International Workshop on Precision Agriculture (AGME), September 13-15, İzmir, Turkey.

Bozdoğan, A.M., Yarpuz Bozdoğan, N., Doğu, M.Z., 2017b. TheUse of UnmannedAerialVehicles in Horticulture. International CongressonAdvances in Natural andAppliedSciences(ICANAS), 18-21 April, Antalya, Turkey. 208.

Deligönül, F., 2000. Tarımsal Havacılık. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 233, Ders Kitapları Yayın No: A-75. Adana, 295 s.

Hasan, U., Sawut, M., Chen, S., 2019. Estimating the Leaf Area Index of Winter Wheat Based on Unmanned Aerial Vehicle RGB-Image Parameters. Sustainability, 11: 6829.

Hassan, M.A., Yang, M., Rasheed, A., Yang, G., Reynolds, M., Xia, X., Xiao, Y., He, Z., 2019. A Rapid Monitoring of NDVI Across the Wheat Growth Cycle for Grain Yield Prediction Using a Multi-spectral UAV Platform. Plant Science, 282: 95-103.

Kaymak, A.M., 2019. İnsansız Hava Aracı (Drone) ve Görüntü İşleme Teknolojilerinin Meyve Bahçelerinde Kullanım Örneği. Selçük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Konya, 51 s.

Keskin, M. ve Görücü-Keskin, S., 2012. Hassas Tarım Teknolojileri. Hatay. Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları No:35. 210 s.

Mateen, A. and Zhu, Q., 2019. Weed Detection in Wheat Crop Using UAV for Precision Agriculture. Pak. J. Agri. Sci. 56: 809-817.

Su, J., Liu, C., Hu, X., Xu, X., Guo, L., Chen, W.H., 2019. Spatio-temporal Monitoring of Wheat Yellow Rust Using UAV Multispectral Imagery. Computers and Electronics in Agriculture, 167: 105035.

Susic, N., Zibrat, U., Sirca, S., Strajnar, P., Razinger, J., Knapic, M., Voncina, A., Urek, G., Stare, B.G., 2018. Discrimination Between Abiotic and Biotic Drought Stress in Tomatoes Using Hyperspectral Imaging. Sensors and Actuators B: Chemical, 273: 842-852.

Stark, B., Zhao, T., Chen, Y., 2016. An Analysis of the Effect of the Bidirectional Reflectance Distribution Function on Remote Sensing Imagery Accuracy from Small Unmanned Aircraft Systems. International Conference on Unmanned Aircraft Systems, (ICUAS), June 7-10, 2016. Arlington,1342-1350.

Stombaugh, T., Smith, S., Thamann, M., 2017. The Use of Unmanned Aircraft Systems in Agriculture. Cooperative Extension Service, University of Kentucky- College of Agriculture. AEU-102, 6 p.

Tekin, B., Fornale, M., Turhan, M., Maso, M., 2016. Tarımda Teknolojik Evrim; İnsansız Hava Araçları. Akademik Bilişim Kongresi, 4-6 Şubat 2015, Eskişehir, 1-8.

Tunca, E., Köksal, E.S., Çetin, S., Ekiz, N.M., Balde, H., 2018. Yield and Leaf Area Index Estimations for Sunflower Plants Using Unmanned Aerial Vehicle Images. Environ Monit Asses. 190: 682.

Zhao, T., Stark, B., Chen, Y., Ray, A.L., Doll, D., 2015. A Detailed Field Study of Direct Correlations Between Ground Truth Crop Water Stress and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) from Small Unmanned Aerial System (sUAS). International Conference on Unmanned Aircraft Systems, (ICUAS), June 9-12, 2015. Denver, 520-525.

Zhou, J., Khot, L., Bahlol, H.Y., Boydston, R.,Miklas,P., 2016. Evaluation of Ground, Proximal and Aerial Remote Sensing Technologies for Crop Stress Monitoring. IFAC-Papers Online 49-16 (2016) 022–026.

## ÖZGEÇMİŞ

2011 yılında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Lisans öğrenimine başladı. 2016 yılında aynı bölümden Ziraat Mühendisi ünvanı ile mezun oldu. Şubat 2017'de Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisansa başladı. Halen aynı Anabilim Dalında Yüksek Lisans öğrenimine devam etmektedir.