

[1217]

## AKILLI TARIM FİZİBİLİTE PROJESİ: HASSAS TARIM UYGULAMALARI İÇİN HAVADAN VE YERDEN VERİ TOPLANMASI, İŞLENMESİ VE ANALİZİ

Mustafa Teke<sup>1</sup>, H. Seda Deveci<sup>1</sup>, Feray Öztoprak<sup>1</sup>, Mehmet Efendioğlu<sup>1</sup>, Ramazan Küpçü<sup>1</sup>, Can Demirkese<sup>1</sup>, F. Fehmi Şimşek<sup>1</sup>, Bilge Bağcı<sup>2</sup>, Erdem Uysal<sup>2</sup>, Ufuk Türker<sup>2</sup>, Ersoy Yıldırım<sup>2</sup>, İlhami Bayramın<sup>2</sup>, Kaan Kalkan<sup>1</sup>, Caner Demirpolat<sup>1</sup>

<sup>1</sup>TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü 06800, Ankara, [mustafa.teke@tubitak.gov.tr](mailto:mustafa.teke@tubitak.gov.tr)  
<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Ankara, [bayramin@ankara.edu.tr](mailto:bayramin@ankara.edu.tr)

### ÖZET

Hassas Tarım, ürün verimi (rekolte), su, gübre ve ilaç gibi tarımsal girdileri en uygun şekilde kullanarak arttırmayı amaçlar. Özellikle drone ve İHA sistemlerinin yaygın olarak kullanılması ile birlikte hassas tarımda uzaktan algılama yöntemlerinin kullanımı yaygınlaşmaktadır. Mevcut sistemler çoğunlukla multispektral sensörlerden elde edilen verilere bağlı bitki gelişimi ve sağlığı hakkında bilgi veren NDVI tabanlı yöntemlerdir.

Haziran, 2015'te TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (UZAY) ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi ortaklığında başlatılan Akıllı Tarım Fizibilite Projesi (AKTAR) ile İç Anadolu Bölgesi'nde yetişen ürünler için hassas tarım modellerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Proje kapsamın akıllı tarım uygulamaları için sulama ve gübreleme için modeller geliştirilecektir. İç Anadolu'da yetişen ürünler için spektral imza kütüphanesi oluşturulmaktadır. Projede, buğday, arpa, çavdar, yulaf, mısır, şeker pancarı, ayçiçeği, aspir, nohut, yeşil mercimek, fasulye, yonca, erik, elma, vişne ve kiraz ürünleri analiz edilmektedir. Proje alanı 400 hektardır. Proje çalışma alanı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'dir.

Akıllı Tarım Fizibilite Projesi (AKTAR) kapsamında, hiperspektral kameralı bir drone sistemi ile görüntüler alınmaktadır. Yerden veri toplama çalışmaları kapsamında; toprak nemi, spektral imza (1 m mesafeden ve ürünün yaprağına değdirilerek), yaprak alan indeksi (YAI/LAI) ve meteorolojik veriler toplanmaktadır. Sulama ve gübreleme için kontrollü alanlar oluşturulmuştur. Toprak etüt haritaları çıkarılmıştır. 2016 yılı yazlık ekimler için geniş alanlarda multispektral ve termal kameralara sahip ikinci bir drone sistemi de kullanılmıştır. Göktürk-2, WorldView-2 ve TerraSAR-X uydu görüntüleri proje kapsamında temin edilmekte ve görüntülerinin analiz edilmesine devam edilmektedir.

Proje sonunda sulama, gübreleme ve ilaçlama için hassas tarım uygulamaları geliştirilecek ve rekolte tahmini analizi yapılacaktır. Projenin birinci yılının sonunda proje ekibi, drone sistemi ile havadan veri toplama, yerden veri toplama konularında tecrübe kazanmıştır. Bu çalışmada AKTAR Proje'sinde yürütülen faaliyetler hakkında bilgi verilerek, bu konuda çalışma yapmak isteyen araştırmacıları bilgilendirmek için özet bilgiler verilecektir. Ayrıca yapılan analizler paylaşılacaktır.

**Anahtar Sözcükler:** Hassas tarım, hiperspektral, İHA, sulama, gübreleme, termal

### ABSTRACT

#### SMART AGRICULTURE FEASIBILITY PROJECT: AERIAL AND GROUND DATA COLLECTION, PROCESSING AND ANALYSIS FOR PRECISION AGRICULTURE APPLICATIONS

Precision agriculture aims to increase crop yield while optimizing inputs (water, fertilizers, and pesticides). Remote sensing methodologies in precision agriculture are getting popular especially with the use of drones and UAVs. Developed systems are mainly rely on NDVI from multi-spectral sensors.

TÜBİTAK Space Technologies Research Institute (UZAY) and Faculty of Agriculture of Ankara University jointly started Smart Agriculture Feasibility project (AKTAR) for developing precision agriculture models for optimal crop growing in Central Anatolia of Turkey.

Smart agriculture aims to develop models for irrigation, fertilization and spectral signatures of crops in Central Anatolia. Wheat, barley, rye, oat, corn, sugar beet, sun flower, safflower, chickpea, green lentils, beans, alfalfa, plum, apple, sour cherry and cherry will be analyzed. Available land for the project is up to 400 ha, while around 100 ha is expected to be used for experiments.

Hyperspectral images are collected by a Drone. Ground measurements include soil moisture, spectral signature, LAI and meteorological data. There are controlled test areas for fertilization and irrigation. Soil analysis of the fields are performed to support precision agriculture research. Additional drone system with multispectral and thermal cameras was used for data collection in 2016. Göktürk-2, Worldview-2 and TerraSAR-X images were acquired and will be used in research activities. At the end of the project, precision agriculture practices to control irrigation, fertilization, pesticide and estimation of crop yield will be developed.

During the first year of the project, project team gained experience on correct spectral measurements with ASD spectrometers and data processing of Aerial Hyperspectral data. In this study, our experiences will be shared in detail to enlighten researchers who are interested in remote sensing of precision agriculture.

**Keywords:** Precision agriculture, hyperspectral, drone, irrigation, fertilization, thermal

## 1.GİRİŞ VE ANA BÖLÜMLER

İnsanlar beslenme ihtiyacını karşılamaları için hayvansal ve bitkisel ürünleri üretmek zorundadır. Tarımsal faaliyetler insanlık tarihi kadar eskidirler. Temel amaç olan insan beslenmesi değişmemiş olmakta beraber, tarımsal faaliyetler büyük bir değişim göstermiştir. Önceki dönemlerde üretim artışını öngören yaklaşımlar daha sonra yerini sırasıyla, ekonomik karlı üretim yaklaşımlarına, sonraları kaliteli üretim yaklaşımları ve daha sonra da sürdürülebilir çevre ve doğal kaynak koruma esaslı üretim faaliyetleri üzerine olan yaklaşımlar gelişmiştir. Teknolojik gelişmelere bağlı olarak üretim artışları olmuştur. Tarımsal faaliyetler öncelikle uygun olan arazi koşullarında ve su temin edilebilen yerlerde yapılmıştır. Tarım; üretimden pazarlamaya, kaliteden muhafazaya, ıslahtan doğal kaynak kullanımına çok geniş alanları içeren bir bilim dalıdır. Tarımsal faaliyetler sadece beslenme ihtiyacının karşılanması amacıyla değil aynı zamanda istidam yaratma ekonomik faaliyetler içinde yapırlar. Gübreleme, ilaçlama, sulama, tohum, mekanizasyon, işgücü vb. alanlar tarımın önemli konuları arasındadır. Gıda güvenliği yüzyılımızın en önemli konusudur. Bu nedenle gıda güvenliği açısından tarım büyük önem taşımaktadır. Ülkemiz toprak ve su kaynakları ve iklim koşulları bakımından değerlendirildiğinde son derece avantajlı ve stratejik bir konumda yer almaktadır. Beslenme ihtiyacının değişmeyecek olması, gıda güvenliği düşünüldüğünde, doğal kaynakların korunması koşulu ile tarım ülkemiz için de büyük önem arz etmektedir. Bununla beraber bilgi çağını yaşadığımız yüz yılımızda, tarım ile bilgi ve teknolojiyi birleştirmek, yani akıllı tarım uygulamalarını gerçekleştirmek ülkemiz için olmazsa olmazların başında gelmektedir.

Uzun yıllar boyunca akıllı tarım uygulamaları akıllı gübreleme sistemleriyle sınırlı kalsa da, günümüzde akıllı tarım uygulama alanları artmıştır. Küresel konumlandırma sisteminin sivillerin kullanımına açılması ile traktörlere yerleştirilen küresel konumlandırma sistemi alıcıları yardımı ile uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları üzerinden yapılan analizler ile hangi bölgenin ne kadar gübreye ihtiyacı olduğu belirlenerek akıllı traktörler yardımı ile gübreleme yaygın olarak uygulanmaktadır. Zhang tarafından 2002 yapılan çalışmada Birleşik Devletlerde çiftçilerin en çok grid örnekleme, gübreleme, ürün haritalama ve ürün takibi için kullandıklarını ve hızlı adapte olduklarını göstermektedir (Zhang, 2002). Tarım faaliyetlerinde uzaktan algılama teknolojisi kullanan çiftçilerin oranı %1'e bile erişememektedir. Bunun yanında en hızlı adapte olan ve bu teknolojileri kullanan çiftçileri bu teknolojileri, mısır, buğday ve arpa gibi rekolte takibi yapılan ürünlerde kullandıkları belirlenmiştir. İlaçlama planlama gibi akıllı tarım uygulamalarını ise meyve-sebze ve kuru yemiş üretimi yapan çiftçilerin yoğun olarak kullandığı belirtilmiştir. Yayın olarak kullanılan akıllı tarım uygulamalarını sıralamak gerekirse; Avrupa Birliği çiftçiler için hazırladığı teknik raporda uygulanabilir akıllı tarım faaliyetlerini, gübreleme, makinaların akıllı kullanımı, meyve ve sebze üretiminde yüksek teknolojiye sahip görüntüleme araçları ile ürün kalitesinin belirlenmesi, ilaçlama, sulama, toprak haritalarının üretilmesi, bağcılıkta ürün kalitesi ve melezlerin değerlendirilmesi, çiftlik hayvanlarını tarımsal faaliyetlerinin takibi olarak listelemiştir (Zarco-Tejada, 2014).

Hassas tarım uygulamalarında İHA'ların (İnsansız Hava Araçları) kullanılması, İHA teknolojileri ve bu cihazlara takılacak kameraların hafiflemesi ve gelişmesi ile ivme kazanmıştır. Yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğü daha elverişli hale getiren İHA teknolojisi yüksek çözünürlük ihtiyacı gerektiren tarımsal uygulamalar için avantaj sağlamaktadır (Zhang vd. , 2012) (Matese vd. , 2015). Günümüzde İHA'lar ile hassas tarım uygulamalarına yardımcı çözümler üreten firmalar ve ürünler olmasına karşın, bu teknoloji gelişme aşamasındadır. Bu tip sistemler için geliştirilen kameralar, kırmızı kenar gibi tarıma özel spektral kanalları veya NDVI gibi sık kullanılan bitki örtüsü indekslerini kamera sistemlerine dahil ederek hassas tarım çalışmalarında uzaktan algılamanın kullanımını arttırmıştır. İHA'lar ile hassas tarım uygulamaları geliştiren ürünlere örnek olarak Sensefly firmasından eBee, Precision Hawk firmasının akıllı tarım İHA'ları ve MicaSense firmasının ürünleri gösterilebilir. Hassas tarım uygulamalarında son yıllarda pek çok araştırma sahasının yer almasıyla birlikte çok sayıda şirket belirli yöntemlerle çiftçilere profesyonel olarak destek vermektedir. Yersel toprak analizleri ile ürün verimine kadar ulaşan analizlerden, kullanıcıdan sadece belirli ürünlerin fotoğraflarını alarak, nitrojen miktarı; derin öğrenme ile bitkideki hastalık analizini gösterebilen pek çok sistem artık hassas tarım alanında kullanılmaktadır. Mobil teknolojiler, sensörler ve veri analizi daha fazla tarım da kullanılmaya başlamıştır. Ayrıca geniş alanlar için Sentinel-2, RapidEye ve SPOT uydularından alınan veriler tarımsal takip için kullanılmaktadır.

Ülkemizde elektronik ve bilişim teknolojilerinin tarım ile ilgili faaliyetler kullanılması Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı ve İTÜ işbirliği ile yürütülen TARBİL projesinde gerçekleştirilmektedir. TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Enstitüsü uydu teknolojileri konusunda çalışmakla birlikte uzaktan algılama alanında da faaliyet göstermektedir. Kalkınma Bakanlığı Güney Doğu Anadolu (GAP) Bölge Kalkınma İdaresi ile birlikte GAP Bölgesinde Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması (HASSAS) Projesi yürütülmektedir.

Tarımsal mekanizasyon ve otomatikleşme, iklim kontrolü, verim haritalama ve sulama uygulamaları gibi diğer hassas tarım uygulamalarındandır.

## 2. VERİ TOPLAMA VE İŞLEME

### Haymana Eğitim ve Araştırma Çiftliği

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi (AÜZF) Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği, 1983 yılında 4200 da üzerinde kurulmuştur. Fakültemiz çiftlikleri içerisinde gerek arazi ve iş gücü, gerekse bitkisel ve hayvansal üretimi ile en önemli uygulama ve araştırma birimidir. Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinin toplam tarım yapılabilen arazisi 3.100 dekadır. Bu alanın 2500 dekarı sulanabilir durumda olup, kalan yaklaşık 600 dekarında ise kuru tarım yapılmaktadır. Çiftlik staj, mesleki eğitim, araştırma, uygulama ve üretim amaçlı kullanılmaktadır (Şekil 1).

Verilerin toplanması için AÜZF ve TÜBİTAK UZAY personelinden oluşan yer ve hava ekipleri çalışmaktadır. Saha faaliyetinden önce cihazların hazırlanması gerekmektedir. Sahada çekimler ve veri toplama faaliyetleri eşzamanlı olarak saat 10.00-14.00 arasında gerçekleşmektedir. Hazırlıklardaki herhangi bir eksiklik çalışmaları olumsuz etkileyebilmektedir. Saha faaliyetlerinden önce yağış, rüzgâr ve bulutluluk durumu Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Sat24 ve Accuweather gibi kaynaklardan kontrol edilmektedir. Şartlar olumsuz olduğunda görevler iptal edilebilmektedir. Ölçüm yapılacak yerlerin planlanması ve uçuş rotaların önceden belirlenerek sahadaki faaliyetlerin en az emek ile tamamlanmasına çalışılmaktadır.



Şekil 1. AÜZF Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde 2016 yılında ekilen ürünler

### Havadan Veri Toplama

Havadan veri toplama için dronelar üzerine takılı hiperspektral ile elektro-optik ve termal kameralar kullanılmıştır. Dronelar ez sayıda kişi ile zahmetsiz veri toplamaya izin vermektedir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı talimatnamelerde meskûn mahal dışarısında İHA0 ve İHA1 sınıfı droneları 100 metreye kadar uçurmak izne tabi değildir (SHGM, 2016)

Drone teknolojileri hızla ilerlemektedir. Çok sayıda yeni drone sistemi üretilmekte özellikle DJI gibi üreticiler düşük maliyetler ile drone sistemleri üretmektedirler. Kamera teknolojileri özellikle 2016 yılında ciddi ilerleme kaydetmiştir. Dronelar için hazırlanan küçük boyutta ve entegre GPS'e sahip tarımsal olarak kullanılabilir sensör sistemleri yaygınlaşmaya başlamıştır.

Hiperspektral kameraların hassas tarımda çok sayıda uygulaması vardır (Teke vd. , 2013). Projede hiperspektral veriler Cubert UHD 185 kamerası ile alınmıştır. Kare sensöre sahip kamera 450-950nm dalga boyları arasında 125 banda sahiptir. Kamerada pan ve hiperspektral algılayıcılar aynı optik sistemden görüntüleme yapmaktadırlar (Bareth vd. , 2015). Kameranın kalibrasyonu uçuştan önce %99.5 yansıtıcılığa sahip Spectralon kalibrasyon hedefleri ile yapılmaktadır. Kalibrasyonun doğru yapılması en iyi spektral veri elde edilmesi için önemlidir. Hiperspektral görüntüler dar aralıklarda çok sayıda spektral bant ile ölçüm yapmamızı sağlar. Bu sayede klorofil pigmentinin veya azot etkisinin ölçülmesi gibi belirli spektral aralıklarda çok hassas bilgi gerektiren verileri toplayabiliriz. Cubert hiperspektral kamera sistemi Height Tech HT-8 drone üzerine yerleştirilerek görüntü

alınmıştır. Cubert UHD 185 kamerasına alternatif olarak, Rikola ve Headwall firmalarının ürünleri örnek gösterilebilir.

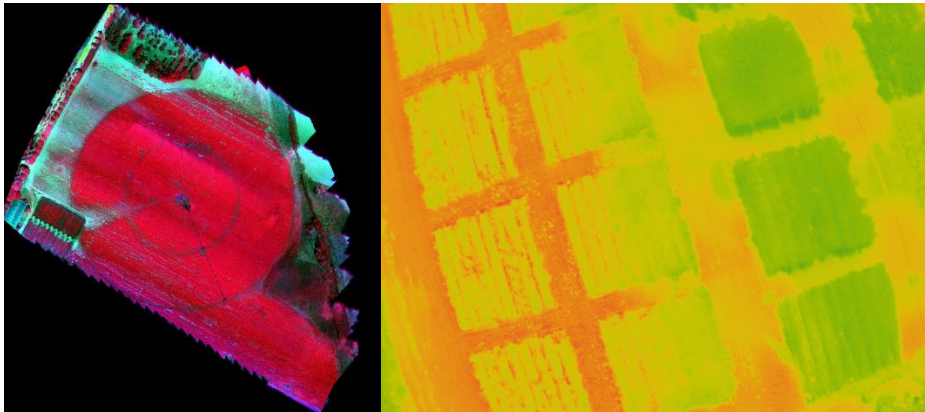
Hiperspektral kameralar yüksek maliyetli olduğu ve verilerinin hazırlanması zor olduğundan dolayı yaygın olarak kullanılması yakın zamanda mümkün gözükmemektedir. Bunun yanında multispektral kameralar ve soğutmasız termal kameraların maliyetleri oldukça düşmüştür. Multispektral kameralar ile mavi, yeşil, kırmızı, kenar kırmızı (red edge) ve yakın kızıl ötesi (near infrared) bantlarda alınan görüntüler ile NDVI gibi indeksleri hesaplamak mümkündür. Yeni geliştirilen kamera sistemlerinde bulunan aydınlık sensörü (irradiance) ile kalibrasyon işlemleri de otomatik olarak gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle bulut hareketlerinin yaygın olduğu bahar ayları ile yoğunlaşma ile oluşan bulutların çok olduğu yaz aylarında bu özellik sayesinde yüksek doğrulukta veri çekimi mümkündür. Bitki gelişiminin azot eksikliği veya su stresinden etkilendiğini durumları multispektral ve termal kameralardan alınan verilerin füzyonu ile tespit etmek mümkündür. Ayrıca termal kameralardan alınan veriler bitkilerdeki su stresini tespit etmede etkin olarak kullanılmaktadır.

Projede elektro-optik ve termal kameraları TurkUAV OKTO XL drone'u taşımaktadır. Drone'nun 2 kg faydalı yük taşıma kapasitesi vardır. Drone'nun faydalı yükler ile birlikte toplam ağırlığı 4,5 kg olması nedeni ile SHGM IHA talimatnamesi gereği IHA-1 olarak sisteme kaydı gerçekleştirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Projede kullanılan drone sistemleri

Drone üzerinde 2 adet kamera mevcuttur. Bu kameralar çok bantlı (multispektral) Parrot Sequoia ve termal Optris kameralarıdır. Parrot Sequoia kamerası 107 gram ağırlığında olup, yeşil, kırmızı, yakın kırmızı ve kızılötesi bantları ile birlikte ayrıca daha düşük yersel çözünürlüğe sahip RGB kamerası da mevcuttur (Şekil 3). Parrot Sequoia ile çerçeve görüntüler çekilmektedir. Kamera üzerinde entegre GPS modülü ve irradiance sensörü mevcuttur. GPS modülü sayesinde çekilen her görüntünün koordinatlarını ve yükseklik bilgisini, irradiance sensörü sayesinde güneşten gelen ışık miktarını uçuş sırasında ölçerek radyometrik kalibrasyona ihtiyaç duymamaktadır. Bu özellikleri ile avantajlı olmasının yanında, bakış açısı (FOV, field of view) açısının 70 derece olduğu için görüntü kenarlarında BRDF bozulmaları vardır. Drone üzerindeki diğer kamera olan termal Optris PI 640 modeli 320 gram ağırlığında olup, 640x480 piksel çözünürlüğe sahiptir. Bu kamera ile -20°C ile 900°C arasında termal sıcaklık ölçümü yapılabilmektedir. Kameranın spektral aralığı 7.5-13  $\mu\text{m}$ 'dir. Arazi çalışmaları öncesi drone ile uçulacak sahaların planlaması yapılarak uçuşlar gerçekleştirilmektedir.



Şekil 3. Parrot Sequoia Mozaik NIR/Red Edge/Kırmızı sahte renk görüntü (sol) ve Optris renklendirilmiş görüntü: serin bölgeler yeşil ile gösterilmektedir (sağ).

## Mozaik ve SYM Üretme

Drone ile elde edilen görüntülerin işlenmesi için piyasada farklı yazılımlar mevcuttur. Bunlar arasında en çok tercih edilenler Pix4D, Agisoft Photoscan ve EnsoMosaic yazılımlarıdır. Cubert kamerası ile çekilen örnek görüntülerle yapılan testler sonucu Pix4D yazılımının kullanımı uygun görülmüştür. Pix4D ile koordinatlı veya koordinatsız çok sayıda görüntü kullanılarak 3 boyutlu model çıkarılabilmekte, sayısal yüzey modeli ve orto-mozaik üretilmektedir.

Cubert verilerinin işlenmesi için öncelikle jpeg formatındaki pan dosyalar ile mozaik oluşturulmuş daha sonra tiff formatına dönüştürülmüş hiperspektral dosyalar için aynı parametreler kullanılarak mozaik çalışmaları yapılmıştır. Pan dosyalarından mozaik oluşturmak yaklaşık 30 dakika sürerken, pansharp yapılmış hiperspektral dosyaların işlenmesi iki gün kadar sürebilmektedir. Veri işlemeyi hızlandırmak için örneğin hiperspektral görüntüde en yüksek bilgi taşıyan pan bandı kullanılarak diğer bantlara hesaplanan eşleşme modeli uygulanabilir.

Pix4D Parrot Sequoia kamerası destek vermektedir. Diğer kameralar için kamera özellikleri yazılıma tanıtılarak koordinatlı görüntüler içerisinde veya harici bir dosya ile verilerek mozaik üretmek mümkündür. Pix4D çok yüksek çözünürlüklü görüntülerde eşleşme yaparken zorlanmaktadır. Tarımsal alanlardan Mozaik ve SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) oluşması için görüntüler uçuş yönünde en az %60, yanlardan ise en az %85 bindirilmelidir (Pix4D, 2016).

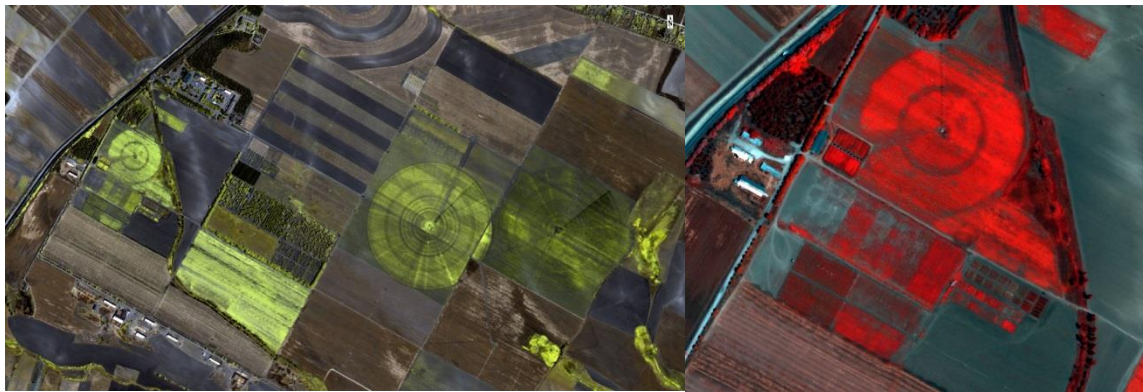
## Uydu Görüntüleri

Proje kapsamında veri toplama faaliyetlerinin yanı sıra, çeşitli elektro-optik ve SAR uydu görüntüleri de temin edilmektedir. Uydu görüntüleri çok zamanlı olarak planlanmıştır. Elektro-optik uydu görüntüleri 2.5 metre çözünürlüğünde Göktürk-2 ve 0.5 metre çözünürlüğünde WorldView-2 uydu görüntüleridir. TerraSAR-X uydusundan da HH ve VV polarizasyona sahip SAR görüntüleri çekilmektedir. NASA'dan EO-1 uydusu Hyperion görüntüleri talep edilerek bölgenin görüntülerin çekilmesi sağlanmıştır. Landsat 8 ile Sentinel-1 ve Sentinel-2 uyduları çalışma bölgesini devamlı görüntülemektedirler.

## Elektro-optik Uydular

Ticari uydu olan WorldView2 uydusu 1.84 m yersel çözünürlükte 8 spektral bant ve 0.46 m yersel çözünürlükte pan banda sahip yüksek çözünürlüklü uydudur. Uydunun sahip olduğu bantlar (kıyasal, mavi, yeşil, sarı, kırmızı, kırmızı kenarı, yakın IR1 ve yakın IR2) özellikle bitki örtüsüyle ilgili çalışmalarda önemli katkı sağlamaktadır. Kıyasal bant (400-450 nm) sağlıklı bitkilerde klorofil içeriğinin saptanmasında, kırmızı kenarı (705-745 nm) bitki sağlığının saptanması ve sınıflandırmada, yakın IR1 (770-895 nm) su miktarının ve bitki biokütlesinin belirlenmesinde, yakın IR2 ise atmosferik etkilerden daha az etkilenecek daha kapsamlı analiz yapılmasına olanak sağlamaktadır.

2015 yılında Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında birer görüntü, 2016 yılında ise Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında birer görüntü alınmıştır. Görüntü çekim tarihleri ürün gelişim ve hasat tarihleri dikkate alınarak belirlenmiş, çekim olasılığını artırmak amacıyla istenilen tarihin bir hafta öncesi ve sonrasını kapsayan tarih aralıkları seçilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Çalışma alanı NIR2/NIR1/Red Edge bantları (sol) ve NIR1/Kırmızı/Yeşil bantları WorldView-2 Görüntüleri (sağ).

İlk milli yüksek çözünürlüklü yer gözlem uydumuz olan Göktürk-2 uydusu 2.5 çözünürlüklü görüntüler

çekebilmektedir. 2015 ve 2016 yıllarında üçer adet görüntü çekilmiştir. Görüntüler farklı seviyelerde işlenerek projede zamansal analizlerde kullanılmak üzere hazırlanmışlardır (Teke, 2016).

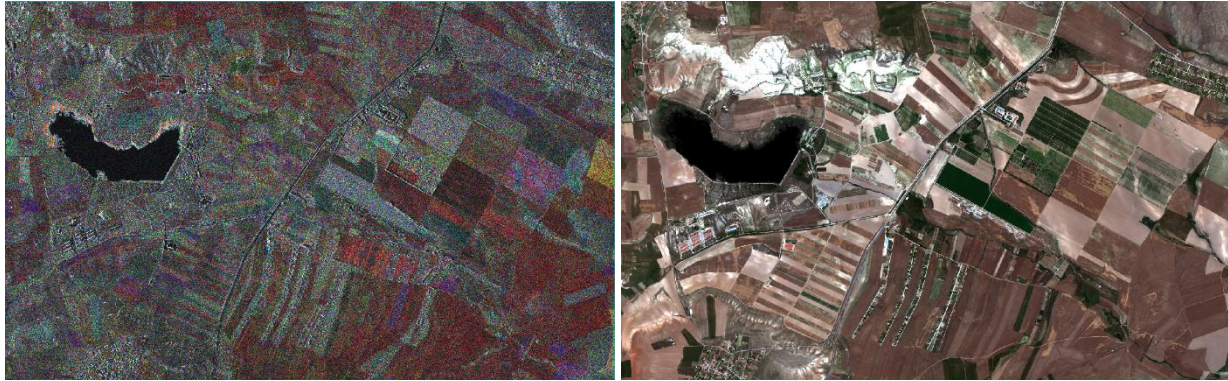
Hyperion, NASA uydusu olan EO-1 üzerindeki hiperspektral algılayıcıdır. EO-1, 2000 yılında uzaya gönderilen bir teknoloji gösterim uydusudur. Hyperion'un 220 tekil bandı vardır, bu bantların 198'inin kalibrasyonu yapılmaktadır. Tasarım ömrü 5 yıl olmasına rağmen görevini devam ettirmektedir. Haymana'daki proje alanına ait 2015 yılında 7 görüntü, 2016 yılında 8 görüntü alınmıştır.

## SAR Uyduları

Uzaktan algılamada kullanılan aktif radar görüntüleme, optik görüntülemeden farklı olarak, ürettiği elektromanyetik sinyalleri kendi antenleri vasıtasıyla yaymakta ve görüntülediği yüzeyden yansıyan sinyalleri yine kendi antenleri ile toplamaktadır. Bu bağlamda aktif algılayıcı olarak tanımlanan radarın günümüzde kullanımı hızla yaygınlaşan bir türü de Sentetik Açıklıklı Radardır (SAR). SAR radyo spektrumunda sinyal kullandığı için atmosfer ve hava koşullarından; aktif bir sensör olduğu için de güneş ışığından bağımsız olarak görüntüleme yapabilmektedir ve bu özellikleriyle optik algılayıcılara göre avantajlı duruma geçmektedir. Ancak SAR benek gürültüsü, optik görüntüler kadar spektral çözünürlüğe sahip olmaması, yana bakan görüntüleme geometrisi gibi önemli dezavantajları da bulunmaktadır.

SAR sinyallerinin dalgaboylarına ve polarizasyonuna göre bitki kanopisini penetre etme miktarı değişmektedir. Dalga boyu arttıkça sinyalin penetre kabiliyeti de artmaktadır. Örneğin; X-bant SAR sinyalleri genellikle sadece bitki kanopisinin üst bölümleri ile etkileşirken, L-bant sinyaller tüm bitki kanopisini aşarak altındaki toprakla da etkileşebilmektedir. Bu sayede SAR görüntüleri bitkilerin 3 boyuttaki yapısı ile ilgili önemli bilgiler taşımaktadır. X-bant HH polarizasyonlu SAR sinyallerinin VV polarizasyonlu sinyallere göre bitki yapılarını daha fazla penetre edebildiği ve yatay kanopiyle ve alttaki yüzey ile daha fazla etkileşebildiği bilinmektedir. VV polarizasyonlu sinyaller ise dikey yapılarla daha fazla etkileşmektedir. Bu nedenle polarizasyonu farklı sinyaller bitkilerin yapısal özellikleri ile ilgili farklı bilgiler taşırlar. Özellikle arazi topoğrafisi üretmek için kullanılan interferometrik SAR'ın, bitki gelişiminin izlenmesi açısından faydalı olacağı öngörülmüştür.

Şekil 5'de çalışma arazisine ait 12 Temmuz, 14 Ağustos ve 16 Eylül 2015 tarihlerinde çekilmiş; HH polarizasyonlu TerraSAR-X görüntüleri ile oluşturulan kompozit Kırmızı-Yeşil-Mavi görüntüsü ile 15 Eylül 2015 tarihine ait WorldView-2 görüntüsü yer almaktadır. Görüntüler incelendiğinde optik ve radar görüntülemenin farkları ortaya belirgin bir şekilde görülmektedir. 2015 yılı SAR görüntüleri ile yapılan tarım alanlarının sınıflandırılması çalışması (Demirkesen vd, 2016)'da sunulmuştur.



Şekil 5. 2015 Yılı TerraSAR-X (sol) ve WorldView-2 Görüntüleri.

## Yerden Veri Toplama

Havadan toplanan veriler ile uydu görüntülerinin çalışmalarda kullanılabilmesi için yüksek hassasiyetle yersel veri toplanması gerekmektedir. Projede havadan veri toplanan tarihlerde yersel ölçümler gerçekleştirilmiştir. Spektral imzalar, YAI (Yaprak Alan İndeksi), toprak altı nem ölçümleri, meteoroloji ölçümleri ve yaprak termometresi ölçümleri yerden veri toplama faaliyetleri kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## Yapraktan Spektral Ölçümler

Yaprak yapılan ölçümler ile bitkinin hatalık, su stresi ve gübre ihtiyacının analizi ölçülebilmektedir. Proje kapsamında yaprak ölçüğünde ölçümler gerçekleştirmek için ASD firmasının QualitySpec Trek (QS Trek) adında

el spektrometresi kullanılmaktadır (Şekil 6). QS TREK sahada ve laboratuvar ortamında hızlı ve kolay bir şekilde spektra toplayabilmek için tasarlanmış elde taşınabilir bir cihazdır. Cihaz ölçümler sırasında atmosfer koşullarından etkilenmemektedir ve ölçülecek nesneye temas ettirilerek ölçümler gerçekleştirilmektedir. TREK; 350-2500 nm arasında görünür, yakın kızılötesi ve kısa-dalga kızılötesi bölgelerde ölçüm yapabilen portatif bir cihazdır. Cihazı tek kişi kullanabilmekte, ölçümler için güneş ışığına ihtiyaç duymamakta ve üzerinde entegre GPS sahip olmasından dolayı kullanımı pratik bir cihazdır. Cihazın arayüzü pratik olmadığı için hazırlıkları sahada yapmak gerekmektedir. Ayrıca bitki üstü ölçüm yapmaya izin vermemektedir. Cihaz otomatik olarak kalibrasyon yapmaktadır fakat bu kalibrasyon zaman zaman çalışma süresini uzatmaktadır. Cihazında üzerindeki halojen lamba ürünleri yakabildiği için en az sayıda ölçüm (10 adet) yapılmaktadır.



Şekil 6. ASD Quality Spec Trek (sol) ve ASD Field Spec 3 (sağ) gerçekleştirilen ölçümler.

Bitki ölçümleri sırasında en iç kısımda kalan ve diğer yapraklara göre daha açık yeşil yaprak dahil olmak üzere sayılarak, 3. yapraktan ölçüm yapılmaktadır. Söz konusu bu yaprağın bitkiyi temsil eden yaprak olduğu değerlendirilmektedir. Ölçüm alanı parsel olarak ifade edilecek olursa, kenar etkisi nedeniyle parselin en dışında yer alan bitkilerden ölçüm alınmamaktadır. En dış sırada kalan bitkiler; rüzgâr, hava kirliliği, güneşlenme süresi gibi etkenlere en fazla maruz kalan bitkilerdir. Arpa, buğday, nohut, yonca, havuç, karabuğday ürünlerinin yaprak seviyesinde imzalarının toplanması, yapraklarının dar olması nedeniyle cihazın penceresine örnek kıskacı ile sıkıştırmak kolay olmamaktadır. Bu gibi durumlarda yaprak yüzeyine temas edilmeden yapraklar dalında koparılarak ölçümün gerçekleştirildiği durumlar olmuştur.

Birçok arazi çalışmasında; drone ve uydu görüntüleriyle karşılaştırmak adına, yaprağın ait olduğu topraktan da ölçümler alınmıştır. Yaprak-toprak-yaprak tekrarlamalı ölçümlerinde, ölçüm penceresinin temizlenmemesi durumunda, toprak partiküllerinin bir sonraki yaprak ölçümünü etkilediği gözlemlenmiştir. Ölçüm sayısı ve zaman kısıtı nedeniyle hızlı gerçekleştirilen ölçümlerde söz konusu bu detaya dikkat edilmesi tavsiye edilmektedir.

## Bitki-Üstü Spektral Ölçümler

Bitki üstü (top-of-canopy) gerçekleştirilen ölçümler bitkinin farklı evrelerinde toprağı örtme oranına göre bitki ve toprağın karışımını vermektedir. Ayrıca çiçek veya mahsul gelişim durumuna göre spektra değişebilmektedir. Bitki üstü gerçekleştirilen ölçümler ile yaprak alan indeksi (YAI) arasında ilişki kurularak bitkilerin gelişimleri takip edilebilir. Uydu ve havadan alınan görüntüler ile bitki üstü spektraller arasındaki ilinti yapraktan alınan spektrallara daha yüksektir.

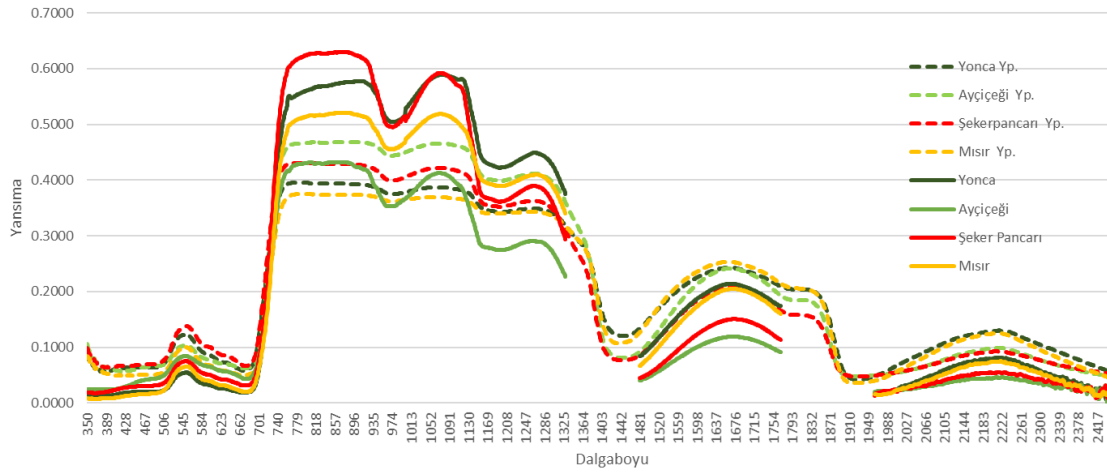
Projede bitki-üstü veri toplama faaliyetlerinde ASD FieldSpec3 (FS3) spektrometre kullanılmıştır. Havadan çekilecek görüntülerin çözünürlüğü ile uyumlu ölçüm alanı oluşturmak hedeflenmiştir. Bu amaçla, 8 derece lens kullanılarak yaklaşık 1 metre yükseklik sabit tutularak ölçümler yapılmıştır. Yükseklik 1 metre olduğunda ölçülen alanın çapı 0.14 m ve ölçülen dairenin alanı 153 cm<sup>2</sup> olmaktadır. Aynı ölçüm mesafesinin korunabilmesi için mısır ve ayçiçeği gibi yüksek bitkilerde yansımayı önlemek için siyah mat renkte boyanmış merdiven kullanılmıştır.

Ölçümlere başlamadan yansıma miktarı çok yüksek olan beyaz kalibrasyon hedeflerini kullanarak kalibrasyon yapmak gerekmektedir. Ölçümlerde referans tahtası olarak %99,5 yansıtıcılığa sahip LabSphere marka 25x25 cm<sup>2</sup> ölçülerindeki beyaz yüzey (Spectralon) kullanılmıştır. Yansıma oranı çok yüksek olmasına rağmen ağırlığı

nedeniyle arazide kullanımı pratik olmadığı için 2016 yılında %95 yansımaya sahip SphereOptics marka 20x20 cm<sup>2</sup> ölçülerindeki daha hafif yeni beyaz yüzeyin kullanımına geçilmiştir. Cihazın kalibrasyonu bozulduğunda uyarı vermekte ve ölçüm yapmaya devam etmemektedir. Arazi çalışmalarında cihazın bu uyarıyı vermesi beklenmeden yaklaşık 10 dakikalık periyotlar veya yeni bitki ölçümlerine geçilirken sık sık kalibrasyon işlemi tekrarlanmıştır.

Ölçümlerin en doğru şekilde yapılabilmesi için her bitkinin her ölçümde aynı saatlerde, güneş açısını mümkün olduğunca koruyacak şekilde ölçülmesine özen gösterilmiştir. Havanın kapalı olduğu zamanlarda ölçüm yapılmamış, parçalı bulutlu olduğu zamanlarda ise sadece bulutsuz anlarda ölçümler yapılmıştır. Havadaki değişimlerin kalibrasyonu bozduğu ve sonuçları olumsuz etkilediği gözlemlenmiştir. Rüzgârlı havalarda ölçüm alınmış fakat sonuçları etkilediği gözlenmiştir. Ölçüm için en ideal olanın, havanın güneşli ve açık olduğu, rüzgârsız havalarda olduğu görülmüştür. Ölçüm hatalarının etkisini azaltmak için, ölçümler dört tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Şekil 7 ile gösterilen ölçümlerde yaprak spektralleri (kesikli) birbirlerine benzerken, bitki üstü yapılan ölçümler arasında farklılıklar vardır. Ayçiçeğinin yaprakları diğer bitkilere göre farklılık göstermiştir. Bitki üstü yapılan ölçümlerde ise ürünler yapıları arasında çok farklılık olduğu için spektralleri de farklılığı göstermiştir.



Şekil 7. ASD Quality Spec Trek tarafından gerçekleştirilmiş yaprak ve ASD Field Spec 3 gerçekleştirilmiş bitki üstü ölçümler.

## Toprak Altı Nem Ölçümleri

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde Ortalama yıllık toplam yağış miktarı 409 mm'dir. Temmuz ve Ağustos ayları en sıcak ve kurak aylardır. Bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık 41 OC, en düşük sıcaklık -21.2 0<sup>C</sup> ve yıllık sıcaklık ortalaması 12.01<sup>C</sup>'dir. Deneme yeri toprağının kimyasal ve fiziksel özellikleri çizelge 3 ve 4'de verilmiştir. Çalışmanın yürütüldüğü alandan 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm'lerden alınan toprak örneklerine göre toprağın kil içeriği %56.4 ile %65.8 arasında değişiklik göstermekte olup killi (C) bünyeye sahiptir. Tarla Kapasitesi değerleri % 35.8 ile %37.0 değerinde solma noktası ise %17.8 ile %18.1 değerleri arasındadır. Toprağın kimyasal özelliklerinde ise Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri 0.54 dSm-1 ile 1.43 dSm-1 arasında değiştiğinden toprakta herhangi bir tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Toprakta Katyon Değişim Kapasiteleri (KDK) 41.32 me100g-1 ile 50.17 me100g-1 değerleri arasında değişmektedir. Organik madde miktarı %0.58-%1.76 arasındadır. Profillerin kireç oranı %14.38-%24.89 arasındadır. Araştırmanın yapılacağı topraklarda herhangi bir tuzluluk-alkalilik ve drenaj sorunu bulunmamaktadır. Bitkilerin sulanmasında kullanılan sulama suyu, çiftlik arazisinde mevcut olan göletten sağlanmakta olup sulama suyu ABD tuzluluk sınıfına göre T2A1'dir.

## Yaprak Alan İndeksi ve Diğer Ölçümler

Projede bitkilerin gelişimin spektral indeksler ile takip etmek amacıyla yaprak alan indeksi (YAI/LAI) ölçümleri gerçekleştirilmiştir. LAI ile bitkilerin gelişimleri yaprak alan indeksi değişimi ile takip edilebilir. Saha çalışmaları esnasında yaprak sıcaklık (kızılötesi termometre), klorofil miktarı (klorofil metre) ölçülmüştür. Çiftlikte bulunan meteoroloji istasyonlarından iklimsel ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Projede detaylı toprak etüt haritaları çıkarılmakta olup toprak tipi ve besin elementi gibi bilgiler hassas tarımın daha doğru yapılabilmesi için kullanılacaktır.

Proje kapsamında uydu ve drone görüntülerinin konumlanmasının yapılabilmesi için çalışma sahasına konulmak üzere 1x1 m<sup>2</sup> büyüklüğünde siyah-beyaz renklere boyanmış levhalar yer kontrol noktası olarak kullanılmıştır. Bu



levhalar dama tahtası gibi olup siyah ve beyaz renkli siyah ve beyaz renkler farklı sıcaklık değerlerine sahip oldukları için termal kameralar ile alınan görüntülerin konumlandırılmasında kullanılmaktadırlar. Bu GCP'lerin orta noktalarından TUSAGA AKTİF uyumlu çift frekanslı GNSS sistemli ile hassas koordinatları ölçülmüştür.

## Ürün Yetiştirme

Projede, buğday, arpa, çavdar, yulaf, mısır, şeker pancarı, ayçiçeği, aspir, nohut, yeşil mercimek, fasulye, yonca, erik, elma, vişne ve kiraz ürünleri analiz edilmektedir.

Tahıl grubu bitki tohumları Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsünden, şeker pancarı tohumları Şeker Fabrikalarından ve Kooperatiflerden, diğer tohumlar ise sertifikalı olmak üzere firmalardan temin edilmektedir. Kışlık bitki ekimleri ekim ve kasım aylarında, yazlık bitki ekimleri nisan aylarında tohum yatakları hazırlandıktan sonra uygun hava ve toprak koşullarına göre ekilmektedir.

## 3.HASSAS TARIM UYGULAMALARI

### Sınıflandırma

Arazide ekili ürünün bilinmesi gerçekleştirilecek hassas tarım uygulaması için gereklidir. Farklı ürünlerin su ve gübreleme ihtiyaçları farklıdır. Sınıflandırma için eğitilmiş ve eğitimsiz yöntemler kullanılabilir. Eğitilmiş sınıflandırma için kullanıcı/operatör desteği ile örnekler verilmektedir. Eğitimsiz yöntemler ise görüntüdeki veri gruplarını otomatik olarak tespit etmektedir. SVM veya nesne tabanlı sınıflandırma (OBIA) yanında son yıllarda derin öğrenme yapay sinir ağları (deep learning neural networks) çok hızlı gelişme göstermiştir.

Tek bir görüntüden sınıflandırma yapılabileceği gibi ürünlerin fenolojik gelişimlerine uygun çok zamanlı veya zaman serisi görüntüler de alınabilir. Birden fazla görüntü ile yapılan sınıflandırma daha yüksek başarıma sahip olabilmektedir(Teke, 2015). Birden fazla sensörün hiperspektral ve termal veya elektro optik ve termal veya elektro optik ve SAR gibi nesnelerin/bitkilerin farklı özelliklerini taşıdıkları için daha yüksek sınıflandırma doğruluğu sunabilmektedirler.

### Verim Haritalama

Doğru ve zamanlı reelte tahmini, tarım endüstrisinin hemen hemen bütün paydaşları için kritik bir konudur. Yerel ve küresel çapta ekonomik, stratejik ve finansal kararların alınmasında üreticilerden siyasi yönetimlere kadar uzun bir zincire önemli girdiler sağlamaktadır. Günümüzde uzaktan algılama konusunda önde gelen bazı ülkelerin, bazı stratejik tarım ürünleri için küresel çapta reelte tahmini ve takibi yaptığı bilinmektedir. Elektro-optik, radar, hiperspektral ve termal sensörlerle hasat öncesi belirli periyotlarda toplanan veriler direkt olarak veya bitki sağlığı, biyokütlesi, klorofil içeriği, su stresi, azot içeriği, Yaprak Alan İndeksi vb. göstergelerle ilişkilendirilmekte ve gerçekleşen reelte verileriyle aralarında matematiksel modeller oluşturulmaktadır. AKTAR Projesi en önemli amaçları arasında; çekilen hiperspektral, elektro-optik, termal ve radar görüntüleri kullanılarak buğday, mısır, arpa ve şeker pancarı gibi ülkemiz tarım ekonomisi için önemli ürünlerin reelte modellerinin oluşturulması da yer almaktadır.

Proje kapsamında verim haritalama teknolojisine sahip biçerdöverler ile arpa ve buğday ürünlerin verim haritaları çıkarılmıştır. Çıkarılan verim haritaları CBS ortamına aktarılarak elektro-optik ve SAR uyduları görüntüleri kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Arazide verimin değişimini görebilmek ve haritasını elde etmek için 2014 model New Holland marka TC-5070 tipi biçerdöver kullanılmıştır. Verim monitörleme, kayıt ve ölçüm cihazları ile donatılmış bulunan biçerdöver ile georeferanslı olarak anlık verim değerleri elde edilmiştir. Biçerdöverin depo kapasitesi 6 ton civarındadır. Biçerdöver biçme genişliği 5 m'dir. Biçerdöver yaklaşık 7 km/s hızla ilerlerken aslında saniyede 2 m yer değiştirmekte ve böylece 2x5 metrelik gridler halinde verim noktaları elde edilmektedir. Yapılan hasat sonucunun ham verileri kullanılarak New Holland verim yazılımında koordinatlı verim dağılım haritaları hazırlanmıştır. Biçerdöverdeki verim sistemi bir ekran üzerinden bir DGPS alıcı ile entegre edilmiş durumdadır. Çalışma sırasında veriler 1 sn aralıklarla ve konum bilgileri ile birlikte kaydedilmektedir. Biçerdöverde ayrıca bir adet nem sensörü bulunmakta anlık olarak verilerin nem değerlerini de kayıt altına almıştır. Verim haritası sayesinde arazi içindeki değişkenlik düzeyini görebilmekteyiz.

### Sulama

Projede farklı oranlarda sulama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yüzey altı damla sulaması, pivot sulama ve yağmurlama sulama ile farklı alanlar sulanmıştır. Özellikle termal kameralarda su stresinin tespiti mümkündür. Elektro-optik ve termal kameraların birlikte kullanımı ile düşük NDVI değerlerinin azot veya su eksikliğinden

tespiti kolaylıkla belirlenebilecektir.

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisinde kışlık ürünler buğday ve arpa olup bu bitkilerin 2015 yılının ekim ayı içerisinde ekimi yapılmış ve ekim ile birlikte taban gübresi verilmiştir. Nisan ve Mayıs aylarında ise iki kez sulama yapılarak bitkilerin su ihtiyacı karşılanmıştır. Temmuz ayı içerisinde ise hasat işlemi yapılmıştır.

Çalışma sahasında yazlık bitkiler olarak dane mısır, silajlık mısır, kuru fasulye ve ayçiçeği ekilmiştir. Center Yüzey altı damla sulama ile sulanan dane mısır, silajlık mısır, kuru fasulye ve yeni ekilen yonca bitkilerinde ise dört farklı sulama suyu miktarı uygulanarak su – verim ilişkileri araştırılmıştır.

Çok yıllık bitkilerden olan yonca da ise mevcut dördüncü yılında olan yonca yağmurlama sulama ile iki biçim arasında en az iki kez sulama yapılmış ve gelişimler izlenmiştir.

## Gübreleme

Uzaktan algılama ile gübrelemenin etkisinin tespiti için pivot sulama sistemi ile sulanan silajlık mısıra üç farklı dozda su ile birlikte eritilmiş azotlu gübre verilerek farklı gübre dozu oluşturulmuştur. Gübrelemenin etkisinin NIR ve kıvrımı kenar bantlar ile hiperspektral kameradaki görüntülerdeki etkileri üzerine çalışmalar devam etmektedir.

## Hastalık Tespiti

Projede hastalık taşıyan ürünlerden spektral örnekler alınmıştır. Patates, soya ve kuru fasulye ürünlerinden hastalık taşıyanlardan belirli zamanlarda örnekler alınmıştır.

## 4.SONUÇLAR

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi (AÜZF) ve TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (UZAY) arasında imzalanan protokol kapsamında gerçekleştirilen AKTAR projesi konusunda yürütülen ilk projedir. Böyle bir çalışmanın altyapısı her iki kurumun imkânları ile ortaya konulmuştur. Örneğin verilerin toplanması için çok ciddi bir cihaz parkı oluşturmak gerekmektedir. Benzer şekilde ürünler yetiştirilmesi ile sulama ve gübreleme deneylerinin gerçekleştirilebilmesi için alan uzmanlığı gerektirmektedir. Başka bir önemli konu da yetişmiş personel ihtiyacıdır.

Çalışma ile uzaktan algılama yöntemleri kullanılarak ülkemiz için kritik olan hassas tarım uygulamalarının fizibilitesi incelenmektedir. Kullanılan tüm veriler ile elde edilecek çıkarımlar sonucunda uygun yöntemler belirlenerek çiftçilere önerilerde bulunulacaktır. Proje sonunda, hangi veri ve hangi şartların hassas tarım uygulamalarında etkili olduğu bilgisi çıkarılarak bu tip uygulamalarda bulunmak isteyen çiftçilere öncülük edilecektir.

Proje'nin ilk iki yılında her iki kurumunda çok ciddi bilgi birikimi olmuştur. Çalışma ortamının oluşturulması ve veri toplama gibi faaliyetler projenin başarısı için çok önemli olmakla birlikte en çok tecrübe kazanılan alanlar olmuşturlar.

## TEŞEKKÜR VE BİLGİLENDİRME

Havadan veri toplama faaliyetlerinde görev alan Başteknisyen Erdiñ Berke'ye teşekkür etmeyi borç biliriz. Can Demirkeseñ UZAY Enstitüsü ve projeden Şubat 2016 itibari ile ayrılmıştır.

## KAYNAKLAR

**Bareth, G., Aasen, H., Bendig, J., Gnyp, M. L., Bolten, A., Jung, A., Soukkamäki, J.,** 2015, Low-weight and UAV-based hyperspectral full-frame cameras for monitoring crops: Spectral comparison with portable spectroradiometer measurements. *Photogrammetrie-Fernerkundung-Geoinformation*, 2015(1), 69-79.

**Demirkeseñ, C., Demirpolat, C., & Teke, M.,** 2016, Tarımsal Alanların Çok Zamanlı TerraSAR-X Görüntülerinde Morfolojik Profiller Kullanılarak Sınıflandırılması. *24. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU2016)*, (s. 1701-1704).

**Matese A, Toscano P, Di Gennaro SF, Genesio L, Vaccari FP, Primicerio J, Belli C, Zaldei A, Bianconi R, Gioli B.**, 2015, Intercomparison of uav, aircraft and satellite remote sensing platforms for precision viticulture. *Remote Sensing*. 7(3):2971-90.

**SHGM**, 2016, *Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İnsansız Hava Aracı ve Pilot Kayıt Sistemi*, <http://iha.shgm.gov.tr/index.html>

**Teke, M.**, 2016., Satellite Image Processing Workflow for RASAT and Göktürk-2. *Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 9(1).

**Teke, M., & Yardimci, Y.**, 2015, Classification of crops using multitemporal hyperion images. *Agro-Geoinformatics (Agro-geoinformatics), 2015 Fourth International Conference on*, (pp. 282-287).

**Teke, M., & Yardımcı, Y.**, 2016, Göktürk-2 Zaman Serisi Görüntüleri ile Ürün Sınıflandırma. *24. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı (SİU2016)*, (pp. 1-4).

**Teke, M., Deveci, H., Haliloglu, O., Gurbuz, S., & Sakarya, U.**, 2013, A short survey of hyperspectral remote sensing applications in agriculture. *Recent Advances in Space Technologies (RAST), 2013 6th International Conference on*, (pp. 171-176).

**Pix4D Vegetation Processing**, 2016, <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202560159-How-to-improve-the-outputs-of-dense-vegetation-areas-#gsc.tab=0>

**Zarco-Tejada, P., Hubbard, N., & Loudjani, P.**, 2014, Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers—Potential Support with the CAP 2014-2020. *Joint Research Centre (JRC) of the European Commission*.

**Zhang, N., Wang, M., & Wang, N.**, 2002, Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and Electronics in Agriculture*, 36(2), 113-132.

**Zhang, C., & Kovacs, J. M.**, 2012, The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*, 13(6), 693-712.