

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**İHA İLE TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HASSAS
UYGULAMALARI İLE AYÇİÇEĞİ HASSAS GÜBRELEME**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSNE ARIKAN

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

HAZİRAN 2019

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ BİLİŞİM ENSTİTÜSÜ

**İHA İLE TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HASSAS
UYGULAMALARI İLE AYÇİÇEĞİ HASSAS GÜBRELEME**



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**HÜSNE ARIKAN
(705141022)**

İletişim Sistemleri Anabilim Dalı

Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Sedef Kent Pınar

HAZİRAN 2019

İTÜ, Bilişim Enstitüsü'nün 705141022 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Hüsne ARIKAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İHA İLE TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HASSAS UYGULAMALARI İLE AYÇİÇEĞİ HASSAS GÜBRELEME” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : ~~Prof. Dr. Sedef Kent PINAR~~
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Mesut KARTAL**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Serdar KARGIN
Beykent Üniversitesi

Teslim Tarihi : 3 Mayıs 2019
Savunma Tarihi : 13 Haziran 2019



Babama,

ÖNSÖZ

Mühendislik mesleğimin en değerli yükseliş adımlarından biri olan bu tezi hazırlamamda meslek değerlerimi dikkate alarak,

Her daim hoşgörü ve sabır göstererek bilgi ve tecrübeleri ile bana destek veren değerli hocam sayın Prof. Dr. Sedef Kent PINAR'a

İnsani ve ahlaki değerleri ile de örnek aldığım, ilmi ile herdaim beni besleyen, yanında çalışmaktan onur duyduğum, yaptığım çalışmayı hayata geçirmemi sağlayan babam Mehmet ARIKAN' a

Bu çalışmayı hazırlarken geçirdiğim süreçte benden yardımlarını esirgemeyen General Mobile ARGE çalışanlarına ve yönetimine ve bilhassa Genel Müdür Muzaffer GÖLCÜ' ye ve Engin BAŞARSLAN' a teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2019

Hüsne ARIKAN
Proje Yöneticisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
KISALTMALAR.....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY.....	xvii
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Sürdürülebilir Tarım.....	2
1.1.1. Sürdürülebilir tarımın çevresel boyutu.....	4
1.1.2. Sürdürülebilir tarımın sosyal boyutu.....	5
1.1.3. Sürdürülebilir tarımın ekonomik boyutu.....	5
2.İHA TEKNOLOJİLERİ VE TARIMSAL UYGULAMALAR.....	9
2.1 İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması.....	10
2.2 İnsansız Hava Araçlarının Tarımda Kullanımı.....	12
3. TARIM ALANLARINDA İHA İLE NDVI HARİTALAMA.....	21
3.1 NDVI Yöntemi İle Meralardaki Vejetasyonun İncelenmesi Örneği.....	23
4. İHA İLE AYÇİÇEĞİ GÜBRELEME HARİTASININ OLUŞTURULMASI	27
4.1 Çalışmanın Uygulama Alanı.....	27
4.2 İHA Uçuş Bilgileri.....	28
4.2.1 İHA sistemlerinin tanımı.....	29
4.3 Toplanan Verilerin İşlenmesi.....	30
5. UYGULAMA ÇIKTISI.....	35
6. SONUÇ.....	37
KAYNAKLAR.....	39
EKLER.....	43
ÖZGEÇMİŞ.....	45



KISALTMALAR

NDVI : Normalize Edilmiş Farklılık Bitki Örtüsü İndeksi

İHA : İnsansız Hava Araçları

BM : Birleşmiş Milletler

UVA : Ultraviyole ışınları (büyük)

NIR : Yakın Kızılötesi Reflektivite

RED : Kırmızı Yansım Oranı

sUAV : Mini İnsansız Hava Araçları

N : Azot

RGB : Red Green Blue

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: İnsansız hava araçlarının uçuş mesafesi ve irtifalarına göre sınıflandırılması.	12
Çizelge 2.2: Fenotip belirlemede kullanılan bazı mini insansız hava aracı (İHA) tipleri.	18
Çizelge 2.3: Fenotip belirlemede kullanılan sensörler.	19
Çizelge 4.1: İHA uçuş bilgileri.	28
Çizelge 4.2: DJI Phantom 3 PRO Teknik Özellikler.....	29
Çizelge 4.3: PARROT SEQUOIA teknik özellikler.	29
Çizelge 4.4: PARROT SEQUOIA kamera özellikleri.	30



ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Sürdürülebilir tarımın 3 temel kavramı	4
Şekil 2.1: Sabit kanatlı insansız hava araçları (AeroVironment/ Smart C2).....	11
Şekil 2.2: Döner kanatlı İHA (DJI Agras).....	12
Şekil 2.3: Tarımda insansız hava araçlarının kullanım alanları	14
Şekil 2.4: Tarım ilaçlaması yapan İHA (DJI MG-1S).....	16
Şekil 2.5: Makine Görme Tarım Robotu	17
Şekil 3.1: Örnek NDVI değerleri	22
Şekil 3.2: Yıllık NDVI veri medyan görüntüleri (Mermer ve ark, 2011)	24
Şekil 3.3: Doğu Anadolu meraları NDVI yansımalarındaki değişim (Mermer ve ark, 2011)	25
Şekil 4.1: Uygulama alanı.....	28
Şekil 4.2: PARROT SEQUOIA kamera görseli	30
Şekil 4.3: Ayçiçeği tarlası NDVI haritası.....	31
Şekil 4.4: El terminali ile alınan dataların NDVI değerleri ile renklendirilmesi	32
Şekil 4.5: Toprak analizine göre renklendirilen ayçiçeği arazisi	33
Şekil 5.1: Aynı alana ait a) NDVI ölçüm haritası b) Gridlere bölünmüş gübreleme Haritası c) Çiftçi gübreleme haritası	35



İHA İLE TARIMDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK VE HASSAS TARIM UYGULAMALARI İLE AYÇİÇEĞİ HASSAS GÜBRELEME

ÖZET

Gelişen insansız hava araçları(İHA) teknolojileri ile beraber tarımsal alanda hastalık tespiti ve verimlilik artırma çalışmaları, uydudan alınan verilere göre çok daha kaliteli ve ihtiyaca yönelik hızlı ve güvenilir, daha uygun maliyetli olmaktadır. İHA ile yapılan çalışmalar GPS ile konum detayı alınarak ve otomatik olarak yerdeki çiftçi kontrolünde yabancı otların kontrolü, bitki hastalıkları, toprak çeşitliliği, ürün olgunluğu, gübreleme, don izlemesi uygulamaları oluşturmakta, ve bu uygulamaların neticesinde tarım ürününe göre farklı çalışmalar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Bu kolaylıklarla birlikte son yıllarda, tarım üreticileri gerçek zamanlı olarak uzaktan algılama ile çok fazla iş gücü gerektiren zirai işlerde ve üretimde verimlilik tahmini çalışmalarında genel olarak insansız hava araçlarının kullanımına odaklanmaktadır.

Tarım için elverişli iklim koşulları ile birlikte, ülkemiz piyasa ekonomisinin rekabet edebilirliği için gerekli olan hiçbir teknik donanımı daha ileri seviyelere çıkarmak ve buna bağlı olarak, çiftçilerin ürün kalitesini ve bütünlüğünü korurken üretim maliyetlerini azaltabileceği bu çalışmada İHA'lar ile verimlilik artırımına odaklanmaktadır. İnsansız Hava Araçları (İHA) uzun süredir, her bir bitki yaprağı kültürünün analizine yönelik görüntü yakalama, toprak su tutma kapasitesi veya özellikle dağınık alanlara sahip bölgelerde yetişen büyük tarımsal redüktörler için sulama sistemleri gibi yöntemlerle tarımda verimliliği artırmıştır. İHA sistemlerinin tasarımı, geliştirilmesi ve uygulanmasında aerodinamik, elektronik, malzeme yapısı, bilgisayar programlama, ekonomi gibi birçok mühendislik disiplini bulunmaktadır ve teknoloji çok hızlı ilerledikçe ilgili alanlardaki bilgi düzeyi sürekli olarak değişmekte ve buna bağlı olarak sistemler uygulanmaktadır. İHA üzerine yerleştirilen multispektral kamera ve dolayısıyla sensörler ile yapılan bitki yaprakları taraması ile NDVI *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeks yöntemi kullanılarak uzaktan algılama ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiş ve elde edilen değerler sonucunda gübreleme haritaları oluşturulmuştur.

NDVI (normalize edilmiş farklı bitki örtüsü indeksi), mahsul sağlığını ölçmek için uzun zamandır kullanılan bir ölçümdür. Klorofil, fotosentez yapan canlı yeşil bitkilerde bulunan pigment görünür ışığını güçlü bir şekilde emer. Bu temel kavramlarla NDVI'nin izlediği kuralları özetlersek: bitki örtüsü görünür ışığı güçlü bir şekilde emer ve yakın kızılötesi ışığı güçlü bir şekilde yansıtır. Analitik işlemi basitleştirmek için, kırmızı renk, NDVI'nin belirlenmesinde görünür spektrumu temsil etmek üzere seçilmiştir.

Bu çalışma İHA ile uzaktan algılama da kullanılan sensörlerin ayçiçeği üretiminde toprakta gübreleme haritası oluşturmayı ve en uygun ayçiçeği yaşama ortamının tespiti için daha önce Tübitak'a sunulmak üzere yapılmış bir çalışmadan ilgili dataların alınması, işlenmesi ve İHA'ların tarım uygulamalarında kullanımını ile ilgili son günlerde yaşanan gelişmeleri özetlemeyi hedeflemektedir.

Anahtar Sözcükler: İnsansız Hava Aracı, NDVI, ayçiçeği, hava robotiği, toprak kalite tahmini, mahsul takibi



SUNFLOWER PRECISE FERTILIZATION WITH SUSTAINABILITY AND PRECISION AGRICULTURAL APPLICATIONS

SUMMARY

With the development of unmanned aerial vehicles (UAV) technologies, disease detection and efficiency increase studies in agricultural areas are more cost-effective, faster and more reliable than satellite-based data. The studies carried out with the UAV provide the location details with GPS and the control of weeds on the ground in the farmer control, plant diseases, soil diversity, product maturity, fertilization, frost monitoring applications and, as a result of these practices, allows different studies according to the agricultural product. Together with these facilities, agricultural producers in recent years have focused on the use of unmanned aerial vehicles in agricultural works, which require a lot of workforce in remote sensing in real-time, and in their efficiency-in-production studies. In addition to favorable climatic conditions for agriculture, our country focuses on increasing the technical equipment required for the competitiveness of the market economy and, accordingly, increasing the productivity of UAVs in this study where farmers can reduce their production costs while maintaining product quality and integrity. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have increased productivity in agriculture for a long time by methods such as image capture for the analysis of each plant leaf culture, soil water retention capacity or irrigation systems for large agricultural rodders growing in areas with particularly dispersed areas. There are many engineering disciplines such as aerodynamics, electronics, material structure, computer programming and economics in the design, development and implementation of UAV systems, and as the technology progresses very rapidly, the level of knowledge in the relevant fields is constantly changing and the systems are adapted accordingly. NDVI Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was used for the detection and analysis of the plant leaves by using the multispectral camera placed on the UAV.

NDVI (normalized difference vegetation index) is a long-standing measurement to measure crop health. Chlorophyll strongly absorbs the pigment visible light found in vivid green plants making photosynthesis. To summarize the rules that NDVI follows with these basic concepts: the vegetation strongly absorbs visible light and strongly reflects near infrared light. To simplify the analytical process, the red color was selected to represent the apparent spectrum in determining NDVI.

The chlorophyll content of the plant can be interpreted according to the green and non-green changes of the plant in a selected time period considering the growing status of the plants in the agricultural area. Plants' developmental characteristics and changing climatic characteristics can be examined with specific phenological calendars. Biomass indexes may occur in different variations depending on pasture development, change in the earth and climate.

Plant vegetation maps are created according to these indexes and it provides convenience for agricultural workers. However, it should be noted that, due to the very different vegetation and soil properties calendars is very different ecosystems in Turkey has been emerging medium. Sustainable agriculture and clean ecological areas have always been important parameters for humanity. These are the rules that are obligatory for the control of plant diseases and pests, minimizing the use of chemical products, not polluting the soil, protection of water resources and sustainable agricultural areas. In our country, where the agricultural production system is spread over large areas, the input amount is low compared to the industrialized products. In our country, there is an intensive effort in the absence of intense agricultural pollution and the repeated use of agricultural areas. Therefore, the developing technology and smart agricultural technologies offered to the producers provide an advantage in terms of sustainability in agriculture. Efforts to increase agricultural productivity can be provided by unmanned aerial vehicle, which provides an advantage to the producer as a cheaper and practical solution, for example by applying the drugs on the desired land. As shown in many examples, unmanned aerial vehicles are becoming widespread today. UAVs, which will be able to examine and monitor almost all agricultural needs in any field, will develop in the future and serve more purposes. With more realistic measurement of climate data, the damages that may occur in these areas will be minimized. In this way, time savings will be achieved. It is a fact that we will need more production in the near future. In order to achieve this production, the yield taken from the unit area should be increased. Unmanned Aerial Vehicles will have an important place among the factors that will ensure this efficiency. The obtained maps were compared with soil tests and the input maps with variable rate specific to that plant were extracted. Fertilization areas of the agricultural areas were determined on the map, placed on the map in accordance with the coordinate data of the soil analysis of these areas, and NDVI vegetation index maps were processed in this area. Variable-rate fertilizer application maps can be applied with visual visualization of new generation agricultural machines divided into cm-precision grids, if the old generation manual application, rounding the agricultural areas close to the value of the field by turning the field into three-color fertilizer in which regions the fertilizer in which regions will a map was created showing on a visual.

This work concentrates on the topic of remote sensing using a multispectral imaging system for agricultural management and agriculture applications. The process, which is a light-weight inexpensive runway-free unmanned aerial vehicle (UAV), is presented initially. A major portion of this work focuses on the development of a light-weight multispectral imager payload for the agricultural platform. The imager is band-reconfigurable, covering both visual red, green, and blue (RGB) and nearinfrared (NIR) spectrum, and interfaced with UAV on-board computer. The development of the image processing techniques, which are based on the collected multispectral aerial images, is also presented in this work. The collected data are visuals taken for a limited area in different spectra. First of all, these visuals were combined to obtain a single image covering the whole agricultural area.

The image processing studies were first transferred to the Pix4D software of the images collected with the Parrot Sequoia multispectral camera IHA and orthophoto images were obtained. This orthophoto has been converted to index calculations. The resulting plant index maps were converted to variable rate input application maps and the application outputs were obtained. The percentage of nitrogen colored with green is shown as the highest and the percentage of nitrogen colored with red is the lowest.

As mentioned above, it was observed that the soil samples and the values obtained by remote sensing overlap with each other. Sunflower - Narrow band NDVI 3 (0.920 - 0.696) - $R^2 = 0.79$ with the map of the sunflower field is shown in Figure 4.3. In order to measure the authenticity of the application, values were collected with the local detection tool (Greenseeker). Since the data obtained by terrestrial detection is not used efficiently in large agricultural areas, these data are only used to check the overlap and measure the accuracy of the data obtained with UAV. Although it is not possible for the data obtained from the ground to overlap with the data obtained from the air, the collected data were compatible with each other.

This study was carried out in the soil production of sensors used in remote sensing with UAV, to produce fertilization map in soil and to get the relevant data from Tubitak for the determination of the most suitable sunflower living environment, processing and the use of UAVs in agricultural applications. aims to summarize the developments.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, NDVI, sunflower, aerial robotics, soil quality estimation, crop monitoring



1. GİRİŞ

İnsanlık tarihinin başlangıcından beri insanoğlunun en önemli uğraşlarından biri olan tarımsal faaliyetleri ve tarımsal verimliliği artırmaya yönelik çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Üç tarafı denizlerle çevrili olan ülkemizde meteorolojik durumlar, orta kuşakta yer alması ve engebeli bir topoğrafyaya sahip olmasının da etkisiyle çok çeşitlilik göstermektedir. Doğal bitki örtüsü, toprak yapısı, güneşlenme süresi bu çeşitliliği etkileyen en önemli faktörlerdendir. Ülkemizde dört mevsimin yaşanması bitki örtüsü çeşitliliğini etkilemekte ve tarımın da gelişiminde belirleyici rol üstlenmektedir. Engebeli bir topoğrafya yapısına sahip olması aynı bölge içerisinde farklı mevsimlerin yaşanmasını sağlamakta ve bu durum tarımsal çeşitliliği de beraberinde getirmektedir. Arazi kullanımı, arazi yapısı ve iklim özellikleri arasında doğrudan bir bağ olduğundan Türkiye’de farklı ekolojik bölgelerde özel tarımsal ürün üretimi imkanı sağlanmaktadır.

Tarımsal üretimin devam etmesi tartışmasız gereklidir. Ancak dünya nüfusunun giderek artması beraberinde gıda güvencesinde ciddi sorunları da beraberinde getirmektedir. İşlenebilir tarım arazilerinin azalması, verimli tarım arazilerinin amacına uygun kullanılmaması, tarımsal kirlilik, zirai ilaçların bilinçsiz kullanımı vb. parametreler tarım arazilerini kullanılmaz hale getirmekte, toprak verimliliğini azaltmakta ve gelecekte gıda güvenliği ve kalite sorununu yaratmaktadır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de yapılan yanlış tarımsal uygulamalar doğal dengeyi bozmaktadır. Tarımdaki çeşitlilik ve gelişen teknolojik uygulamalar beraberinde birtakım zararı da getirmektedir. Bu zararı engellemek de ancak sürdürülebilir tarım tekniklerini benimsemekle gerçekleşecektir. Sürdürülebilir bir tarım için de doğal kaynakların korunması gerekmektedir. Tarımsal verimliliğin artması ve sürdürülebilir tarımın devamlılığı amacıyla gelişen teknolojik gelişmeler İHA (İnsansız Hava Araçları)’nın kullanımı olanağını sağlamıştır. İHA sayesinde uzaktan izleme, takip , sınıflandırma, vejetasyon gelişimi, hastalık takibi, sulama ihtiyacı gibi birçok alanda tarıma hizmet vermektedir.

1.1 Sürdürülebilir Tarım

Tarım, insan ve doğanın en fazla temasta bulunduğu sektör olmakla birlikte insanoğlunun ekonomik anlamdaki ilk aktivitesidir. İnsanlar, toprağı işleyerek bu sayede hem kendilerinin hem de hayvanların beslenmesi ve doğal olarak da yiyecek ve giyecek gibi temel hayvansal ürünleri de elde etmişlerdir. Toplu ve yerleşik hayata geçiş ile birlikte insanların ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla toprağı olan bağımlılıkları da artmıştır. Tarımın yaygınlaşması ve bunu takiben meydana gelen teknolojik gelişmeler, talep artışı ve farklılaşması sanayileşme ve uluslararası ticareti de beraberinde getirmiştir. Bu sebeple günümüzde tarım ekonomik, sosyal ve politik yönden de oldukça önemli bir unsurdur. Tarımın çok yönlü oluşu ve gelişen yeni tarımsal tekniklerin getirdiğı problemler ise ancak yine çok yönlü ve modern uygulamaların zararlarını giderici yönde adımlar ile sağlayabilecektir. Sürdürülebilir tarım da bu adımlardan biridir.

Tarım olarak bakıldığında sürdürülebilir tarım; sahip olduğumuz doğal kaynakların, çiftçilerin ve çevrenin korunarak yeterli miktarda ve kaliteli gıda üretimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Farklı bir deyişle sürdürülebilir tarım, üretilen gıdayı garanti altına almanın, hem üreticiyi hem de tüketiciyi koruma altına alınması ve toprak, su gibi doğal kaynakların da sürdürülebilir bir şekilde uygun kullanımını amaçlayan ve mahsul kalitesindeki besin değerlerini koruma, topraktaki kimyasal tüketimini azaltma, mahsul verimliliğini arttırmayı beraberinde getiren tarım uygulamasıdır. Bu uygulamanın sosyal anlamdaki amacı ise hem tüketiciye sağlıklı ürün sağlamak hem de üreticinin de refah seviyesini artırmaktır (ATTRA, 2005). IFAS'ın tanımına göre ise sürdürülebilir tarım, çevrenin korunmasını, ekonomik anlamda kar sağlanmasını ve sonucunda da hem ekonomik hem de sosyal anlamda eşitliğin sağlanmasını karşılayan bir kavramdır (IFAS, 2008). Bu sebeple sürdürülebilir tarım besin, su, toprak, pestisitler ile mücadele, sosyal ve ekonomik kazanç, dışarıya bağımlılığın dereceli olarak azaltılması gibi birçok farklı kavramın bütünleşik bir şekilde yürütülmesini amaçlamaktadır. Bunların yanında hayvanların refahının da korunması sürdürülebilir tarımın ilkelerinden biridir. Sürdürülebilir tarım, çevreye zarar vermeden toplulukların refahına katkı sağlamak amacıyla ortaya çıkmış bir tarım yaklaşımıdır. Fakat basit gibi görünen bu amaç hayata geçirildiğinde, tarımın çevreye zarar vermeksizin ihtiyaçları karşılarken toplulukların gelişimine katkıda bulunması kompleks bir çalışma alanı ortaya çıkarmaktadır (Feenstra, 1997)

Dünyada nüfusun hızla artması beraberinde gıda ihtiyacını da getirdiğinden buna karşı birçok yöntem geliştirmekte ve geliştirilmeye devam etmektedir. Tarım alanlarının genişlemesi gibi bir durum söz konusu olamayacağından var olan alandan daha fazla verim alma gibi çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Kullanılan girdi miktarını arttırmak bu yöntemlerden biridir. Verim üzerinde artış sağlayan bu yöntem doğal kaynaklar ve çevre üzerinde olumsuz etkiye de neden olabilmektedir.

Girdilerin yoğun bir şekilde kullanıldığı tarıma dayalı sanayide hammadde kaynakları sağlayan sektörler doğal kaynak koruması ve sürdürülebilir olması büyük önem taşımaktadır. Bundan dolayı da bu hammadde üretimi yapan üreticilerin doğal kaynak korunmasına ve sürdürülebilir tarım bilincine varmış olması gerekir. Sürdürülebilir tarımın bugüne kadar yapılmış tanımlarına bakıldığında, uygulanmakta olan geleneksel tarım yöntemleri ve teknolojinin ilerlemesiyle birlikte oldukça gelişmiş, fakat birçok ağır sentetiklerin yanı sıra dış girdilere de bağımlı olan modern tarıma bir alternatif olarak ortaya çıktığı açıkça anlaşılmaktadır. Bireysel düşünmek yerine toplumsal olarak benimsememiz gereken gerçekler vardır (Schaller, 1993:89-90; Turhan, 2005:13-14). Bunlar;

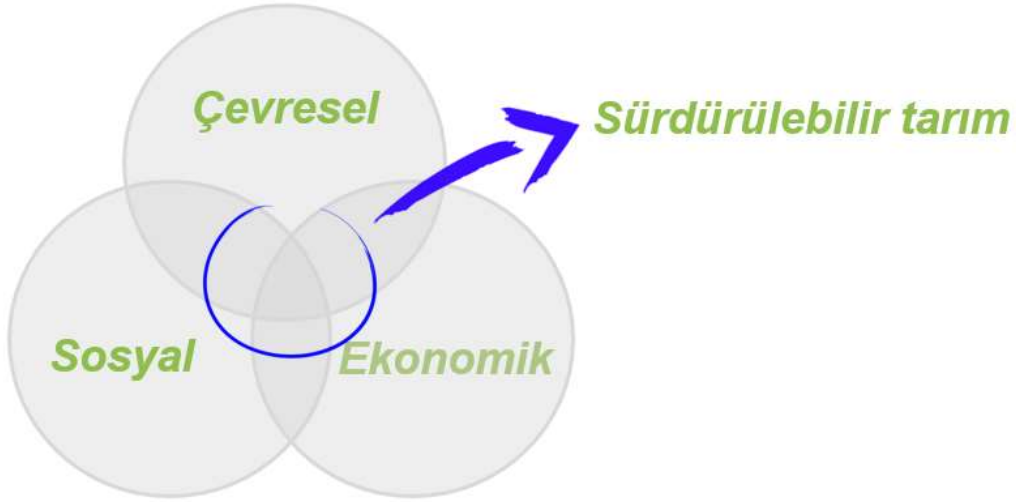
- Tarım kaynakları sınırsız değildir.
- Doğal dengeyi bozmak suretiyle yapılan tarım sürekli ve verimli bir kazanç sağlamaz.

Bu sebeple; yeterli gıda, koruma, toplumsal hayatın devamlılığı tarımda sürdürülebilirliğin üç temel ilkesidir (Smith ve McDonald, 1998).

- Yeterli gıda; kar elde etme kısıtlamasına bağlı olarak en fazla ürün elde etme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır.
- Koruma; tarım yaparken bir yandan da çevreye verilen zararın minimuma indirilmeye çalışılması olarak tanımlanmaktadır.
- Toplumsal hayatın devamlılığı; sosyal ve ekonomik açıdan hayatın sürdürülebildiği sistemlerin geliştirilerek devamlılığın sağlanması olarak tanımlanmaktadır.

Bu ilkeler sürdürülebilir tarımın çevresel, ekonomik ve sosyal olmak üzere üç temel kavram üzerinde odaklandığını göstermektedir (Şekil 1.1) (Tan ve Köksal, 2004:1-2; Yunlong ve Smith, 1994). Sürdürülebilir tarım dan bahsetmek için bu kavramlardan

tek tek bahsetmek mümkün değildir. Bu kavramların her biri bir diğerini etkilemektedir. Yalnızca bir veya iki kavram ile sürdürülebilir tarım açısından istenilen sonuç elde edilememektedir. Örneğin, alınan ekonomik kararlar çevresel ve sosyal sonuçları da etkilemektedir.



Şekil 1.1: Sürdürülebilir tarımın 3 temel kavramı

1.1.1 Sürdürülebilir tarımın çevresel boyutu

Sürdürülebilir tarımın çevresellik kavramı verimliliğin sürekliliği, biyolojik süreklilik ve ekosistemlerin işleyişi gibi konular üzerinde durur. Su ve toprak gibi doğal kaynakların uzun vadede işlevselliğinin devamının sağlanmasına, biyolojik ve genetik çeşitliliğin korunmasına dikkat çeker. Çevresel sürdürülebilirlik birçok farklı kaynak tarafından tanımlanmış ve tartışılmıştır. Bu tanımlamalardan en dikkat çeken UKCES tarafından yapılmıştır.

Sürdürülebilir tarım için en önemli problemlerden biri fosil yakıtlar gibi yenilenemeyen kaynakların sürdürülebilmesi dir. Sürdürülebilir tarım genel anlamda doğal ekosisteme oldukça az veya hiç negatif etkisi olmayan ekolojik olarak ideal olarak ifade edilmektedir. Fakat bunun yanında doğal kaynaklara ve vahşi yaşama da pozitif etkide bulunmayı da amaçlamaktadır. Örneğin, yanlış tarım uygulamaları sonucunda zarar görmüş arazilerin tekrar tarıma kazandırılması ve zararın giderilmesi bu amaçlar arasında sayılabilir. Sürdürülebilir tarım uygulamaları ile yenilenebilir doğal kaynakların geri dönüşümü, korunması sağlanabilir. Sürdürülebilir tarım ile başarılı bir üretimin merkezinde “sağlıklı toprak” vardır. Toprak sağlıklı olursa tohumları besleyerek verimi arttırır. Ekolojik anlamda bakıldığında toprağın

verimliliği bitkiyi besleyecek yeterli organik materyal, topraktaki organizmaların beslenmesi için gerekli biyolojik madde içeriği ile sağlanmaktadır. Eğer toprak iyi durumda değil ise iyileştirme ve ıslah için birkaç yıl gibi bir süre gerekebilmektedir. Bu yaklaşım sentetik gübre kullanımına karşı çıkmamakta aksine doğal materyali desteklemek adına bu gübrelerin kullanılması gerektiğini de savunmaktadır. Fakat birçok farklı sentetik gübre mevcuttur. Yapılan toprak analizleri sonucuna göre kullanılacak olan sentetik gübre tipi ve uygulama metodu belirlenmelidir.

Sürdürülebilir tarımda sentetik kimyasalların topraktaki organizmalar üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu bilinmektedir. Sağlıklı ve dengeli bir ekosistem elde etmek zaman alan bir süreçtir. Bu sebeple sürdürülebilir tarıma geçişte tek seferde tek bir hamle yapılarak aşamalı bir şekilde ilerlemelidir. Her ne kadar bu yaklaşımın sürdürülebilir tarımın başarı ile sonuçlanacağı yönünde oldukça yaygın bir görüş olsa da henüz sürdürülebilir tarımın her çiftlikte başarılı bir şekilde gerçekleştiğini gösteren bir model yoktur. Bu yüzden sürdürülebilir tarım için gerekli kavramlar her çiftliğe özgü değerlendirilerek uygulamaya geçilmelidir (UKCES, 2012).

1.1.2. Sürdürülebilir tarımın sosyal boyutu

Sosyal anlamda sürdürülebilir tarım insanın sürekli olarak karşılanmak durumunda olan barınma, beslenme gibi zaruri ihtiyaçlarının devamlı olarak karşılanmasını amaçlamaktadır. Aynı zamanda bireylerin zamanla değişen ve gelişen eğitim, güvenlik, istihdam özgürlük ve güvenlik gibi sosyal veya kültürel gereksinimlerinin de karşılanmasındaki sürekliliği de sağlamayı amaçlamaktadır (Turhan, 2005). Sosyal anlamdaki sürdürülebilirlik bulunduğu topluluğun bir parçası olarak çiftlikte çalışan ve yaşayan kişilerin yaşam kalitesi ve standartları ile yakından ilişkilidir.

Çalışanlara eşit davranılması, pozitif çiftlik ilişkileri, tüketici ile birebir iletişim, malzemelerin uzaktaki bir firmadan veya marketten sağlanması yerini yerel bir işletmeden temin edilmesi gibi unsurlar sosyal sürdürülebilirlik kavramı içerisinde değerlendirilebilir.

1.1.3. Sürdürülebilir tarımın ekonomik boyutu

Ekonomik açıdan bakıldığında sürdürülebilir tarımın amacı üreticiler için uzun vadeli devamlılık ve dolayısıyla uzun vadeli ve sürekli bir kazanç sağlamaktır. Ekonomik anlamdaki olumsuzluklar ürün fiyatlarında düşüş, üretimin azalması, üretim

maliyetinin artması gibi problemlere neden olmaktadır. Bu problemler ise üretici işletmelerin ekonomik anlamdaki varlığını olumsuz yönde etkilemekte ve buna bağlı olarak da sürdürülebilirlik kavramı tehlikeye girmektedir.

Gerçek anlamda sürdürülebilir tarım için ekonomik olarak uygun bir çiftlik gereklidir. Sürdürülebilir üretim metodunun sosyal ve çevresel faydaları genelde hemen ekonomik bir kazançla dönüşmez. Örneğin; bir çiftlikte üretilen ürün çeşitliliğinin ve marketlerin arttırılması finansal anlamda bir risk teşkil eder. Zamanla sürdürülebilir tarım ile kalitesi geliştirilen toprak, su ve diğer çevresel faktörler çiftliğin değerini arttırabilir. Ürünlerin direkt olarak yerel marketlere satılması yakıt ve taşıma masraflarını düşürür. Üretim masrafları ise sürdürülebilir metodlarla çeşitli şekillerde etkilenebilir.

Sürdürülebilir tarım uygulanan çiftliklerde genellikle gübre ve pestisit maliyeti düşüktür. Çünkü örneğin; baklagiller ve ürün rotasyonu genellikle sentetik alternatiflerinden daha az maliyetlidir. Ekim için gerekli malzemelerin maliyeti kendi tohumlarını kullanan ve kendi stoğunu yapan çiftçiler için daha az olurken organik ekim materyalleri kullanan çiftçiler için tohumlar ve diğer malzemeler daha maliyetlidir. Bunun sonucunda ise sürdürülebilir tarım uygulamalarını kullanan çiftlikler geleneksel tarım uygulamalarını kullanan meslektaşlarından daha fazla kar sağlar. Fakat durum tam tersi de olabilir. Tüm bunlara ek olarak tohum üretim metodu, yönetim, pazarlama yetenekleri ve deneyim gibi birçok faktör de kar-zarar durumunu etkileyebilmektedir (UKCES, 2012).

1.1.4. Sürdürülebilir tarım ve kırsal kalkınma ilişkisi

Kırsal kalkınma daha çok sosyal, ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasının amaçlanarak sürdürülebilir bir kalkınma amaçlamaktadır. Kalkınmanın sürdürülebilirliği gıda güvenliği, güvencesi, istihdam artışı, çevre kaynaklarının korunması olarak örneklendirilebilir. Bu terimler küresel piyasa da stratejik ve sektör bazında planlamalarda kullanılmaktadır. Böylelikle kırsal kalkınma ülke ekonomisi ve geleceği açısından önemlidir. 1992 yılındaki BM'nin Rio de Janeiro'da gerçekleştirdiği konferansta önemli üç alanda ciddi ölçütler ortaya konmuştur (Pretty ve Koh Afgan 2002, vii-viii);

- Sürdürülebilir tarım ve kırsal kalkınma,
- Çölleşme ve çoraklaşma ile savaş,

- Toprak kaynaklarının entegre planlanması ve yönetimi.

Dünyada çevrenin korunmasına yönelik çalışmaların Türkiye'deki ilk yansımaları, 1972'de Stockholm'de düzenlenen konferansla gerçekleşmiştir. Bu gelişmeler, 1973-1977 dönemini kapsayan üçüncü beş yıllık kalkınma planında somutlaştırılmıştır (Davran, 2007). Kalkınma planında, sanayi ve yoğun kentleşme alanlarında hava, su ve kıyı kesimlerdeki kirlenme gibi çevresel sorunların yanında, eğitim ve gelir yetersizliği nedeniyle doğal kaynakların gerekli biçimde ve yeterince kullanılmamasıyla ortaya çıkan sorunlara değinilmiştir (Anonim, 1973).

Konvansiyonel tarımın çevre üzerindeki etkilerine ilişkin senaryolar, son yıllarda daha çok tartışılmaya başlanmıştır. Senaryolarda, özellikle toprak ve su kaynaklarının tükenmesine bağlı olarak yaşanacak kıtlıklar, biyolojik çeşitliliğin zarar görmesi ve orman alanlarının yok olması gibi önemli çevresel sorunlar yer almaktadır. Dolayısıyla insanlığın ortak kaygısı haline gelen tarımsal kaynaklı çevresel sorunların azaltılmasında, sürdürülebilir tarım ve buna yönelik tarımsal uygulamalar öncelikli konular olarak ortaya çıkmaktadır.

Türkiye'de iyi tarım uygulamalarına ilişkin ilk yönetmelik, 08.09.2004 tarih ve 25577 sayılı Resmi Gazetede yayınlanmıştır. Yönetmeliğin 1'inci maddesine göre iyi tarım uygulamalarının amacı; insan ve hayvan sağlığına zarar vermeyen, çevre dostu tarımsal bir üretimin benimsendiği, tarımda izlenebilirlik ve sürdürülebilirliğin sağlandığı, doğal kaynakların korunmasının ve gıda güvenliğinin amaçlandığı bir üretim modelinin gerçekleştirilmesidir (Anonim, 2004). Yönetmelik, iyi tarım uygulamalarıyla ilgili standartların kural ve koşullarını, belgelendirme işlemlerinin şeklini, kişi ve kuruluşların görev ve sorumluluklarını belirlemektedir (Hasdemir, 2011). Türkiye'de 2007'de başlayan iyi tarım uygulamalarında, üretici sayısı ve üretim alanı bakımından özellikle 2013 sonrasında önemli gelişmeler olmuştur. İyi tarım uygulamalarının yapıldığı il sayısı 2007'de 18 iken, 2016'da 64'e çıkmıştır.



2. İHA TEKNOLOJİLERİ VE TARIMSAL UYGULAMALAR

T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü tarafından yapılan tanıma göre insansız hava aracı (İHA); aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli olarak uçabilen, içerisinde bir pilota ihtiyaç duymaksızın uzaktan kontrol edilebilen yada programlanarak otomatik olarak kendi rotasını ve planını belirleyebilen bir hava aracıdır (SHGM, 2016). Bir başka deyişle İHA; üzerinde bir pilota ihtiyaç duymadan, yerden kontrollü ve otomatik bir şekilde uçabilen hava aracıdır (Akgül ve diğ., 2016). Kontrollerinin yerden sağlanabilmesi yada programlanabilir olmaları insansız hava araçlarının en önemli özelliğidir. İnsansız hava araçları üzerlerinde taşıdıkları özel kameralar sebebiyle savunma sanayi, askeri alanlar, haritacılık, tarım, arkeoloji, turizm gibi alanlarda etkili şekilde kullanılmasının yanı sıra bir telefon gibi kişisel bir cihaz olarak da kullanılabilir (Omar ve Yakar, 2016).

İlk insansız hava araçları kullanımı birinci dünya savaşı yıllarında ortaya çıkmıştır. Daha çok askeri alanlarda kullanılmış ve harita oluşturma amaçlarına hizmet etmiştir (Remondino ve ark., 2011). Bir başka uygulama olan geomatik uygulamayı ise Przybilla ve Wester-Ebbinghaus (1979) tarafından yapılmıştır.

İHA ve sistemleri güncelliğini korumakta ve ticari alanlar, tüketim alanları ve akademik alanda coğrafi verileri elde etmek amacıyla kullanılmaktadır. Burada bahsedilen coğrafi veriler, herhangi bir koordinat sistemindeki projeksiyon ve referans olarak alınan sayısal veya geometrik değer, verilere sahip bilgileri içeren verilerdir. Uzaktan algılama ve doğrudan ölçme ile elde edilen bu veriler bu gibi yöntemlerle elde edilmektedir (Marshall ve ark., 2011).

Uzaktan algılama üzerine yapılmış olan bir takım çalışmalar direk temasa ihtiyaç duymadan yansıtılan ve yayılmakta olan elektromanyetik enerjinin kayıt altına alınması ve algılanması, bu verinin işlenmesi, analiz edilmesi ve uygulanması aşamalarını içermektedir. Herhangi bir hedeften yayılan, yansıyan enerjinin kaydedilmesi için algılayıcı durağan bir düzleme sabit etmektedir. Uzaktan algı cihazlarının parçaları, zemine, uçabilen araçların (uçak, helikopter, balon, zeplin vb.)

üzerine yada atmosferin dışındaki bir uzay aracına (uzay gemisi veya uyduya) yerleştirilebilmektedir (CCRS, 2013).

İnsansız hava araçları kullanılarak oluşturulan veriler ile uydu görüntülerine kıyasla daha az mali kayıp olmakta ve zaman tasarrufu sağlanmaktadır. Uydu görüntüleri birçok alanda hizmet vermektedir, ancak elde edilen görseller çözünürlük bakımından İHA lar kadar kaliteli değildir (Mustafa Akgül ve ark., 2015). İnsansız hava araçları uydu görüntülerine oranla kısa mesafelerden daha az veri alımını sağlarken, uydu görüntüleri daha geniş alanları kapsayan görüntüleri sağlamaktadır (Yılmaz ve ark., 2013). Ancak özellikle daha özel bölgelerden çözünürlük olarak uydu görüntülerine oranla insansız hava araçlarının üstünlükleri bulunmaktadır.

İlk amacı askeri alanlar olan insansız hava aracı sistemleri, günümüzde gelişerek farklılaşmış ve kullanım alanları yaygınlaşmıştır. Hayvancılık için önemli olan meraların sınıflandırılması ve kullanım alanlarının genişletilmesi (Rango ve ark, 2009; Laliberte ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2010), bitkilerin bünyelerinde yer alan biomass ve nitrojen değerlerinin hesaplanması (Hunt ve ark., 2005), bitkilerdeki vejetasyon değerlerindeki değişimin izlenmesi (Berni, 2009), ağaçların yükseklik hesabı ve tepe çaplarının ölçülmesi (Lisein ve ark., 2013; Zarco ve ark., 2014), toprakta oluşabilecek zararların belirlenmesi (Pierzchala, 2014), genel olarak güzergah alanlarındaki deformasyon oranının belirlenmesi (Zhang ve Elaksher, 2012), yangın gibi daha orman alanlarında oluşabilecek tehlikeli durumların tespiti ve takibi (Ambrosia ve ark., 2003; Horcher ve Visser, 2004) , bitkilerde görülen zararlı ve hastalıkların takip edilmesi ve önlenmesi için gereken verilerin elde edilmesi gibi çeşitli çalışmalarda kullanılır.

2.1 İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması

Teknolojinin gelişimi ile birlikte ihtiyaca yönelik biçim, boyut ve özellikte insansız hava aracı üretilebilmektedir. İnsansız hava araçlarını kanat yapılarına göre iki gruba ayırmak mümkündür. Bunlar;

- Sabit kanatlı insansız hava araçları (Şekil 2.1)
- Döner kanatlı insansız hava araçları (Şekil 2.2)

Sabit kanatlı insansız hava araçlarının kanatları uçakların kanatları gibi hareketsizdir. Bu tip insansız hava araçları uzun mesafeli görevler için kullanılmaktadır. Fakat

hareketsiz kanatlara sahip olmaları nedeniyle havada sabit kalmadıkları için hedefe yeterince yaklaşamamaktadırlar.

Döner kanatlı insansız hava araçları ise helikopter kanatları gibi hareketli kanatlara sahiptir. Bu tip insansız hava araçları ise kısıtlı sürede ve daha kısa mesafedeki görevler için kullanılmaktadır. Hareketli kanatları sayesinde kontrol edilebilme seviyeleri çok yüksektir, hedef yüzeyine oldukça yakın mesafede uçarak havada sabit kalabilirler (Jurdağ ve diğ., 2015).



Şekil 2.1: Sabit kanatlı insansız hava araçları (AeroVironment/ Smart C2)

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte bundan yaklaşık on yıl öncesine kadar insansız hava araçları sabit kanatlı üretilirken artık, hareketli ve dönebilen kanatlara sahip ve çeşitli spesifik özellikleri olan kameralar ile donatılmış insansız hava araçları üretilmektedir. Şu an ise boyutları büyük bir yolcu uçağı boyutundan bir böcek boyutuna kadar değişmekte olan otomatik kontrol sistemine sahip insansız hava araçları üretilmektedir.

Ülkemizde yapılan yasal düzenlemeler sonrasında 2010 yılından bu yana sivil kullanımı da başlatılmıştır. Bu sebeple kullanım alanı her geçen gün artmaktadır. İnsansız hava araçlarının uçuş mesafesi ve irtifalarına göre de sınıflandırılmaktadır Bunlar Çizelge 2.1.'te de gösterilmiştir (Blyenbergh, 1999).

Çizelge 2.1: İnsansız hava araçlarının uçuş mesafesi ve irtifalarına göre sınıflandırılması.

Uçuş Menzili	İrtifa	İHA Sınıfı
10km	800m	Mini İnsansız Hava Aracı
50km	1000m	Kısa Menzilli İnsansız Hava Aracı
60km	5500m	Taktiksel İnsansız Hava Aracı
2500km	9000m	Orta İrtifa-Uzun menzilli İnsansız Hava Aracı
5000km	10000m	Yüksek İrtifa-Uzun Menzilli İnsansız Hava Aracı



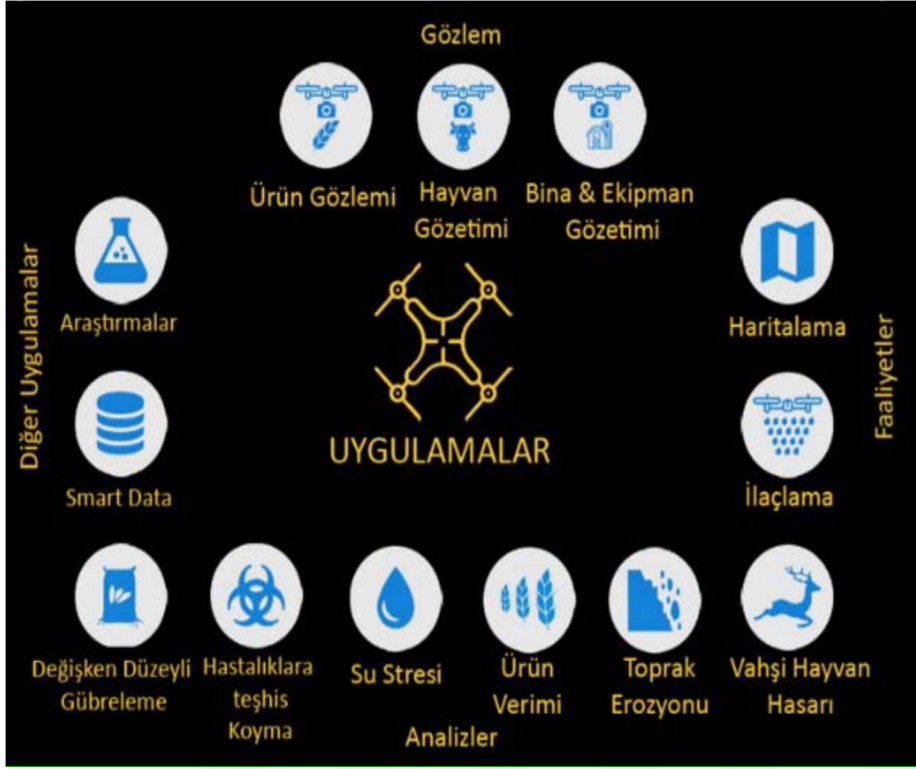
Şekil 2.2: Döner kanatlı İHA (DJI Agras)

2.2 İnsansız Hava Araçlarının Tarımda Kullanımı

İlk başlarda askeri amaçlarla kullanılan insansız hava araçları daha sonra meteorolojik çalışmalarda ve günümüzde tarımsal amaçlı ve birçok sivil alanda değişik amaçlarla kullanılmaktadır. İnsansız hava araçları farklı çeşitlerde irtifa ve uçuş menzili dikkate alınarak bunun dışında kanatlarının yapılarına göre tasnif indirilmekte ve günümüzde askeri ve sivil çok çeşitli alanlarda kullanılmaktadır (Türkseven, 2016). Sivil amaçlı olarak tarımsal amaçlı kullanılması araştırıldığında; bitkilerde hastalık ve zararlı

etkenleri, yabancı ot takipleri ve tespitleri, hassas kimyasal uygulama, hayvanların kontrolü, su stresi, verim-olgunluk tespiti vb. insansız hava araçları kullanılabilir. Avantajları göz önüne alındığında insansız hava araçlarının tarımda kullanımını günden güne artmaktadır.

Tarım, çok fazla çaba gerektiren, kısa sürede çok miktarda ürün elde etmeyi ve bunun sürekliliğinin sağlanmasını amaçlamaktadır. Bu sebeplerden dolayı üreticiler geleneksel yöntemlerle bir yıl boyunca çaba harcayarak elde edecekleri ürünü gelişen teknoloji sayesinde neredeyse birkaç ay içerisinde elde edebilir hale gelmişlerdir. Üretimdeki asıl amaç kısa sürede verimli ürün elde etmek ve denetimini sağlamaktır. Bunun sağlanması için de çeşitli bilgi kaynaklarına ihtiyaç vardır. Teknolojinin ilerlemesi ile birlikte bu bilgileri sağlayan cihazlar da oldukça gelişmiştir. Tarımdaki verimlilikte bu gelişmeler beraberinde gelmektedir. İHA'ların tarımsal amaçlı kullanılmasıyla toprak işleme, tarladaki ürünlerin durumu görüntüleme kolayca takip edilebilir hale gelmiş ve bu sayede mahsul kalitesi ve toprak verimliliği artmıştır. Bu adımlarla birlikte toprak işleyicileri tarımda sürdürülebilirliği başarmışlardır. İHA'lar ile ürünlerin takibi, toprak görüntüleme ve analizi, sulama planlamaları, verimlilik takibi, hasar tespiti, bitki seçimi, havadaki bulabilecek hastalıkların tespiti, kullanılan gübre ve pestisitlerin etkililiği, güvenlik gibi kullanımlara sahiptir (Ehsani ve Maja, 2013). Oluşabilecek hastalık veya yabancı ot tehlikelerinde mücadelede kullanılacak olan pestisit veya gereksiz kimyasal madde kullanımını böylelikle en aza indirilmiş olur. Bitkilerin besin ihtiyaçları da böylelikle tespit edilerek üretim kalitesi artırılabilir. Üretimde gerektiği kadar gübre, su ve diğer kimyasal maddeler kullanılarak ciddi mali kazançlar sağlanabilir. Böylelikle tarımda insansız hava araçlarının kullanımları ciddi çeşitlenmeler gösterebilir. (Şekil 2.3)



Şekil 2.3: Tarımda insansız hava araçlarının kullanım alanları

İnsansız hava araçları üreticilere sahip olduğu sensörler sayesinde bitkilerde bulunan hastalık ve zararlı etmenlerini, bunların oranlarının tespiti, yabancı ot tespiti, su ihtiyaçlarının belirlenmesi ve su stresinin önlenmesi, ürünlerin hasat olgunluğuna ulaşmış ulaşmadığı, rekolte ve verim tahmini gibi hizmetler sunar. Uzaktan algılama cihazları sayesinde, uydu görüntüleri yardımıyla birlikte mevsimsel olarak yabancı otlara dair haritalandırma yapılabilmektedir (Koger et al., 2003; De Castro AI et al., 2012). Görüntüler oluşturulurken cihazda bulunan sensörlerin kalite ve özellikleri çok önemlidir.

Gerçek olabilecek bir görüntü sağlayan görüntü sensörleri, bitki gelişimin boyutlarını dijital ortama taşımayı sağlayan Lidar sensörler, maddeler arasında ısı farklarını ölçen ve sınıflandıran Termal sensörler ve UVA dalga boyunda yansıma ölçebilen multi spektral ve hiperspektral sensörler kullanılmaktadır. UVA dalga boyu ölçümleri nin kullandığı sensörler özellikle yaygın olarak kullanılmaktadır (Türkseven ve ark.,2016).

Bahsedilen bu yöntemlerde bitkilerin yaymış olduğu farklı yansımalar, çeşitli göstergeler kullanılarak elde edilmektedir. Böylelikle sağlıklı ve sağlıklı bitki arası

ayrım, hasat edilip edilemeyecek olan bitki, su ihtiyacının olup olmaması, kültür bitkisi mi yoksa yabancı ot mu gibi karışıklıklar tespit edilebilmektedir. Çıplak gözle aslında bitkiye bakıldığında bitki yeşil ise klorofil oranı fazla olduğundan sağlıklı görülür, sağlıklı bitkilerde genelde solmuş veya sararmış olarak algılanmaktadır. Ancak bu gibi yöntemler zaman açısından kayıp aynı zamanda da müdahale etmek için geç kalınan yöntemlerdir. Fakat görülen ışık grupları ve yakın-kızılötesi (NIR) gibi ortaya dökülen veriler ile daha hızlı bir şekilde algılama yapılabilmektedir (Türkseven ve ark., 2016).

Yapılan çalışmalar ve araştırmalar neticesinde beyaz ışık ve yakın kızılötesi sensörler yardımı ile bilim insanları birçok veri elde etmişlerdir. Elde edilen bu veriler yardımı ile gelişmekte olan bitki örtüsünün nitel ve nicel olarak değerlendirilmesi yapılmaktadır (Bannari et al., 1996). Bu değerlendirme yöntemlerine bakılınca en fazla NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) yöntemi kullanılmaktadır. Sayısal bir veri olan NDVI , elektro manyetik çeşitliliğin görünür ve yakın kızılötesi dalga boylarını kullanmaktadır. $NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$ eşitliği ile hesaplanmaktadır.

Bu yöntem, bitkilerin fazla ışık yansıttığı yakın kızılötesi dalgaların bir başka maddeye yansıtılmaması kuralı üzerine inşa edilmiştir. Örneğin bir bitki su stresine girdiği zaman yakın kızılötesinde daha az ışık yansıtırken, görünür dalga boyunda aynı miktarda ışığı yansıtılmaktadır. Bu iki bulgu bir araya getirildiğinde bitkinin hem var olduğu tespit edilmekte hemde bitki sağlığına yönelik verilerde elde edilmektedir. Bunun gibi daha birçok yöntem geliştirilmeye devam etmektedir. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI), ve Normalized Difference Red Edge Index (NDRE) bu indekslere örnektir.

İHA'lara yerleştirilen pasif optik sensörler vasıtasıyla verimlilik hesabı, arazinin verimli kullanılıp kullanılmadığı gibi tespitler yapılabilmektedir. Tarla görüntüleri uydu yardımı ile alınarak, problem bulunan bölgeler tespit edilir ve üreticinin bu alanlara yönlendirilmesi yapılır. Bu sayede tarlaya veya bahçeye gübreleme veya sulama yapılacaksa bilinçli bir şekilde uygulama yapılmış olacaktır. Ayrıca genel olarak ekim yapılan alanlarda rekolte hesabı ve hasat zamanı tahminle de yapılabilmektedir.

İnsansız hava araçları ile zamanında müdahale edilerek bölgenin meteorolojik koşulları ve ilgili toprak değerleri, yaprak ölçümleri yapılarak mobil akıllı

telefonlardaki uygulamalar ile anlık olarak internet aracılığı ile bağlantılar yapılarak veri akışı sağlanabilir ve bulut ortamında girdiler değerlendirilir ve yorumlanır. Anlık alınan veriler ile zamanında gerekli tarım çalışma tahminlerin yapılması meydana gelebilecek ürün zararını, hastalık ve zararlıları, sulama oranının ayarlanması sağlanabilmektedir. Bu da üreticiye zamandan kazanç, verim artışı, kaliteli ürün maliyet karlılığı sağlamaktadır.

Gelişen teknoloji ile birlikte İHA'larda meydana gelen değişimler dikkate değer bir konumdadır. İHA'lar vasıtasıyla tarımsal alanda birçok ölçüm ve tespit yapılabilen ve daha bilinçli tarımsal uygulamalar yapılmaktadır. Üreticiler İHA yardımı ile kendisinin tespit edemediği birçok durumu hızlıca tespit edebilmekte ve zamansal açıdan avantaj sağlamaktadır. Şekil 2.4'te tarımsal İHA ile ilaçlama uygulamasına bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 2.4: Tarım ilaçlaması yapan İHA (DJI MG-1S)

Bir makine de bulunmakta olan görüş, donanım fonksiyonları ve yazılım ve veri transferini sağlayan sensörler ile istenilen görüntünün yakalanması ve değerlendirilmesi aşamaları çiftçilere rehberlik yaparak endüstriyel, endüstriyel olmayan çalışmalarda önemi büyük destekler sunmaktadır. Endüstriyel görüş uygulamaları, dayanıklılık, güvenilirlik ve düzenlilik talep eder ve çeşitli sektörlerde kullanılmaktadır. Bu sebepten dolayı, düşük maliyette endüstriyel makine, onaylanabilecek gerçeklik, ileri düzey sağlamlık, yüksek güvenilirlik, mekanik ve sıcaklık kararlılığı anlamına gelir (Davies, 1997).

Şekil 2.5'te bir çilek üretim serasında çileklerin analizini yapan makine görme teknolojisi kullanan tarım robotu gösterilmiştir.



Şekil 2.5: Makine Görme Tarım Robotu

Bu makine çeşitleri görme sistemleri ile makine görme sistemleri seri bir şekilde veri elde edilir ve işleme teknikleri yüksektir. Kullanıldığı tarım bölgeleri ve alanlarına göre de çeşitleri değişmektedir (Uzun ve ark, 2018).

İnsansız hava araçları bunların yanı sıra bitkilerin genotipleri ve fiziksel durumlarını gösteren, tarla şartlarındaki fonksiyonlarının tespitinde ve nasıl bir gende türediğinin tespitinde bulunan robotlarda vardır.(Karaşahin ve Samancı, 2018). İHA'ların hız bakımından ve zaman bakımından sürekli kullanılması, üretici veya kullanan kişinin isteğine göre ayarlanabilmesi hızlı ve defalarca düşük maliyetlerle devreye alabilmeleri, uçuş yükseklik ve zamanlarının kullanıcıya uygun ayarlanabilmeleri, görüntü kalitesi gibi çeşitli avantajları ile için yüksek verimde çalışma sağlamaktadır.

İnsansız hava araçlarına göre uydu verileri sınırlı olmakla birlikte, taşımalarındaki zorluk ve zaman kayıpları, gerçek bir haritalandırma yapamaması, üretiminin kolay olmaması gibi sınırlılıkları uyduların çok fazla tercih edilmesinin önünü açmıştır. Bu gibi durumları çözmek için ise daha kaliteli veri elde edebilen sUAV'ler kullanılarak çözümlenebilir yani insansız hava araçları(Araus ve Cairns, 2014);(Sankaran ve ark., 2015).

Fenotip belirlemede kullanılan İHA çeşitleri, avantaj ve dezavantajları Çizelge 2.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2: Fenotip belirlemede kullanılan bazı mini insansız hava aracı (İHA) tipleri.

Tip	Taşıma Kapasitesi (kg)	Uçuş Süresi (dakika)	Avantajları	Dezavantajları
Paraşütlü	1.5	10-30	Basit kullanım	Rüzgarlı şartlara uygun değil Sınırlı taşıma kapasitesi
Balonlu	>3.0	~600	Basit kullanım	Rüzgarlı şartlara uygun değil Sınırlı taşıma kapasitesi
Rotokopterli	0.8-8.0	8-120	Noktasal navigasyonla uygulanabilirlik Havada sabit kalabilme Termalden, multispectral ve hiperspektrale kadar farklı sensörleri taşıyabilme	Taşınan yük ağırlığının batarya ömrünü ve uçuş süresini kısıtlaması
Sabit Kanatlı	1.0-10.0	30-240	Noktasal navigasyonla uygulanabilirlik Daha yüksek hızla daha uzun uçuş süresi Çoklu sensörlerin takılabilmesi	Havada sabit kalabilme sınırlılığı Görüntü kalitesi için düşük hız gerekliliği

Seçilecek İHA çeşidinin seçilmesinde en temel kriterler uygulama alanının topografik yapısı ve sınırlılıklarıdır. Rüzgarsız koşullar altında paraşütlü İHA'lar kolaylıkla uçabilir, fakat rüzgarlı koşulda uçmaları mümkün değildir, uçuş yapsa bile kaliteli görüntü alınamamaktadır. Bunun yanı sıra bu araçlar kısa uçuş sürelidir ve bir noktada sabit duramazlar. Ticari alanlarda balonlu İHA'lar fazla kullanılır ve havada görüntü de alabilirler. Sabit bir şekilde havada kalabildikleri için net görüntüleme avantajları vardır ancak taşınmaları çok zordur ve yavaştır. Ayrıca rüzgarı hava koşulları bu araçları için uygun değildir.

Rotokopterler ve sabit kanatlı olan İHA türleri en yaygın olanlarındandır. Rotokopterler havada sabit bir noktada durabilir, GPS ile çalışan navigasyonu kullanabilir, çok yönlü uçabilir ve kalkış-iniş için dar alan yeterlidir. Dezavantajı ise hız düşüklüğü ve uçuş süresinin az olmasıdır. Kanatları sabit olan İHA'lar rotokopterlere göre daha uçuş süresi uzun ve hızları yüksektir. Ancak havada sabit duramazlar. Bunun gibi araçlarda görüntü bulanıklığı yüksek hızdan

kaynaklanmaktadır ve bunun engellenmesi içinde algılamadaki hızları yüksek olan sensörler gerekmektedir. Rotokopterler ve sabit kanatlı İHA'ların uçuş süresini artıracak gelişmeler sürmekle beraber, ARGE çalışmalarındaki gelişmelerde hızlanarak devam etmektedir.

Kablolu güç kaynakları rotokopterler için bir fırsat kaynağı oluşturmaktadır. Zaman olarak uçuş zamanı ile ilgili gelişmelerin solar enerjili platformlardan elde edilebileceği görülmektedir (Uzun ve ark, 2018).

Tarımda İHA kullanımında en önemli noktalar İHA üzerinde bulunan sensörler ve bu sensörlerin, tarımda işlerin hızlandırılması ve kolaylaştırılmasına yönelik özellikleridir. Sensör tipleri çizelge 2.3'te listelenmiştir.

Çizelge 2.3: Fenotip belirlemede kullanılan sensörler.

	Özellikleri	Uygulamaları	Sınırlılıkları
Floresan sensör	Görünür ve Yakın kızılötesi bölgede pasif algılama	Fotosentez, klorofil, su stresi	UAV'ler için henüz geliştirilmemiştir. Arka plan gürültüsü ile karşılaşılabılır.
Dijital kamera	Gris kala veya renki görüntüler	Görünür özellikler, dış kusurlar, yeşillik ve gelişim tespiti	Görünür spectral bve ve özellikleri ile sınırlıdır.
Multispektral/Kızılötesi	Görünür ve kızılötesi bölgede her piksel için birkaç spectral band	Bitki besin elementi eksikliği, su stresi, hastalık bitkileri belirleme	Birkaç spektral band ile sınırlıdır.
Hiperspektral kamera	Görünür ve kızılötesi bölgede her pixel için sürekli veya kesik spektra	Bitki stresi, kalite ve emniyet kontrolü	Görüntü işleme zorluğu Sensörlerin pahalılığı
Termal sensor/kamera	Termal kızılötesi ışınlarına ait her pikselin sıcaklık değeri	Stoma iletkenliği Su stresi ve hastalıklara karşı bitki tepkileri	Çevre şartları performansı etkiler Çok küçük sıcaklık farklılıkları belirlenemez

Akıllı tarım teknolojilerinin gelişmesi ile birlikte örneğin bulut destekli veri tabanına bağlı insansız hava araçları kullanılarak yüksek çözünürlükte ekim yapılan tarla görüntülemeleri, havadaki ve topraktaki nemin hesaplanması ve sıcaklıkla ilgili değerlerin hesaplanması gibi bir takım avantajlar ile akıllı tarım imkanlarına sahip

olunmuştur. Üreticiler akıllı tarım uygulamalarını kullanarak kendi üretim alanlarında daha ayrıntılı bir şekilde araştırma yapabilme ve bilgi sahibi olabilme avantajını sağlayabilmişlerdir.

Tarım teknolojisinin gelişmesi ve giderek yaygınlaşması ile tarımda mahsul verimliliği ve toprak kalitesi giderek artmıştır. Geliştirilen ileri teknoloji ile toprakta bulunan ağır metaller analizi ve kimyasal madde tespiti, gübre analizi, toprak verimlilik ölçümleri, bitki dağılımları gibi birçok şeyi uzaktan kontrol edebilme imkanı sağlanmıştır. En önemlisi ise doğal kaynakların korunması ve çevre dostu uygulamaların sayısındaki artış, toprak kalitesi ve verimliliğinin düzenli hale getirilmesi olmuştur. Hasata erişmiş ürünlerin bozulmadan hasat edilebilmesi, kaliteli ürün elde edebilmeyi ve pazar koşullarında rekabet imkanı sağlamaktadır. Toprak verimliliği, kazancın artması de kırsal kalkınma alanında çok fazla katkı sağlayacağından ülke ekonomisi üzerinde de avantaj getirmektedir.

Tarımın sağlıklı ürünü üretmesi ile birlikte kalkınma alanında önemli bir adım atılarak insanların satın almış oldukları ürün üzerinde hiçbir sıkıntı yaşamamaları sonucu doğacaktır. Topraktaki zararlı maddeler kolay bir şekilde tespit edilip gereken müdahale olması gerektiği gibi hızlı ve kolaylıkla yapılacaktır. Türkiye’de kullanımı artan akıllı tarım makineleri ile de kırsal kalkınma önemli derecede artacak ve gelişecektir.

3. TARIM ALANLARINDA İHA İLE NDVI HARİTALAMA

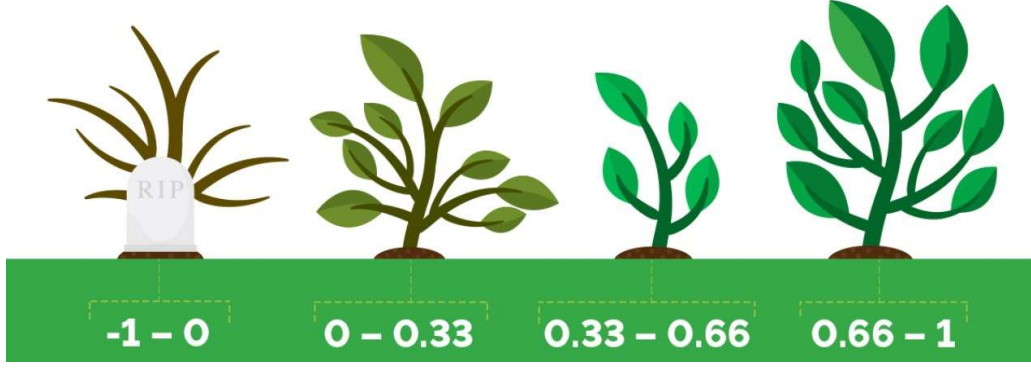
Genel bir kanı olarak sağlıklı bitkiler yeşil, sağlıksız bitkiler ise sarı veya kahverengindedir. Bitkilerde oluşan ve bitkilerin sararmasını sebep olan bazı faktörler insan gözü tarafından fiziksel olarak görülsede yakın-kızılötesi ışık spektrumunda çok daha önceden kesin verilerle algılanabilir. Bu algılamalar sayesinde, yanlış yapılan sulama, gübreleme, ilaçlama, bitki hastalık ve zararlıları tespiti yapılabilir, ayrıca kısa zaman diliminde çabuk değişen iklim faktörleri, yabancı ot istilası gibi ürün kalitesini etkileyen bazı durumlar önceden gözlemlenerek bitki üretimi kontrolüne dahil edilir. NDVI yeryüzü değişkenleri ile doğrudan bağlantılı olup ilk uygulama alanı 1973 yılında Texas uygulama merkezi olmuştur.

Maddelerin kendilerine özgü renkleri elektromanyetik radyasyonun emilmesi ve yansıtılması ile oluşan NDVI algoritması dalga boyları ile maddenin kimyasal bileşimi hakkında bizlere bilgi verir. Bu teknik özellikle önemli bir alan olan tarım alanları ve ve buna bağlı farklı ekosistemlerde kullanılmaktadır. Dünyada yaşamın bir nevi karbonhidrat içerisindeki kimyasal bağda toplanan enerji ile sürdürülmekte olduğu düşünülürse bitkilerin karbonhidrat üretimindeki önemi ortaya çıkar.

Bitkilerdeki multispektral görüntüleme sistemleri ile bitkilerde sağlık ölçümleri yapılabilmektedir. Görüntülerde sağlıklı bitkiyi ölçülebilir duruma getirebilmek için bitki ölçüm indeksleri oluşturulmuş ve bunlardan en önemlisi NDVI yani Normalize edilmiş farksal bitki indeksidir.

$$NDVI = \frac{NIR - Kızıl}{NIR + Kızıl}$$

Bu formülde belirtilmek istenen durum sabit bir noktada gözlemlenmek istenen kırmızı dalga boyunun sifıra yaklaşması ile NDVI değerinin +1 e yaklaşmasıdır (Kavakve ark, 2015). Bu noktada gözlemlenen NIR(yakın-kızılötesi) miktarı sifıra yaklaştıkça ise NDVI değeri -1 e yaklaşır. Yani NDVI bitki örtüsünün sağlıklı olması (+1) ve sağlıksız olması (-1) arasındaki değişen ölçümdür (şekil 3.1).



Şekil 3.1: Örnek NDVI değerleri

Sağlıklı bir bitki solda görüldüğü gibi ışığı emek ve NIR ın bir kısmını geri yansıtır. Sağlıksız bir bitki ise daha az ışık emer ve yansıtır (Simmon, 2014).

Toprağın çıplak olması ve zayıf bir vejetatif durum NDVI değerinin sifıra yakın olmasının göstergesidir. Çok yoğun olarak tarımsal faaliyetlerin olduğu bölgelerde düşük NDVI değerleri görülür ve bu durum aşırı bir kuraklık yaşandığını, rutubetin fazla olduğunu, bitki gelişiminin hastalık ve zararlılar gibi çeşitli nedenlerle çok zayıf olmasına işaret eder. NDVI değerlerinin yüksek olması da sağlıklı bir vejetasyonun olduğu anlamına gelir. Örneğin; bir meranın yıllık gelişimi incelendiğinde kış aylarında indeks değerleri 0 ve -1'e yakın olarak görülmüş, ilkbahar aylarında ise doğal bitki örtüsünün canlı bir hale gelmesiyle bu değerlerin arttığı ve yaz kuraklığı gelince de yine azaldığı gözlemlenmiştir.

NDVI çalışmaları bitkilerdeki yaprak alanı hesabı, biyokütlerdeki tahmini değerleri belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Tarım alanlarının etkili bir şekilde korunma altına alınması ve ıslah edilmesi için bitkiler arası türlerin ve çeşitlerin ekosistemle olan uyumunu iyi bilmek gerekmektedir. Ve en önemlisi de koruma altına alınacak bölgelerin hangisinin öncelik sırasında olacağı iyi tespit edilmelidir.

Bu ihtiyaç özellikle dünyanın bazı bölgelerinde bir döneme kadar havadan alınan görüntüler ve uzaktan algılama sistemleri ile karşılanmaktadır (Fjeldsa et al., 1997). Örneğin, bir bölgede yürütülen bir çalışmada kuraklık ve aşırı otlatma nedeni ile tarım alanları ve meralarda bulunan bitki örtüsü Landsat görüntüleri ile izlenip haritalanmıştır iki yıllık bir periyotta bu görüntüler kullanılarak değişim izlenmiştir.

Mera çalışmalarında da kullanılan bu yöntemin dikkate değer bir değeri olduğunu belirtilmiştir. Meraların tespit edilmesi için uzaktan algılama ile biyokütle değerlerinin

hesaplanabileceği vurgulanmıştır. Neredeyse altı yıllık sürede yapılan bu çalışmalar ile biyokütle tahminleri, korelasyon analizleri ile test edilmiştir. Çalışmaların neticesinde ulaşılan sonuçlar ise doğrusal olmayan modellerin daha güvenilir ve gerçek biyokütle değerlerini verdiği gerçektir.

Tarım alanındaki bitkilerin yetişme durumu göz önüne alarak seçilen bir zaman diliminde bitkideki klorofil miktarı bitkinin yeşil ve yeşil olmayan değişikliklerine göre yorumlanabilmektedir. Bitkilerin gelişim özellikleri ve değişen iklim özellikleri belirli fenolojik takvimlerle incelenebilmektedir. Mera gelişimine, yeryüzündeki değişime ve iklime bağlı olarak değişik varyasyonlarda biyokütle indeksleri oluşabilmektedir. Oluşturulan bu indekslere göre bitki vejetasyon haritaları oluşturulmakta ve tarım çalışanlarına kolaylık sağlamaktadır. Fakat belirtmek gerekir ki, Türkiye’de çok farklı toprak özellikleri ve ekosistemler olduğundan dolayı da çok farklı vejetasyon takvimleri orta çıkmaktadır.

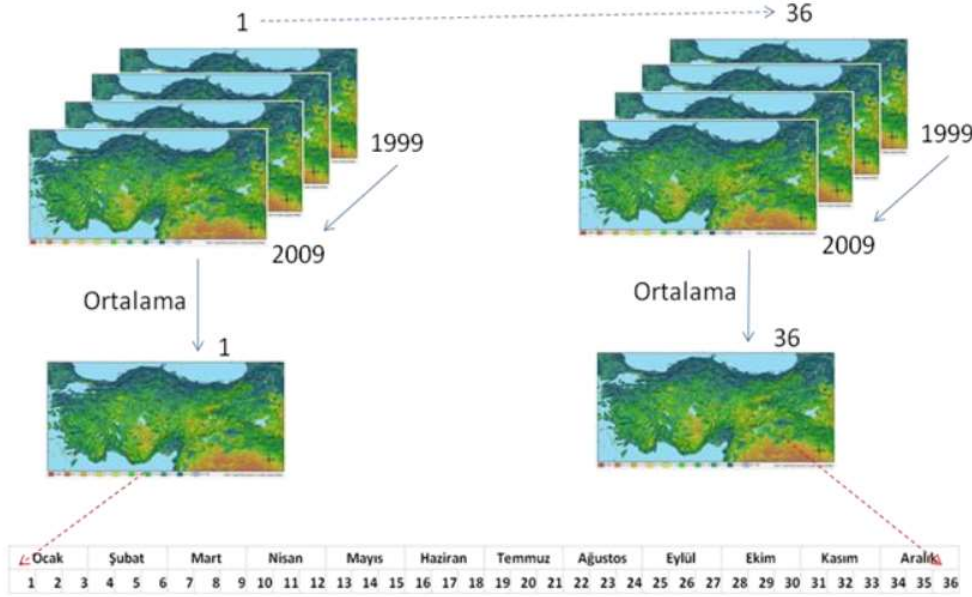
3.1 NDVI Yöntemi İle Meralardaki Vejetasyonun İncelenmesi Örneği

Doğu Anadolu meralarında yapılan bir çalışmayı örnek vermek NDVI değerlendirmelerinin daha anlaşılır olabilmesi açısından yerinde olacaktır. Doğu Anadolu’nun 6 ilinde yapılmış olan bu çalışmada NDVI indeksleri kullanılmıştır. Bir yıl içerisinde 10 günlük bölümler halinde 36 NDVI görüntüsü ve tarım alanlarında yapılan ziyaretlerle elde edilen koordinatlarda vejetasyon takibi yapılmıştır.

Kullanılan uydu verileri: SPOT-Veg ve SPOT 4 uydusundaki kırmızı ve yakın kızılötesi algılama yapan sensörlerden elde edilmiştir. Tarımsal ürünlerin ve orman alanlarının temel bitki örtüsü özellikleri belirlemek amacıyla çalışmalar da kolaylık sağlayan 1 km’lik çözünürlüğü olan SPOT-Veg verileri, görüntüleri kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada FAO’nun, bitki gelişimin izlenmesi amacıyla ARTEMIS projesi kapsamında kullandığı SPOT-VEG uydu görüntülerinden üretilmiş 10 günlük maksimum vejetasyon endeks verileri kullanılmıştır (Mermer ve ark, 2011).

Bu çalışma kapsamında 10 yıl içerisinde 10 günlük periyotlarda zamansal görüntüler kullanılarak bir medyan görüntü üretilmiştir (Şekil 3.2). Bu görüntüler 10 yılı temsil etmekte ve bu görüntüler üzerine mera koordinatları eklenerek hepsi için ayrı ayrı NDVI piksel değeri alınmıştır. Akabinde bu noktaların bulunduğu illere ve alana göre NDVI değerlerinin aritmetik ortalaması alınıp aşağıda gördüğümüz grafikler

üretimiştir. Veri yoğunluğunu en aza indirmek için 10 yıllık görüntülerden elde edilen medyan görüntüleri kullanılmıştır.



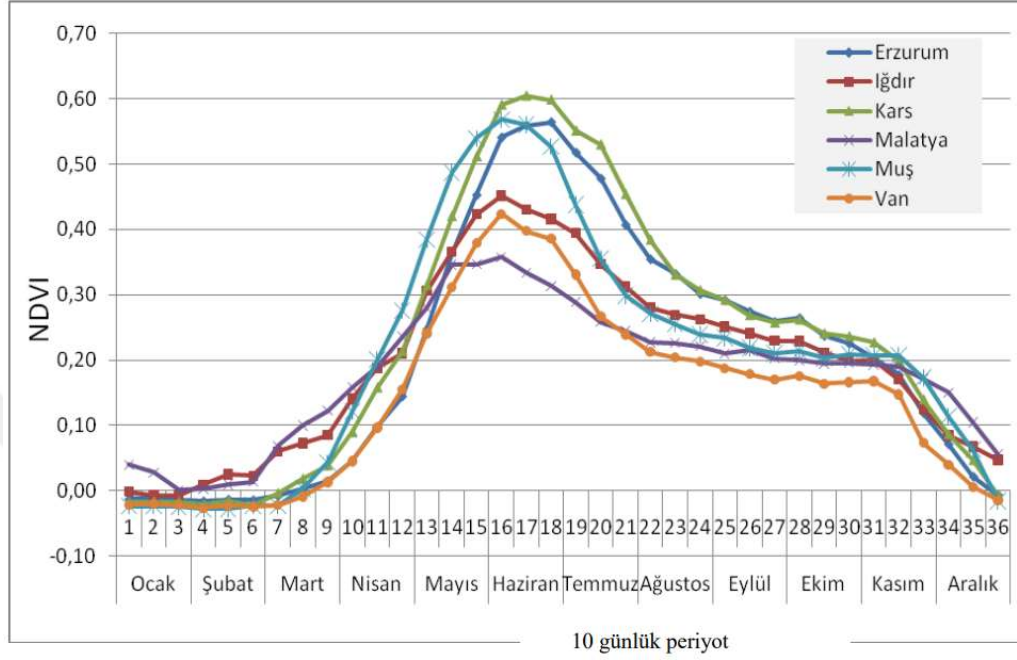
Şekil 3.2: Yıllık NDVI veri medyan görüntüleri (Mermer ve ark, 2011)

On yıllık dönemlerde illere göre hesaplanmış olan NDVI değerleri özellikle tahmin edildiği gibi kış ayları içerisinde düşük değerlerde ölçülmüştür. Buna sebep olarak ise bitki örtüsünün kış dönemi içerisinde dormansi halde olması gösterilebilir. Ayrıca kış koşulları, arazinin çıplak olması da buna sebeptir. Daha yüksek illerde (-) değerlerin çıkması ise kar örtüsüyle kaplı bir yapının olmasından kaynaklandığı anlaşılmaktadır.

Bu illerden ikisi iklimsel özellikler sebebi ile diğer dördünden ayrılmakta ve NDVI değerlerinin Ölçülen değerlerin genellikle on günlük periyodun 7. ve 8. yani Mart ayının birinci ve ikinci haftasında yükselmeye başladığı görülmektedir. Bu gösterge bize ilkbahar döneminin başladığı bilgisini vermektedir. 14. ve 15. dönemde NDVI değerleri yükselmiş ve haziran ayının ortasına kadar da yükselme devam etmiştir. Bu illerden birindeki meralarda değerlerin diğer illere göre iki hafta daha geç olarak nisan ayında yükseldiği ve Haziran ayı ortasında (16. ve 17. periyot) en yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir.

Bu ildeki farklılık, ilin diğer illere göre daha yüksek konumda olması ve hava koşullarının daha sert olması dolayısıyla tarım alanında bulunan bitkilerin geç uyanmasından kaynaklanmaktadır. Şekil 3.3 te verilen şekilde bununla ilgili indeks değerleri temmuz ayı ortasından itibaren artmayan ve azalmayan bir seyirde

ilerlemektedir. Bu durumun kaynağı ise yaz aylarında bitkilerin vejetatif faaliyetlerini azalması ve yeşil aksamlarının kaybolmasından kaynaklı olduğu söylenebilir.



Şekil 3.3: Doğu Anadolu meraları NDVI yansımalarındaki değişim (Mermer ve ark, 2011)

Sonuç itibariyle bu çalışma bize uydular aracılığı ile elde edilen görüntülerin bitki vejetasyonundaki değişimi başarılı bir şekilde gerçekleştirdiği sonucunu ortaya koymaktadır. Örneği verilen bu çalışma ile bitki vejetasyonlarının mevsimsel olarak yıl içindeki değişimlerini NDVI veri ortalamalarını da kullanarak elde etme olanağının olduğu gösterilmiştir. Tarım alanlarında yapılacak herhangi bir uygulama için özellikle NDVI ölçümlerinden yararlanabilmektedir. Bitki vejetasyon gelişimleri iklim değişikliklerinde ki bu değişim vasıtasıyla görüntülenerek çeşitli haritalandırma yöntemlerinde kullanılarak bir veri elde edilebilir. Bunun yanı sıra ayrıca kuraklık, erozyon gibi sebeplerle oluşabilecek değişimlerde NDVI görüntülerinden belirlenebilir.



4. İHA İLE AYÇİÇEĞİ GÜBRELEME HARİTASININ OLUŞTURULMASI

Bu çalışmada Ziya Organik Tarım'ın arazileri üzerinde toplam 17 adet uçuş gerçekleştirilerek İHA ile görüntüler elde edilmiş ve edilen görüntüler Pix4d görüntü işleme programlarıyla işlenerek en iyi bitki örtüsü indisi tespitlerine göre indis haritası (NDVI) çıkarılmıştır.

Ayrıca farklı bitki türlerine ait ekim alanlarının farklı noktalarından toprak örnekleri alınmış ve bu toprak örnekleri ile indis haritaları için sağlama verilerini oluşturmuştur. İndis haritalarıyla toprak analizlerini karşılaştırılarak, görüntü işleme ile elde edilen verilerin toprak analizi sonuçlarıyla doğrulandığı gözlenmiştir.

Bu çalışmada gübre önerisi yaparken, Tarım Bakanlığı'nın "Toprak Su Gübre Tavsiyeleri" (Şekil A.1) başlıklı dokümanı referans olarak alınmıştır.

Elde edilen gübre öneri haritaları farklı boyutlarda gridlere bölünmüş veya renklendirmeleri 2 renge kadar düşürülmüştür.

4.1 Çalışmanın Uygulama Alanı

Çalışma Lüleburgazda bulunan Ziya Organik Tarım'ın 1800 hektarlık ayçiçeği arazileri üzerinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.1).

Ayçiçeğinin yeşerme zamanı Mart sonu, hasat zamanı Ağustos sonu, Eylül başı olup, yüksek adaptasyon dengesine ve farklı profil topraklarında uyumlu olması ile dünyada en önemli yağ bitkilerindedir.

Çalışma yapılan arazide, ayçiçeğinde ideal verim alabilmek için, 7-8 kg. saf azot (N), gübrelemesinin uygulanması gerektiği belirlenmiştir. Fakat hava ve sulama koşullarına bağlı olarak %10 oranında fazla gübreleme uygulanabilmektedir. Kuru ve kumlu topraklarda verimi artırmak adına %5 oranında gübre artırımını yapılabilmektedir. Bu durumların tespitinin gerçekleşmesi için bitki ekim öncesinde toprak analizi yapılmış ayrıca çalışma alanları çıplak gözle ziraat mühendisleri ve

çiftçiler tarafından incelenmiş ve bitkinin İHA ile tespit edilen bitki sağlığı/sağlıksızlığının bu veriler ile örtüştüğü sonucuna gidilmiştir.



Şekil 4.1: Uygulama alanı

4.2 İHA Uçuş Bilgileri

Uygulama arazisinde farklı zamanlar 5 İHA çekimi, toplam 17 adet uçuş yapılmıştır. Yapılan uçuşlar belirli zaman aralıklarında uygun hava koşullarında ayçiçeğinin ekim, hasat dönemi dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.1 de uçuş sayı ve tarihleri listelenmiştir.

Çizelge 4.1: İHA uçuş bilgileri.

Tarih	Gözlem	Uçuş Sayısı
17 Ağustos 2018	5. Çekimi	4
29 Haziran 2018	4. Çekimi	2
8 Haziran 2018	3. Çekimi	3
24 Mayıs 2018	2. Çekimi	3
14 Nisan 2018	1. Çekimi	5

4.2.1 İHA sistemlerinin tanımı

İHA modeli olarak DJI marka Phantom 3 kullanılmıştır. DJI Phantom 3, uçuş menzili 1 kilometre, 2.4GHz Wi-Fi desteği sunmakta ayrıca 25 dakikaya kadar havada tam dolu batarya ile kalabilmektedir. Çizelge 4.2 de teknik detaylar listelenmiştir.

Çizelge 4.2: DJI Phantom 3 PRO Teknik Özellikler.

Özellik	Kolon B
Toplam Ağırlık	1.28kg
Pil Ağırlığı	365g
Maksimum tahmini uçuş	23dk
IHA Boyutları	49X49X19,5 cm

Kullanılan multispektral kamera, Pix4D yazılımı ile birlikte kullanıldığında, radyometrik kalibrasyon yapılmasına ihtiyaç duymadan tüm istenilen ölçümleri uygun şartlarda yüksek doğruluk ile sağlar. Ayrıca tarım alanlarında zamandan tasarruf sağlar ve çok hassas ölçümler sağlar. DJI Phantom 3 PRO ya bağlı olarak kullanılan kamera PARROT SEQUOIA seçilmiştir. Teknik özellikleri çizelge 4.3 listelenmiştir. Şekil 4.2 ise kamera görseli gösterilmiş ve ilgili teknik kısımları numaralandırılmıştır. Bu numaralandırma açıklamaları ise Şekil 4.4 te detaylandırılmıştır.

Çizelge 4.3: PARROT SEQUOIA teknik özellikler.

Özellik	Açıklama
16 Mpx RGB sensor	görünür dalga boyunu kullanarak ayçiçeğinin fotoğrafları çekilmiştir.
1.2 Mpx monokrom sensor	Dörtlü narrow band ve senkronize olarak kullanılabilen sensor
Kamera	Güneş ışığı modülü sayesinde kalibre edilmiş
RGB	16 MP, 4,608 x 3,456 px
64 GB dahili bellek	10-12 uçuşa kadar kayıt
SD kart yuvası	Harici bellek desteği



Şekil 4.2: PARROT SEQUOIA kamera görseli

Çizelge 4.4: PARROT SEQUOIA kamera özellikleri.

Numara	Özellikleri
1	1.2 megapiksel monokrom sensörler ayrık veri toplar
2	16 megapiksel RGB sensörü.
3	Gösterge ışığı
4	Deklanşör
5	Micro USB host portu: multispektral sensör ile güneş ışığı sensörü bağlantısı için

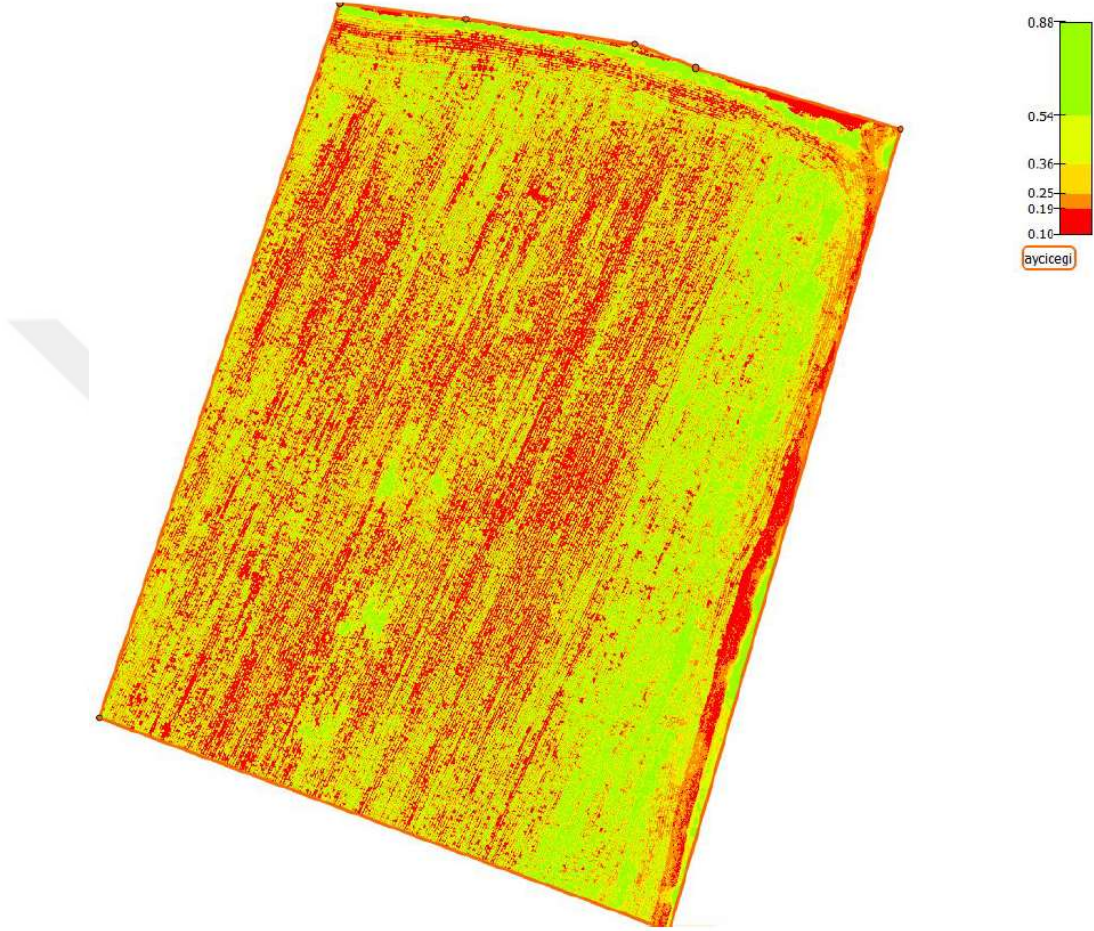
4.3 Toplanan Verilerin İşlenmesi

Toplanan veriler farklı spektrumlardaki sınırlı bir alan için alınmış görsellerdir. Öncelikle bu görseller birleştirilerek tüm tarımsal alanı içine alacak tek bir görsel elde edilmiştir.

Görüntü işleme çalışmaları, ilk olarak Parrot Sequoia marka multispektral kameralı IHA ile toplanılan görüntülerin Pix4D yazılımına aktarılarak ortofoto görüntüler elde edilmiştir. Üretilen bu ortofoto üzerinde de belirlenen indeks hesaplarına çevrilmiştir. Elde edilen bitki indeks haritalarını, değişken oranlı girdi uygulama haritasına çevirerek uygulama çıktıları elde edilmiştir.

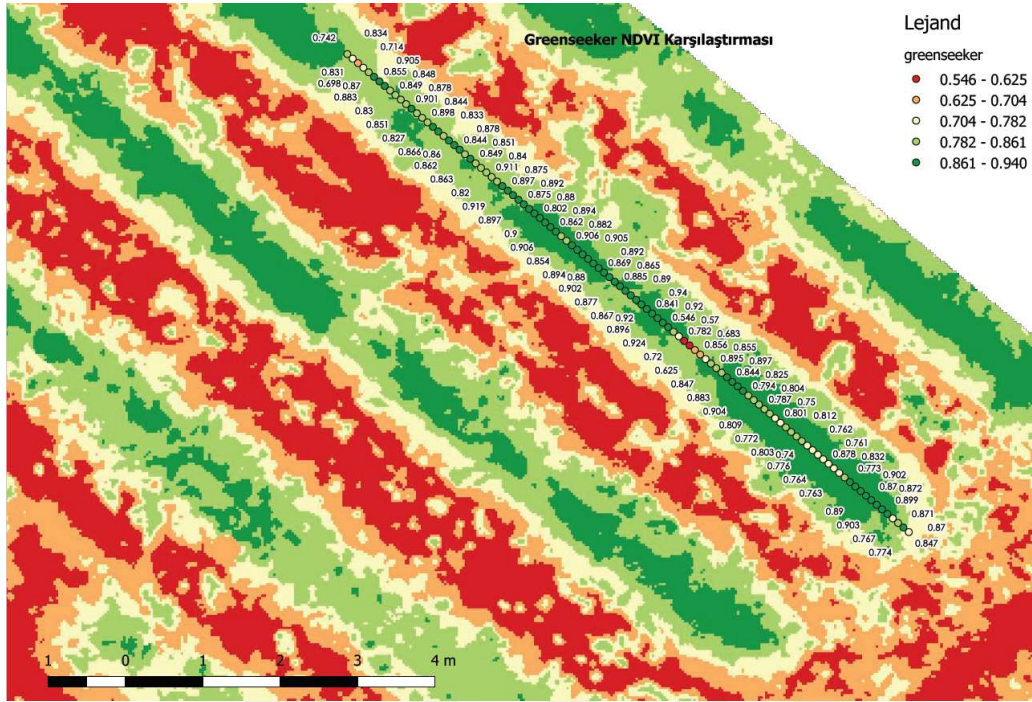
Yeşil ile renklendirilen noktanın azot yüzdesi en yüksek, kırmızı ile renklendirilen noktanın azot yüzdesi en düşük olarak gösterilmiştir. Yukarıda da belirtildiği gibi toprak örnekleri ile uzaktan algılama ile elde edilen değerlerin birbirleriyle örtüştüğü gözlenmiştir.

Ayçiçeği – Narrow band NDVI 3(0.920 – 0.696) - R2 = 0.79 ile oluşturulan ayçiçeği tarlasının haritası Şekil 4.3 te gösterilmiştir.



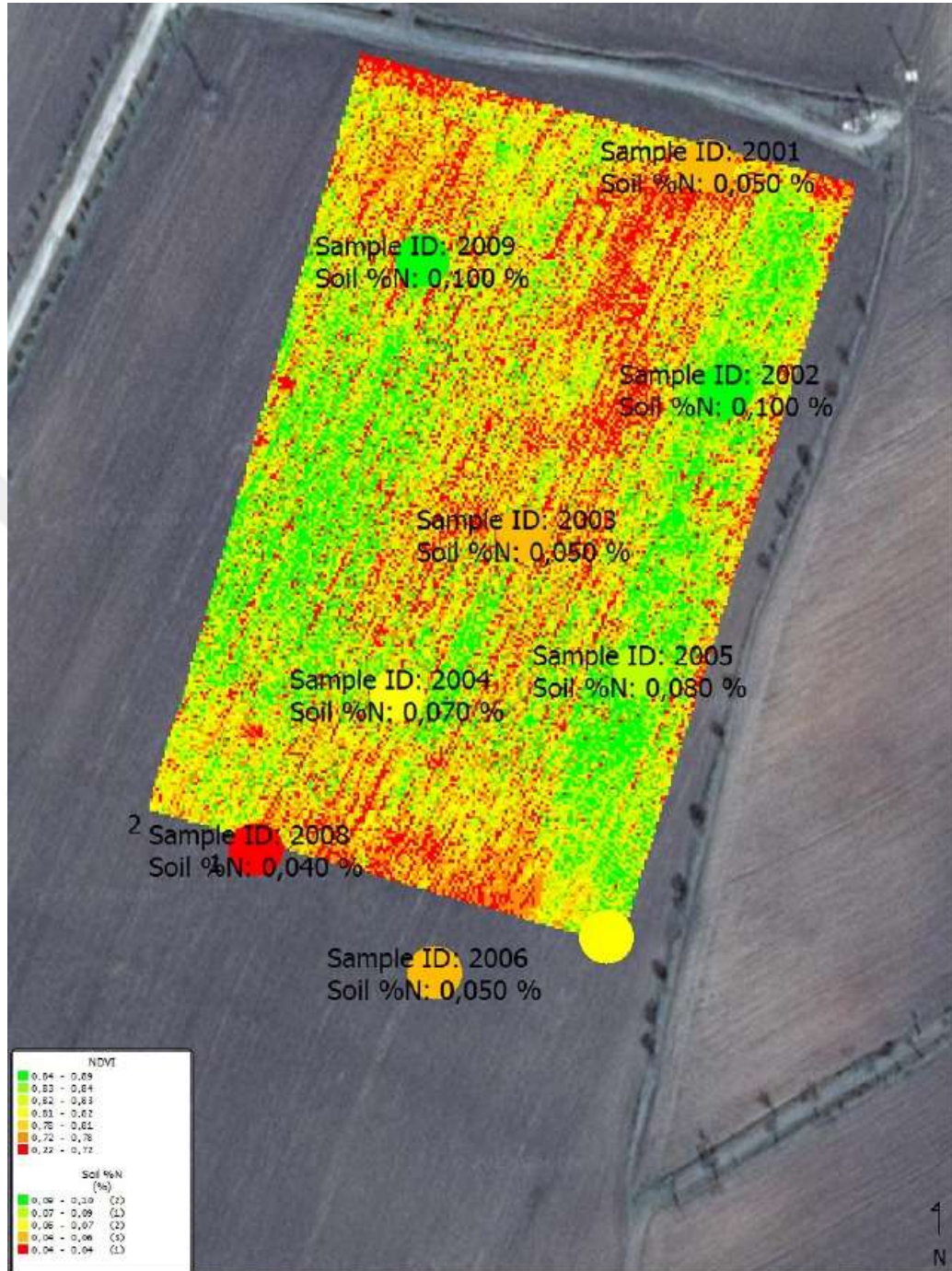
Şekil 4.3: Ayçiçeği tarlası NDVI haritası

Uygulamanın gerçeğliğini ölçmek için yersel algılama aracı(Greenseeker) ile değerler toplanmış ve bu verilerle Şekil 4.4 teki harita hazırlanmıştır. Yersel algılama ile alınan veriler büyük tarım alanlarında verimli kullanılabilir olmadığından bu veriler sadece örtüşme kontrolü yapmak ve İHA ile alınan verilerin doğruluğunu lmlemek için kullanılmıştır. Yerden alınan verilerin havadan alınan verilerle birebir örtüşmesi mümkün olmamakla birlikte toplanan datalar birbiri ile uyumlu olmuştur.



Şekil 4.4: El terminali ile alınan dataların NDVI değerleri ile renklendirilmesi

Uygulama yapılacak olan ayçiçeği arazisinde 8 farklı konumdan toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bu toprak örnekleri, Greenseeker ile yapılan çalışmaya benzer olarak İHA ile alınan verilerin doğruluğunu ölçümlmek için kullanılmıştır. Toprak analizine göre renklendirilen ayçiçeği arazisi haritası Şekil 4.5 te gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Toprak analizine göre renklendirilen ayçiçeği arazisi

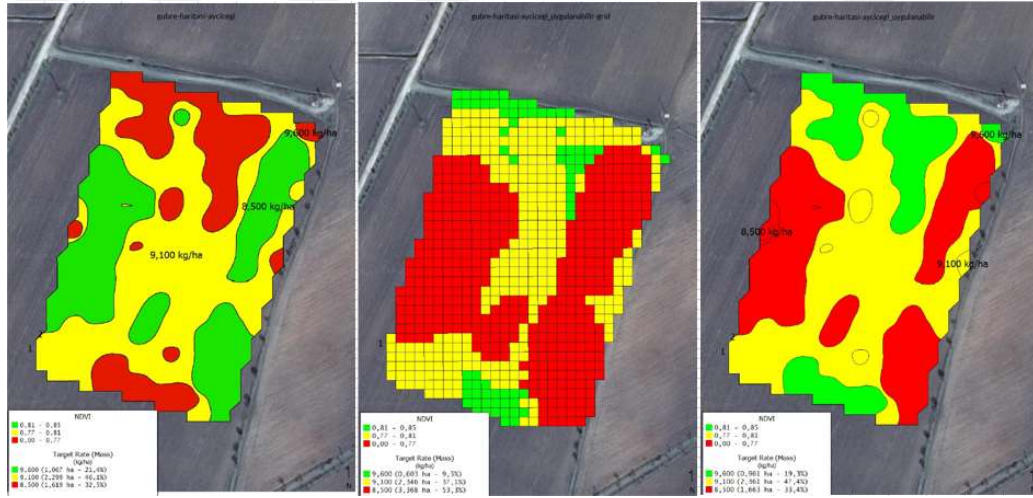


5. UYGULAMA ÇIKTISI

Elde edilen çeşitli haritaların, toprak testleri ile karşılaştırılarak, o bitkiye özel değişken oranlı girdi haritalarının çıkarılması işlemi gerçekleştirilmiştir.

Tarımsal alanların gübreleme alanları harita üzerinde belirlenmiş, bu alanlara ait toprak analizlerinin koordinat verilerine uygun olarak harita üzerine yerleştirilmiş, ve bu alanda NDVI bitki örtüsü indis haritalarının işlenmiştir(Şekil 5.2.a).

Değişken oranlı gübre uygulama haritalarının görsel yeni nesil tarımsal makinelerle uygulama yapılabilecek cm hassasiyetinde gridlere bölünmüş olarak(Şekil 5.1.b), eski nesil manuel uygulama yapılacaksa, tarımsal alanların yakın değere yuvarlama yöntemiyle tarlanın üç renkli hale getirilerek tarım çalışanın hangi bölgelerde hangi oranlarda gübreleme yapacağını tek bir görsel üzerinde gösteren bir harita oluşturulmuştur. (Şekil 5.1.c).



Şekil 5.1: Aynı alana ait a) NDVI ölçüm haritası b) Gridlere bölünmüş gübreleme Haritası c) Çiftçi gübreleme haritası



6. SONUÇ

Sürdürülebilir bir tarım ve temiz ekolojik alanlar her zaman insanlık için önemli parametreler olmuştur. Bitki hastalıkları ve zararlıları ile mücadele, kimyasal ürünlerin kullanımının en aza indirilmesi, toprağın kirletilmemesi, su kaynaklarının korunması, sürdürülebilir tarım alanları için zorunluluk arz eden kurallardır. Tarımsal üretim sistemi çok geniş alanlara yayılan ülkemizde sanayileşmiş ürünlere oranla girdi miktarı düşük seviyededir. Ülkemizde yoğun tarımsal kirliliğin olmaması ve tarım alanlarının tekrar tekrar kullanılması içinde yoğun bir çaba gerekmektedir. Dolayısıyla gelişen teknoloji ile üreticiye sunulan akıllı tarım teknolojileri de tarımda sürdürülebilirliği sağlamak açısından avantaj sağlamaktadır.

Tarımsal verimin artırılması amacıyla yapılan çalışmalar örneğin ilaçların istenilen arazi üzerine uygulanmasına ile üreticiye daha ucuz ve pratik bir çözüm olarak avantaj sağlayan insansız hava aracı ile sağlanabilmektedir. Bunun gibi birçok örnekte de gösterildiği gibi İnsansız hava araçlarının günümüzde de yaygınlaşmaya başladığı görülmektedir. Herhangi bir arazide tarımsal ihtiyaçların neredeyse hepsini inceleyecek ve takip edebilecek düzeyde olan İHA'lar gelecekte de gelişim göstererek daha fazla amaca hizmet edebilecektir. İklim verilerinin daha gerçekçi ölçülmesi ile bu alanlarda görülebilecek zararlar en aza indirilecektir. Bu sayede süreden tasarruf elde edilmesi sağlanmış olacaktır.

Yakın gelecekte daha fazla üretime ihtiyaç duyacağımız bir gerçektir. Bu üretimi sağlayabilmek içinde birim alandan alınan verimin artırılması gerekmektedir. Bu verimi sağlayacak olan unsurlar içerisinde de İnsansız Hava Araçları önemli bir yer tutacaktır.



KAYNAKLAR

Ambrosia, V.G., Wegener, S.S., Sullivan, D.V., Buechel, S.W., Dunagan, S.E., Anonim. (2000). 8. Beş Yıllık Kalkınma Planı, Kırsal Kalkınma ÖİK Raporu. Ankara: DPT:2522-ÖİK:538, 79s.

Anonim. (2004). II. Tarım Şurası, Kırsal Kalkınma Politikaları Komisyon Raporu. Ankara. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. 429-477.

ATTRA, (2005), Sustainable Agriculture: An Introduction, www.attra.ncat.org

Brass, J.A., Stoneburner, J., Schoenung, S.M., 2003. Demonstrating UAV-acquire dreal-time thermal data overfires. Photogrammetric Engineering Remote Sensing 69(4): 391-402.

Akgül, Mustafa, et al. “ İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları.”, Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University 2016, 66(1): 104-118

Araus JL, Cairns JE (2014). Field High-Throughput Phenoty

Blyenburgh, P. V., 1999. UAVs: an Overview. Uninhabited Aerial Vehicles (UAVs), Air and Space Europe Vol:1, No:5/6. pp. 43-47

Berni, J., Zarco-Tejada, P.J., Suárez, L., Fereres, E., 2009. Thermal and narrow band multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an unmanned aerial vehicle. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47(3): 722-738.

Bannari, A., Morin, D., Bonn, F. and Huete, A. R.(1995) 'A Review of Vegetation Indices', Remote Sensing Reviews, 13: 1, 95 — 120

Crs, 2013, Fundamentals of Remote Sensing Tutorial [Online], <http://www.nrcan.gc.ca/earthsciences/geomatics/satellite-imagery-air-photos/satellite-imagery-products/educational-resources/9309>, [Ziyaret tarihi: 12.12 2013].

Davies, E. R. (1997). Machine Vision, 2nd ed. London, UK: Academic Press.

Ehsani, R. ve Maja, J.M. (2013). The rise of small UAVs in precision agriculture. Resource 20(4): 18-19.

Feenstra, G. W. 1997. “Local Food Systems and Sustainable Communities.” American Journal of Alternative Agriculture 12:28-36.

Field, T. R. O., 1989. Vegetational Survey of Management Pastures in New Zealand. Proceedings of XVI International Grassland Congress, p. 1407-11408. Nice, France.

IFAS (2008), Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, <http://entomology.ifas.ufl.edu/mcsorley/agroecology/>

Jurdak, R., Elfes, A., Kusy, B., Tews, A., Hu, W., Hernandez, E., Kottege, N. ve Sikka, P. (2015). Autonomous surveillance for biosecurity. *Trends in Biotechnology* 33(4): 201-207.

Karavaşahin, Muhammet, Samancı,Ahmet, “Mini İnsansız Hava Aracının Tahıl Islah Parsellerinde Fenotipik Seleksiyonda Kullanılabilirliği”, *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2018

Kavak, Mehmet Tahir, et al. “ Uzaktan Algılama Yöntemleri Kullanılarak Diyarbakır İlinin 20 Yıl için Bitki Örtüsündeki Değişiminin İncelenmesi “ *Dicle Üniversitesi*, 2015.

Lisein, J., Pierrot-Deseilligny, M., Bonnet, S., Lejeune, P., 2013. A Photogrammetric workflow for the creation of a forest canopy height model from small unmanned aerial system imagery. *Forests* 4(4): 922-944.

Mermer, Ali, et al. “Doğu Anadolu Bölgesinde Mera Vejetasyonunun uydu görüntüleri (NDVI) ile izlenmesi”, 9. Tarla Bitkileri Kongresi, Eylül 2011

Marshall, D. M., Barnhart, R. K., Hottman, S. B., Shappee, E. and Most, M. T., 2011, *Introduction to Unmanned Aircraft Systems*, Taylor & Francis, ISBN: 9781439835203.

Mohammed Omar And Murat Yakar. "Yersel Fotogrametrik Yöntem ile İbadethanelerin Modellenmesi." *Selçuk-Teknik Dergisi* 15.2 (2016): 85 95.

Pierzchala, M.,Talbot, B., Astrup, R., 2014. Estimating soil displacement from timber extraction trails in steep terrain: application of an unmanned aircraft for 3D modelling. *Forests* 5(6): 1212-1223.

Polo, J., Hornero, G., Duijneveld, C., García, A., ve Casas, O. (2015). Design of a low-cost Wireless Sensor Network with UAV mobile node for agricultural applications. *Computers and Electronics in Agriculture* 119, 19-32.

Pretty, J., ve P. Koohafkan. (2002). *Land and Agriculture; From UNCED, Rio de Janeiro 1992 to WSSD, Johannesburg 2002, A Compendium of Recent Sustainable Development Initiatives in the Field of Agriculture and Land Management.* FAO, Rome. 59 p.

Rango, A., Laliberte, A., Herrick, J.E., Winters, C., Havstad, K., Steele, C., Browning, D., 2009. Unmanned aerial vehicle based remote sensing for rangeland assessment, monitoring, and management. *Journal of Applied Remote Sensing* 3(1): 033542-033542.

Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., Sarazzi, D., 2011. UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling–current status and future perspectives, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* 38 (1): C22.

Sankaran S, Khot LR, Zuniga Espinoza C, Jarolmasjed S, Sathuvalli VR, Vandemark GJ, Miklas PN, Carter AH, Pumphrey MO, Knowles NR, Pavek MJ (2015). LowAltitude, High-Resolution Aerial Imaging Systems For Row And Field Crop Phenotyping: A Review. *European Journal of Agronomy*, 70: 112-123

Schaller, N. (1993), “The concept of agricultural sustainability”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 46: 89–97.

SHGM, 2016. İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA). Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Ankara. 37 s.

Smith, C.S. ve McDonald, G.T. (1998), “Assessing the sustainability of agriculture at the planning stage”, *Journal of Environmental Management*, 52: 15–37.

Simmon R., (2014), Lead Data Visualizer and Information Designer (NASA), http://earthobservatory.nasa.gov/Features/MeasuringVegetation/measuring_vegetation_2.ph, Accessed 2.9.2014

Tan, S. ve Köksal, H. (2004), “Sürdürülebilir Tarım”, *T. E. A. E.-Bakış*, Nisan, Sayı 5 (2): 1–4.

Turhan, Ş. (2005), “Tarımda Sürdürülebilirlik ve Organik Tarım”, *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 11(1): 13–24.

Türkseven, Süleyman, et al. “Tarımda Dijital Dönüşüm; İnsansız Hava Araçları Kullanımı”, *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science)* 2016, 12 (4), 267-271

UK Cooperative Extension Service. UKCES (2012, july). Sector Skills Insight: Construction, Evidence Report No. 50.

Uzun, Yusuf, et al. “Tarım ve Kırsal Kalkınmada Yapay Zeka Kullanımı”, VI. KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu-KOPBKS 26-28 Ekim 2018-Konya

Yunlong, C. ve Smit, B. (1994), “Sustainability in agriculture: a general review”, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 49(3): 299–307.

Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F., Gökalp, E., 2013. İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, KTÜ, Trabzon.

Zhang, C., Elaksher, A., 2012. An Unmanned Aerial Vehicle-Based Imaging System for 3D Measurement of Unpaved Road Surface Distresses. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 27(2): 118-129.



EKLER

EK A: Tarım bakanlığı spor ve gübre tavsiyeleri

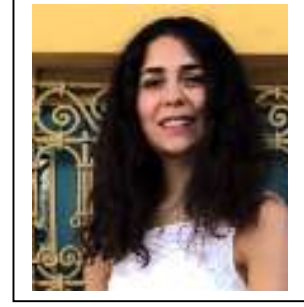


EK A

Bitki Çeşidi	Tarım Şekli	Topraktaki organik madde miktarı			
		0-0.1	1.1-2.0	2.1-3.0	3+
Bugday	Sulu	17	16	15	12
Bugday	Kuru	14	13	12	10
Arpa	Kuru	10	9	8	7
Yulaf	Kuru	8	7	6	5
Mısır	Sulu	19	18	16	14
Mısır	Kuru	14	13	12	10
Çeltik	Sulu	19	18	17	14
Ayçiçeği	Sulu	18	14	12	10
Ayçiçeği	Kuru	10	9	8	7
Patates	Sulu	17	16	14	12
Ş.Pancarı	Sulu	15	14	12	10
Ş.Pancarı	Kuru	11	10	9	8
Bağ	Sulu	14	12	11	10
Bağ	Kuru	10	9	8	7
Meyve	Sulu	12	10	8	7
Sebze	Sulu	16	14	12	10
Yonca	Sulu	6	5	4	3
Kavak	Sulu	15	14	12	10
K. Sogan	Sulu	15	14	13	10
K. Sogan	Kuru	10	9	8	7
Bostan	Sulu	13	11	9	8
Bostan	Kuru	9	8	7	6
Tütün	Kuru	5	4	3	3
Kabak (Çekirdek)	Sulu	10	9	8	7
Zeytin	Kuru	10	9	8	7
Kanola	Kuru	14	13	13	10
Bugday	Sulu	17	16	15	12
Bugday	Kuru	14	13	12	10
Arpa	Kuru	10	9	8	7
Yulaf	Kuru	8	7	6	5

Şekil A.1: Tarım bakanlığı spor ve gübre tavsiyeleri.

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Hüsne ARIKAN
Doğum Tarihi ve Yeri : 1991, Dörtyol
E-posta : husne.arikanbm@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM:

- **2014-2018-** General Mobile ArGe Yazılım Mühendisi
- **2018-** General Mobile ArGe Proje Yöneticisi