

Derleme Makalesi

## İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı

Mustafa AKKAMIŞ<sup>\*1</sup>, Sevgi ÇALIŞKAN<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ayhan Şahenk Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Niğde, Türkiye

### Anahtar Kelimeler:

Uzaktan Algılama  
İHA  
Hassas tarım

### ÖZ

Bitkisel üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması yenilikçi tarım uygulamalarının uygulanması ile mümkündür. Bu yeniliklerin üretim alanında uygulanmasıyla tarım arazileri birçok açıdan iyileşmekte ve üretim verimliliği artırılmaktadır. Bu uygulamalardan bir tanesi olan hassas tarım son yıllarda bütün dünyada bilinen ve arazilerde giderek artan düzeyde uygulanmaya başlayan teknolojik değişimin öncüsü olmuştur. Hassas tarım uygulamalarından biri olan uzaktan algılama ise tarım arazilerinin özelliklerinin belirlenmesinde uydu ve uçak teknolojilerini kullanarak daha etkin tarımsal yönetim modeli oluşturmada üreticilere yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda uzaktan algılamada kullanılan uydu ve uçak sistemlerinin yerine daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde ederek diğer sistemlere göre hem hızlı hem daha ekonomik olan insansız hava araçları kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar bitki durumu inceleme, hastalık ve zararlı tespiti, bitkisel stres, verim tahmini, yabancı ot tespiti gibi işlemlerde geleneksel olarak yapılan yöntemlere göre daha hızlı, ekonomik ve daha verimli şekilde elde edilmektedir. Bu makalede insansız hava araçlarının genel yapısı ve tarımda kullanım alanları açıklanmış ayrıca bitkisel üretim amacıyla yapılan çalışmalar eklenerek insansız hava araçlarının bu çalışmalarda nasıl kullanıldığı açıklanmıştır.

## Unmanned Aerial Vehicles and Usage in Agricultural Applications

### ABSTRACT

### Keywords:

Remote sensing  
UAV  
Precision Agriculture

Sustainability is possible in plant production through application of innovative agricultural practices. By applying innovations in the production area, agricultural lands are improved in many respects and the production efficiency is increased. Precision agriculture, which is one of applications, has been the pioneer of technological change, which has been known all over the world in recent years and has started to be applied gradually in the fields. Remote sensing one of the sensitive farming practices, helps producers to create more effective agricultural management model by using satellite and aircraft technologies in determining the characteristics of agricultural lands. However instead of satellite and aircraft systems used in remote sensing, unmanned aerial vehicles, which are both faster and more economical, have started to be used compared to other systems that obtain higher resolution images. These tools are obtained faster, economically and more efficiently in processes such as plant condition examination, disease and pest detection, plant stress, yield prediction, weed detection than the traditional methods. In article, the general structure of the unmanned aerial vehicles, their areas of usage in agriculture are explained, and how the unmanned aerial vehicles are used in these studies is explained by adding the studies conducted for the purpose of plant production.

\*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA);

\*(mustafa4007@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-2760-0562  
(sevcaliskan@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-7759-0809

Akkamış, M. & Çalışkan, S. (2020). İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 8-16.

Araştırma Makalesi  
DOI: XXXXXXXXXXXXX

Geliş Tarihi: 23/03/2020; Kabul Tarihi: 07/05/2020

## 1. GİRİŞ

Teknolojinin her geçen gün ilerlemesi ve yaygınlaşması neredeyse bütün bilim alanlarında kullanılmasına olanak sağlamıştır. Günümüz teknolojisi geçmişe göre daha fazla fırsat verdiği için bundan geniş ölçüde yararlanılabilmektedir. Tarım da bu teknolojik gelişmeler çerçevesinde ileri düzey araştırmalar yapılacak bir alan haline gelmiştir. Arazilerde yapılan çalışmaların çoğu artık teknolojik aletler ile yapılarak daha az zaman ve işgücü ile yapılabilmektedir.

Uzaktan algılama, tarımsal işlemlerde kullanılan bu teknolojilerden birisidir. İlk olarak askeri amaçla kullanılan bu teknolojiler ile toprak özellikleri, yabancı ot ve hastalık ve zararlı durumu tespit edilebilmektedir. Uzaktan algılama teknolojilerinden birisi olan insansız hava araçları (İHA) son zamanlarda tarımsal üretim yapılan arazilerde kullanılmaya başlanmıştır. İnsansız hava araçları askeri ve sivil amaçlı olarak birçok işlemde uzun zamandır kullanılmaktadır. Bununla birlikte tarımda kullanımı her geçen gün artmaya devam etmektedir. Bu yüzden İHA'ların tarımda nasıl kullanılacağı ve yapılacak işlerde dikkat edilmesi gerekenler iyi bilinmelidir. İnsansız hava araçlarında bulunan farklı özelliklerden dolayı uydulardan elde edilen görüntüler ve yerden yapılan ölçümlere göre avantajlar sunmaktadır.

İHA tabanlı uzaktan algılama sistemlerinin geliştirilmesi, uzaktan algılama ve Hassas Tarım'ı bir adım öteye taşımıştır. Bitkileri izlemek için İHA'ların kullanılması, önceki yöntemlere kıyasla arazi verilerini kolay, hızlı ve uygun maliyetli bir şekilde elde etmek için büyük imkanlar sağlamaktadır. İHA tabanlı IoT (Internet of Things) teknolojisi, hassas tarımda uzaktan algılamanın geleceği olarak kabul edilir. İHA'ların alçak irtifada uçuş yeteneği sayesinde bitkilerin yüksek uzamsal çözünürlüklü görüntülerinin elde edilmesine olanak sağlar. Ayrıca, İHA tabanlı izleme sistemleri, kullanıcının isteğine göre kullanılabilirlikleri için yüksek zamansal çözünürlüğe sahiptir (Tsouros vd., 2019).

Yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğü olan görüntüler elde edilmesi maliyeti düşürerek zamandan ve işgücünden tasarruf sağlar. Aynı zamanda kullanımının esnek olması ve havanın bulutlu olduğu koşullarda ölçüm yapabilmesi bu sistemleri avantajlı hale getirmektedir (Avdan ve ark., 2014). İnsansız hava aracı çoklu spektral görüntüleme sağlayabilen farklı kamera filtreleriyle bitkinin görüntülerini yakalayarak bitki sağlığı hakkında önemli bilgiler verir.

Tarım yapılan arazinin engebeli olmasından kaynaklanan sorunlar da İHA'ların arazide topladığı bilgiler ile gözlemlenebilir ve oluşan durum karşısında önceden önlem alınabilir. Ülkemizde tarım yapılan arazilerde İHA'ların kullanımı ile ilgili çalışmaların yapılması ile birlikte teknolojinin tarımla bütünleşmesinde en önemli adımlardan biri

atılmıştır. Bu sistemlerin giderek artması ile tarımsal faaliyetlerde çağın getirdiği olanaklardan olumlu düzeyde faydalanılabilmektedir. İHA'lar son zamanlarda Hassas Tarım (HT) için uzaktan algılama uygulamalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı tipteki sensörlerle donatılmış olan İHA'lardan, bitkilerin hangi bölgelerinin farklı bir yönetime ihtiyaç duydukları belirlenebilir (Kulbacki vd., 2018). İHA'lar ile bitkilerin hastalık-zararlı oranı ve sulamadan kaynaklanan farklılıklar incelenebilmektedir. Özel olarak üretilen kameralara sahip İHA'lar sayesinde hastalıklı ve stres durumundaki bitkiler incelenebilmektedir. Dünya çapında İHA'lar yalnızca veri toplama işlemlerinde değil bununla birlikte otonom ve programlanabilir kabiliyetleri sayesinde arazide istenilen bölgeye değişken oranlı uygulama yapılmasında da kullanılmaktadır. Yenilenen teknolojilerle daha az sürede daha fazla iş yapması ve gelişen uygulama alanları, İHA'ların önem düzeyini zamanla üst seviyelere çıkarmaktadır (Bozdoğan vd., 2016).

İHA ile yapılan ilaçlama, düşük çalışma yüksekliği, daha az sürüklenme, düşük maliyet ve yüksek esneklik avantajları sayesinde tarımsal havacılık uygulamalarında hızla gelişmektedir. Son zamanlarda düşük irtifa ve düşük hacimli ilaçlama için İHA tabanlı püskürtme sistemlerinin ve uygulama teknolojilerinin geliştirilmesi önemli bir ilerleme kaydetmiştir ve farklı ürünlere ilaçlama yapabilmek için çeşitli İHA türleri kullanılmaktadır (Lan vd., 2017). Aynı zamanda İHA'lar, tahılların ıslah ve çeşit geliştirme uygulamalarında üstün genotiplerin seçimi aşamasında istenmeyen durumları çözecek verimi yüksek olan fenotipleme çalışmaları için farklı bir stratejidir. İHA'lar, daha verimli olan ve biyotik, abiyotik streslere karşı önemli derecede direnç gösteren, yüksek verimli tahıl çeşitlerinin seçimini önemli ölçüde hızlandırabilecektir (Karaşahin ve Samancı, 2018). Bu çalışmada yapılan çalışmalar ve analizler doğrultusunda İHA'ların tarımsal üretimde hangi çalışmalarda kullanıldığı ve bu sistemlerin sağladığı avantaj ve dezavantajlar incelenmiştir.

## 2. İNSANSIZ HAVA ARACININ TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

İnsansız hava araçları ile ilgili belirli bir tanım olmamakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan birkaç tanımı bulunmaktadır. Bunlardan yola çıkarak İHA en çok bilinen tanımıyla, içerisinde pilot bulunmayan, üzerinde amacına uygun olarak çeşitli aletler bulunduran, yerde bulunan bir pilot tarafından kontrol edilen veya önceden planlanan uçuş güzergahında otonom olarak yönlendirilen hava araçlarıdır (Kahveci ve Can, 2017). Aynı şekilde İHA'ların sınıflandırılması için de belirli bir standart bulunmamaktadır. Dolayısıyla sınıflandırma işlemine bakıldığında çalışmanın ihtiyacına göre

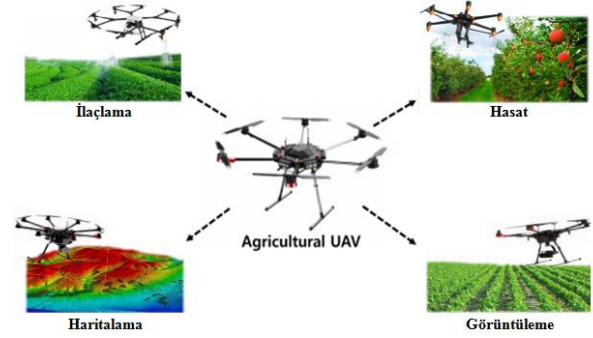
yapılması genelde ön plana çıkmaktadır. Sınıflandırmalara Tablo 1’de verilen başlıklar altında incelenebilmektedir. Tablo incelendiğinde İHA’lar farklı kullanım amacı ve teknik özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Ancak bu sınıflandırmaların yanında en fazla kullanılan sınıflandırma, maksimum kalkış ağırlığı, gidebileceği mesafe, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa şeklinde yapılandırılır. Bu sınıflandırma dikkate alındığında ise İHA’lar genel olarak Mikro/Mini, Taktiksel, Stratejik ve Özel Görev İHA’ları olarak gruplandırılabilir (Korchenko ve Illyash, 2013; Yiğit vd., 2018).

**Tablo 1.** İHA’ların Sınıflandırılması (Korchenko ve Illyash, 2013; Yiğit vd., 2018)

Kullanım Alanına Göre	Sivil			Askeri	
	Kontrol Sisteminin Çeşidine Göre	Doğrudan	Gözlenen	Uyumsuz Otonom	Uyumlu Otonom
Uçuş Kurallarına Göre	Görerek		Aletli	Görerek- Aletli	
Kullanılan Alana Göre	Bölünmüş/Ayrılmış			Bölünmemiş/Ayrılmamış	
Aracın Tipine Göre	Uçak	Helikopter	Döner Kanat	Sabit Kanat	Güdümlü
Kanat Tipine Göre	Sabit			Döner	
Kalkış ve İniş Yönüne Göre	Dikey			Yatay	
Motor Tipine Göre	Gaz Türbinli		Elektrikli	Pistonlu	
Uçuş irtifasına göre	Düşük		Orta	Yüksek	

### 3. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIM ALANLARI

Teknolojinin gelişmesiyle kullanım alanı da gelişen insansız hava araçları ilk olarak askeri amaçla kullanılmış ve 1916 yılında uçurulmuştur. Daha sonra insansız hava araçlarının sivil amaçla kullanıma başlanması 1950 yıllarında olmuştur. İnsansız hava araçları şimdiye kadar fotogrametri ve uzaktan algılama amacıyla kullanılmaya devam etmektedir. Örnek olarak: Harita yapımı, arkeolojik alanların incelenmesi, orman ve tarım uygulamaları, afet yönetimi olmak üzere birçok alanda insansız hava aracı kullanılmaya devam etmektedir (Rango vd., 2006; Çömert vd., 2012). Bu makalede daha çok İHA’ların tarımsal uygulamalarda kullanımı ele alınmıştır İHA’ların tarımsal üretimde hangi amaçla ve ne şekilde kullanıldığı ve bu teknolojinin gelecekte tarımsal amaçlı yapılacak olan çalışmalara öncülük edeceği düşünülen çalışmalar incelenmiştir.



**Şekil 1.** Tarımda farklı amaçlar için kullanılan İHA tipleri (Kim vd., 2016)

### 3.1 İnsansız Hava Araçlarının Tarımda Kullanıldığı Alanlar

Tarımda uzaktan algılama uygulamalarında genellikle yüksek zamansal çözünürlüğe sahip görüntülere ihtiyaç vardır. Uydu görüntüleri ve uçak verilerinin elde edilmesi oldukça zordur ve maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle Gps ve dijital kameraya sahip insansız hava araçları bütün dünyada araştırmaların odağı haline gelmiştir. İnsansız hava araçlarının tarımda kullanımını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Urbahs ve Jonaite, 2013).

- Bitki örtüsünün kapladığı alanının belirlenmesi
- Bitki durumunun incelenmesi
- Bitki hastalıklarının belirlenmesi
- Doğal olaylardan zarar gören ürünün tanımlanması
- Bitki örtüsü ve biyokütle veriminin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi
- Verim tahmini
- Hasatta yapılan işlemlerin gözlemlenmesi
- Sonraki yetiştirme dönemi için toprağın incelenmesi
- Toprağın nem durumunun belirlenmesi
- Bitki fizyolojik değişimlerinin tahmin edilmesi
- Bitkide su stresinin belirlenmesi
- Yabancı otların tespiti
- Tarımsal ilaçlama

İnsansız hava araçları yukarıda belirtildiği gibi birçok tarımsal uygulamada kullanılmakta ve bu uygulamalar günümüzde giderek artmaktadır. Tarımsal üretimde genel anlamda İHA’lar hassas tarım uygulamalarında kullanılmaktadır. Bununla beraber İHA’lar bitki ve iklimsel koşulları incelemek amacıyla da kullanılmaktadır. Günümüzde en ucuz ve gelecekte en fazla kullanılacak arazi izleme türlerinden birisi insansız hava araçlarıdır. İHA’ların uçak ve uydulardan elde edilen görüntülere göre bazı avantajları vardır. İHA’lar ile çekilen fotoğraflar istenilen herhangi bir zamanda elde edilebilir ve havanın bulutlu olmasından etkilenmediğinden arazinin tamamı görüntülenebilir. İHA’lar diğer sistemlere göre yüksek manevra kabiliyeti sayesinde yapılacak işlemde daha az zaman harcar ve

ulaşılması zor olan arazilerde kaliteli görüntü elde edilmesini sağlar (Urbahs ve Jonaite, 2013).

#### 4. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İLE YAPILAN TARIMSAL UYGULAMALAR

İnsansız hava araçları istenilen zaman ve yerde esnek hareket kabiliyetlerine sahip olduklarından bitki türlerinin belirlenerek sınıflandırılması ve verimliliğinin tahmin edilmesi gibi çalışmalarda kullanılabilir. İHA'da bulunan kameralar ile yonca ve soya bitkilerinin tespiti yapılabilmekte ve elde edilen görüntüler kullanılarak türler sınıflandırılabilir (Doğan ve Yıldız, 2019). İHA'lar ile iklim verileri toplanabilir ve bu veriler bilgisayar yardımıyla işlenerek uygun ilaçlama zamanı ve uygulanacak kimyasal veya kimyasallar tespit edilebilir. Elde edilen fotoğrafların işlenmesi ile bitkide oluşabilecek herhangi bir olumsuzluğa karşı önceden müdahale edilebilmektedir (Reis, 2014).

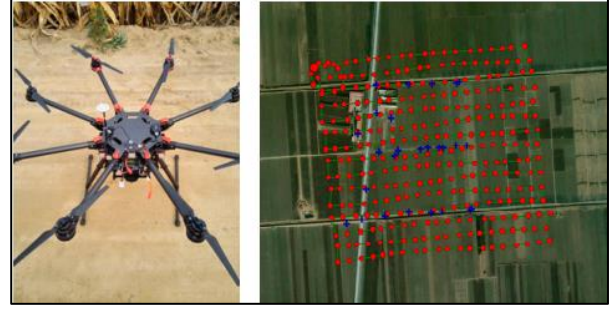
Bitki durumunu inceleme çalışmaları İHA'larla yapılabilmektedir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada insansız hava aracıyla farklı gübre uygulaması yapılmış olan buğday bitkisinin yaprak alan indeksi ile yeşil normleştirilmiş bitki örtüsü indeksi (GNDVI) arasında önemli bir korelasyon ( $R^2=0,85$ ) elde edildiği görülmüştür (Hunt ve ark., 2010). Aynı zamanda İHA ile üç boyutlu modelleme çalışmaları da yapılmaktadır. İHA ile alınan görüntüler ile arazinin üç boyutlu görüntüsü elde edilebilmekte ve verim tahmini yapılabilmektedir. Geipel vd. (2014), yaptıkları çalışmada spektral ve zamansal olarak İHA ile alınan görüntülerin üç boyutlu modellemesi yapılarak mısır verim tahmini için kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

##### 4.1. Fenotipleme Çalışmalarında İHA Kullanımı

Hassas tarım ve uzaktan algılama çalışmalarında, arazideki bitki fenotipleri hakkında bilgi sağlayarak izleme ve görüntüleme yapılabilmektedir. Yani uydu ve uçakla elde edilen görüntüler uzaktan algılama için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemler büyük alanlar için mekansal çözünürlük sağlanmasına rağmen bitki fenotiplemesi için istenilen çözünürlüğe sahip değildirler. Ancak, İHA'lar tarımsal alan gözetimi için gelecek vaat eden bir teknolojidir. Çünkü İHA'lar tarafından çekilen görüntüler hem yüksek mekansal çözünürlük hem de hızlı geri dönüş kapasitesine sahiptir. (Berne vd., 2009).

Patateste geç yanıklığı direncinin değerlendirilmesi için fenotipleme çalışması İHA ile yapılan çalışmada farklı çeşitlerin olduğu 262 parselden oluşan bir arazi tasarlanmıştır. Çalışmada hem görsel değerlendirme hem de havadan alınan 11 fotoğrafın değerlendirilmesi yapılmıştır. İHA ile alınan hava fotoğrafları görüntü işleme yazılımına aktarılarak hastalık şiddeti tahmin edilmeye çalışılmıştır. Araştırmacılar çalışmayı iki yetiştirme sezonunda da denemiş ve hastalık şiddetinin

tahmininde İHA görüntülerinin geleneksel görsel değerlendirmeden daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, ıslah amacıyla bitki fenotiplemesinde geleneksel uzaktan algılamanın uygulanması veri elde etmenin pahalı olması ve mekansal çözünürlüğün düşük olmasından dolayı sınırlıdır. Bu yüzden İHA kullanımı ile ıslah programlarında hedeflenen fenotipleme doğru bir şekilde yapılabilmektedir. Yu ve ark. (2016) soya bitkisinde yapılan denemede İHA ile yüksek çözünürlüklü olarak elde edilen görüntülerin ıslah edilen bitkilerin verim tahmininde kullanılabilirliğini belirtmişlerdir.



**Şekil 2.** Fenotiplemede kullanılan İHA platformu (Sol) ve örnek uçuş güzergahı (Sağ) (Su ve ark., 2019)

Yukarıda verilen şekilde de görüldüğü gibi Su ve ark., (2019) İHA kullanarak mısır bitkisinde fenotipleri karşılaştırmışlardır. Bu amaçla yaptıkları çalışmada bitki boyu ve yaprak alan indeksi tahmin edilmiştir. İHA'lerden elde edilen görüntülerden digital yüzey modeli çıkarılmış ve bunun bitki boyu ile olan ilişkisi  $R^2 = 0.78$  olarak elde edilmiştir. Yaprak alan indeksi tahmini için de fiziksel radyasyon transferi PROSAIL modeli, hem büyümenin orta döneminde ( $R^2 = 0.7490$ , RMSE = 0.3443) hem de daha sonraki büyüme dönemlerinde ( $R^2 = 0.7450$ , RMSE = 0.3154) doğru bir tahmin performansı göstermiştir.

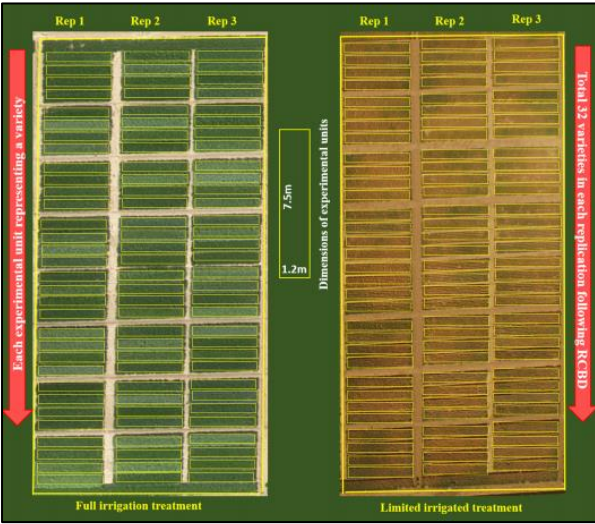
##### 4.2. Verim Tahmininde İHA kullanımı

Tarım arazilerinin verimliliğinin izlenmesi geleneksel yöntemler ile çok zaman almakta ve etkin bir başarı sağlanamamaktadır. Bu yüzden arazilerde uzaktan algılama yöntemlerinden yararlanmak bu sorunu ortadan kaldırabilmektedir. Belirli bir yükseklikten elde edilen görüntüler görüntü işleme yöntemleri ile analiz edilebilir (Tabanlıoğlu vd., 2014). Bunun sonucunda ürün verimi ile ilgili tahminler yapılabilir.

Stroppiana ve ark. (2015) İtalya'nın kuzey bölgesinde çeltik arazisinde yaptıkları denemede İHA (DJI S1000 Octocopter) üzerindeki multispektral sensör (Tetracam ADCMicro) ile ürün verimini tahmin etmeye çalışmışlardır. Görüntüler yeryüzünün 70 m yukarısından alınmıştır. Alınan görüntülerin yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi yansımalarının oluşturulması için işlenmiştir. Aynı zamanda NDVI (Normalized Difference Vegetation



Index) ve RGRI (Red Green Ratio Index) bitki örtüsü indeksleri hesaplanarak çeltik verimi ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda arazideki ürün verimini tahmin etmede İHA görüntüleri ile yansıma görüntüleri arasında  $R^2=0,42-0,54$  korelasyon elde edildiği ve bu görüntülerin hassas tarım uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanılabilirliği belirtilmiştir (Stroppiana vd., 2015). Bu teknoloji geleneksel olarak yapılan görüntüleme çalışmalarına göre daha hızlı ve daha az maliyetli olduğu için İHA ile verim tahmin etme çalışmaları günümüzde giderek artmaktadır. Bir diğer çalışmada ise Furukava ve ark., (2020) mısırdaki verimi tahmin etmek amacıyla İHA verilerini kullanmışlardır. İHA ile elde edilen görüntülerden oluşturulan NDVI değerleri hasat verileri ile karşılaştırılmış ve  $R^2$  değerinin 0,51 düzeyinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bu değer İHA ile verim için oldukça kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir.



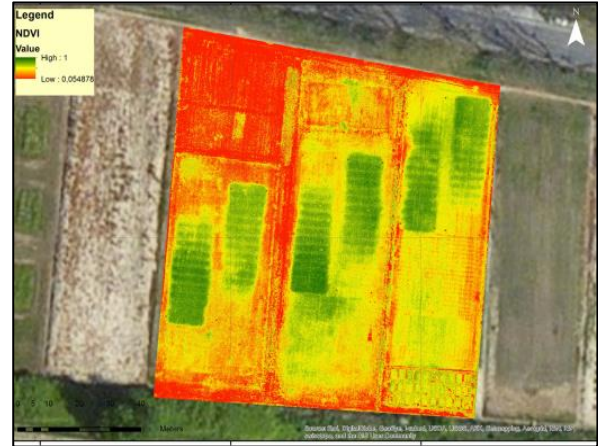
**Şekil 3.** İha ile farklı sulama yönetimi uygulanmış alanların verim tahmini amacıyla alınan görüntüler (Hassan vd., 2019)

#### 4.3. Bitki Besleme ve Sulama Uygulamalarında İHA Kullanımı

Gübre uygulamaları bitkilerin büyümesini, rengini ve verimini etkilemektedir. Bu gübrelerden biri olan azot, yüksek hareket kabiliyeti nedeniyle arazide mekansal çözünürlüğe sahip bir besin olarak gözlenmektedir. Diğer yandan bitki yapraklarındaki azot klorofil molekülünde bulunduğu için azot ile klorofil içeriği arasında önemli bir ilişki vardır. Bu nedenle azot miktarını yüksek çözünürlükle izleyebilen sensörler alana özgü yapılacak uygulamalarda yararlı bilgiler sağlayacaktır. Agüera ve ark. (2011), bu amaçla insansız hava aracından alınan görüntüler ile yerden algılama yapan bir platformu (Pacific Vision, Inc.- çok spektrumlu radyometre) karşılaştırmışlardır. Bitki yetiştirme dönemi boyunca her iki sistem ile dört görüntü alınmış ve bunlardan azot durumu ile ilgili bir indeks hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda hesaplanan

Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) her iki sistem ile azot miktarını iyi derecede sağlamıştır. Ancak İHA'lar ile toprak ve gölge ile kaplı alanın ölçümü mümkün olduğundan İHA'dan elde edilen sonuçların diğer sisteme göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

İHA görüntüleri ile elde edilen yansıma verileri ile bitkinin gerçek besin maddesi ihtiyacını belirlemek hem ekonomik hem de çevresel açıdan fayda sağlamaktadır. Çim bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada İHA ve el tipi görüntüleme aleti 3 farklı çim çeşidinin spektral yansımasını karşılaştırmak ve bunların N miktarı tahmininde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda el tipi alet ile İHA arasında önemli bir korelasyon (0,83 - 0,97) elde edilmiştir. İHA görüntüleri, çim bitkilerinin N durumunu ve mekansal değişkenliğini yeterli bir şekilde değerlendirebileceği ve golf sahaları veya yarış sahaları gibi geniş alanlar için İHA ile elde edilen veriler ile çim yönetiminin optimize edilebileceği açıklanmıştır. Ancak küçük yeşil alanlar için, el tipi sensörün daha ucuz ve daha pratik bir seçenek olabileceğine de dikkat edilmelidir.



**Şekil 4.** İnsansız hava aracına monte edilen Tetracam ADCMicro tarafından alınan çim arazisinin RGB görüntüsü (Caturegli vd., 2016).

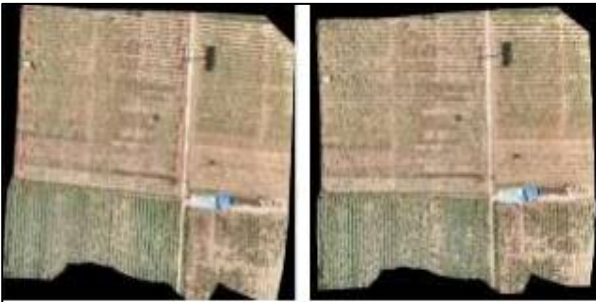
Uzaktan algılama sistemlerinin içinde bulunan insansız hava araçları arazi içindeki mekansal değişimleri ve alana özgü yönetim sistemlerinin uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Hassas sulama uygulamaları bu uygulamalar içerisinde değerlendirilebilir ve bu sayede su tüketiminin azaltılmasına katkıda bulunabilir. Dolayısıyla İHA verileri ile arazinin su durumu belirli indekslerle belirlenebilir ve ardından ihtiyaca göre sulama yapılabilir. Üzüm bağında yapılan multispektral ve termal kameraya sahip İHA çalışmasında bağın su içeriği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen görüntü indeksleri ile stoma iletkenliği ve gövde su potansiyeli arasında bir ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak, İHA kullanılarak yapılan termal ve multispektral görüntüler, bağ içindeki su durumunun mekansal değişkenliğinin değerlendirilmesine ve haritalandırılmasına olanak tanıdığı belirlenmiştir (Baluja vd., 2012). Bitki

örtüsü haritaları, ışımıyı önleme ve evaporatif yüzey alanı ile doğrudan ilişkili olduğundan sulamada buharlaşma katsayısını belirlemek için kullanılır. Chen ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada pamuk ve yer fıstığının sulama homojenliğini ve bitki katsayısını oluşturabilmek amacıyla İha kullanmışlardır. Çalışmanın sonunda kırmızı-yeşil vejetasyon indeksi (GRVI) değerinin NDVI'dan daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna varmışlardır.

#### 4.4. Bitki Örtüsü Tahmininde ve Bitki Sayımında İHA Kullanımı

Yaprak alan indeksi (LAI), bitki yetiştirmede kullanılan en yaygın indekslerden birisidir. Bitki örtüsünün kapladığı alan (kanopi) ve yapısı LAI ile ilişkilidir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak İHA ile bitki örtüsünün ölçümü uzaktan değerlendirilebilir. Soğanda yapılan bir çalışmada sekiz ayrı parselde ekili olan bitkilerin İHA ile görüntüleri alınmıştır. Görüntüler farklı modeller ile analiz edilmiş ve LAI ile kanopi arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ( $R^2=0,83$ ). Araştırmada ayrıca LAI ile kanopi arasındaki ilişkinin bitki gelişme dönemine göre değiştiği belirtilmiştir (Corcoles vd., 2013). İHA'nın bu işlemlerde kullanılması daha basit olmakta ve daha az zaman almaktadır. Bununla beraber bu sistemler yüksek maliyetli olduğundan daha büyük arazilere sahip çiftçiler tarafından veya kooperatifler aracılığıyla karşılanabilir.

Tarım arazilerindeki ağaçların kapladığı alan, yüksekliği ve taç genişliği (yoğunluğu) gibi geometrik parametreler bitki durumunu incelemede faydalı bilgiler sağlayabilir. Ancak bu bilgilerin alınması oldukça zaman almakta ve çok yoğun işgücü gerektirmektedir. Buna bağlı olarak yapılan bir çalışmada İHA ile ağaçlar üç boyutlu olarak izlenmiştir. Çalışma iki aşamalı olarak değerlendirilmiştir. İlk aşamasında İHA ile dijital yüzey modelleri elde edilmiş ve ikinci aşamada nesne tabanlı görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hem tek ağaç hem de bütün ağaçlık alan % 97 ye varan doğruluk ile tahmin edilmiştir (Torres-Sánchez vd., 2015). Oluşturulan üç boyutlu haritalar ile ağaçlar ve arazi arasındaki bağlantılar belirlenebilir ve hassas tarım yapılarak yönetilen arazinin çevreye etkileri optimize edilebilir.



Şekil 5. İnsansız hava aracı ile kivinin bitki örtüsünün değerlendirilmesi (Xue vd., 2019)

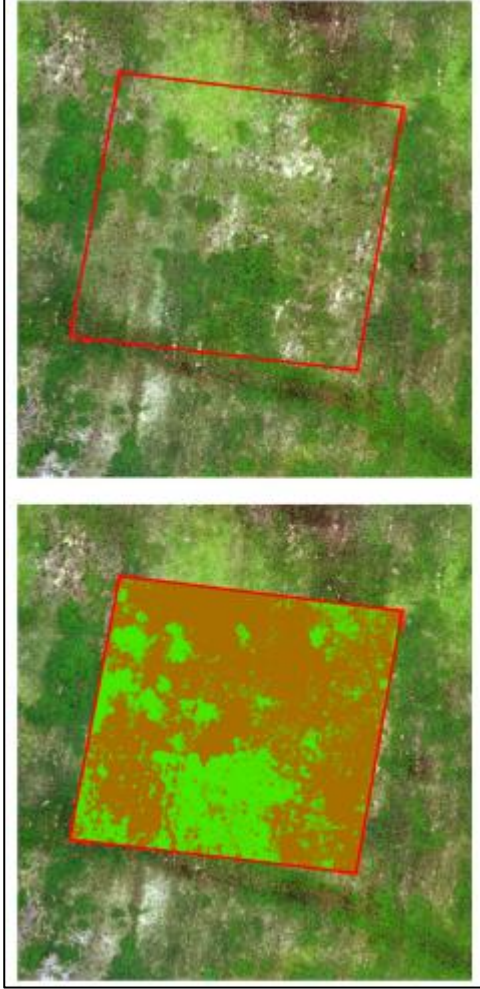
İHA'lar arazilerde uydu görüntülerinden daha avantajlı oldukları için bitki sayımı için kullanılabilirler. Alçak irtifada uçurulan İHA'lar ile elde edilen görüntülerden görüntü işleme uygulaması ile bitki sayımı yapılabilmektedir. Nitekim yapılan çalışmalara bakıldığında Nasip ve ark. (2015) % 89 ve Neto ve Miranda, (2009) % 92 oranında başarı yakalamışlardır. Bir diğer çalışmada ise Tavus ve ark. (2015), k-NN (k-En Yakın Komşu) yöntemi kullanarak bakla ve bezele bitkilerinin sayımını % 87.7 doğrulukla tespit etmişlerdir. Sonuçlar İHA ile bitki sayımının oldukça olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

#### 4.5. Bitki Koruma Çalışmalarında İHA Kullanımı

Tarım arazilerinde pestisit ve gübre uygulamaları ürün veriminde oldukça önemlidir. Bu uygulamalar traktör, insan ve uçak ile yapıldığı zaman ekinler zarar görebilir ve dengesiz ilaçlama yapılabilir. Ayrıca uçak ve helikopter ile yapılan ilaçlama işleminde yan arazilere zarar verme potansiyeli olmakla birlikte maliyeti de oldukça yüksektir. İHA'ların kullanımı bu işlemlerde özellikle püskürtme uygulaması yapılırken hızlı ve etkili olmasından dolayı giderek artmaktadır. Bununla beraber püskürtülmeyen alan kalması veya üst üste aynı yere uygulanması verimi azaltıcı derecede etki yapabilir. Püskürtme sırasında rüzgarın yönü ve şiddeti de uygulama çözünürlüğünü olumsuz etkileyecektir. Faiçal ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada bu etkileri ortadan kaldırmak için bir algoritma geliştirmişlerdir. İHA yerdeki kablosuz sensör ağından verileri alır ve bu bilgiler ile belirli rotalarda rüzgarın şiddeti ve yönüne göre pestisit ve gübre uygulaması yapar. Araştırma sonucunda kablosuz sensör ağından 10 saniye aralıkla gönderilen bilgilerin 30 saniye aralıkla gönderilen bilgilere göre % 14 ve hiçbir bilgi göndermeden yapılan ilaçlamaya göre ise % 27 oranında ilaç kullanımını azalttığı tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise (Ay ve Ince, 2015), herhangi bir arazide kullanılabilecek bir İHA sistemi geliştirmişlerdir. Sistem, İHA'yı kontrol eden bir otopilot, yer kontrol istasyonu ve püskürtme mekanizmasından oluşmaktadır. Geliştirilen sistem ile herhangi bir arazide ilaçlama yapılmadan önce İHA'nın menzili, havada kalma süresi ve ne kadar dolmuş yapacağı önceden belirlenmiştir.

Tarımsal zararlıların izlenmesi için geleneksel uzaktan algılama yöntemleri, uzun zaman alan, yüksek maliyetli ve düşük doğrulukta olmaları nedeniyle tarımda etkin bir şekilde kullanılmamaktadır. Bunların yerine İHA'larla yapılan uzaktan algılama, zararlıların sadece bölgesel ve uzun süreli izlenmesine değil, aynı zamanda kontrolü için bilimsel bir temel sağlamaktadır. Yani, zararlı kontrolü zamanında ve etkin bir şekilde yapılmaktadır. Yue ve ark., (2012) zararlıların incelenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada bitkileri sağlıklı, hafif hasarlı, ciddi hasarlı ve ölü bitki olarak ayırmışlardır. Alınan

görüntülerde sağlıklı bitkinin koyu yeşil, ölü bitkinin ise toprak rengine yakın olduğu ve hafif hasarlı bitkinin sağlıklı bitkiden biraz daha açık renkte olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ciddi hasarlı bitkilerin sarı-yeşil renkte olduğu da belirlenmiştir. Sonuç olarak İHA'ların zararlı görüntülemesini algılamada geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve daha az maliyetle yaptığını ve İHA'ların bu avantajları sayesinde hassas tarımda daha fazla uygulanmasının mümkün olduğunu bildirmişlerdir.



**Şekil 6.** K. Striata ile istila olmuş çim arazisi ve alt tarafta görüntünün renklendirilmiş sınıflandırılması (Hunter vd., 2019)

Yukarıda verilen şekilde de görüldüğü gibi alana özgü yapılan yabancı otları istila edilmiş arazinin önce haritası çıkarılır ve ardından bu haritalara göre uygulama yapılır. Bitki koruma çalışmalarında kullanılan İHA'ların traktörle yapılan geleneksel ilaçlama yöntemlerine göre bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Düşük yakıt tüketimi, daha verimli çalışma, daha az kimyasal uygulanması, düşük gürültü, operatörün kimyasaldan etkilenmemesi, düşük püskürtme oranı avantajları arasında yer alırken rüzgarın belli bir değerden yüksek olmasından dolayı kimyasalların sürüklenmesi, küçük ve yüksek engellere sahip arazilerde uygulama yapılmasının zorluğu, çok büyük arazilerde ise birkaç defa uçuş yapılma

zorunluluğu dezavantajları arasında sayılabilir (Pederi ve Cheporniuk, 2015).

Yabancı otların yok edilmesi için uygulanan herbisit miktarını optimize edebilmek için arazinin doğru ve anlık yabancı ot haritalarına ihtiyaç duyulur. Bu durumda yabancı otların sayısını ve miktarını tespit edebilmek için İHA'lar kullanılabilir. Bu çalışmalar spektral, mekansal ve zamansal çözünürlüklerden önemli derecede etkilenebilmektedir. Ayçiçeği ekili arazide yapılan çalışmada görünür ve yakın kızılötesi kameralarla elde edilen görüntüler ve nesne tabanlı görüntü analizi tekniği ile yabancı otlar belirlenmiştir. Her iki kamerada da en yüksek doğruluğun (%91) ekimden 50 gün sonra 40 m yükseklikten yapılan görüntülemelerden elde edildiği gözlenmiştir (Peña ve ark., 2015).

## 5. SONUÇLAR

İnsansız hava araçlarının uzaktan algılama çalışmalarında kullanılmakta olan uydu ve uçaklara göre daha doğru, hızlı ve düşük maliyetli veriler kazandırması bu teknolojinin giderek yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Bu araçlar ile elde edilen görüntüler görüntü işleme yazılımında değerlendirilerek amaca uygun hale getirilip uygulama yapılmaktadır. Bu sayede daha az işgücü ile daha kısa sürede uygulama yapılabilir. İHA'lar özellikle bitki koruma çalışmalarında traktör ile yapılan işlemlerde oluşan toprak sıkışıklığı ve sürüklenmeyi azalttığı için daha etkin bir uygulama sağladığından bu çalışmalarda daha fazla tercih edilmektedir. Dolayısıyla tarımsal ilaç kullanımı bu sistemler ile azaltılmakta ve bu sayede çevrenin korunması da sağlanmaktadır. Günümüzde bu araçların büyük arazilerde kullanımının uygun, küçük arazilerde ise uygun olmadığı belirtilmektedir. Ancak teknolojinin her geçen gün gelişmesi ile birlikte bu sistemlerin maliyetinin giderek azalması beklenmektedir. Bununla birlikte ülkemizde insansız hava araçlarının kullanımının yaygınlaşmasındaki engel yasal olarak bu araçların kullanımının izin gerektirmesidir.

## KAYNAKÇA

- Agüera, F., Carvajal, F., Pérez, M. (2011). Measuring sunflower nitrogen status from an unmanned aerial vehicle-based system and an on the ground device. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (s. 33-37). Zurich.
- Avdan, U., Bilget, Ö., Cömert, R., Savaşlı, E., Önder, O. (2014). İnsansız hava araçları yardımı ile tarımsal alanlarda yeşil bant normalize edilmiş bitki indeksi hesaplanması. 5. *UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU*. İstanbul.



- Ay, F., Ince, G. (2015). Application of Pesticide Using Unmanned Aerial Vehicle. *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Baluja, J., Diago, M. P., Balda, P., Zorer, R., Meggio, F., Morales, F., Tardaguila, J. (2012). Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). *Irrig. Sci.*, 511-522.
- Bozdoğan, A. M., Bozdoğan, N.Y., Öztekin, M. E., Keiyinci, S. (2016). Hassas Tarımda İnsansız Hava Aracı Kullanımı. International Multidisciplinary Congress of Eurasia. Odessa, Ukraine. 11-13 July 2016. 686-691.
- Caturegli, L., Corniglia, M., Gaetani, M., Grossi, N., Magni, S., Migliazzi, M., Volterrani, M. (2016). Unmanned Aerial Vehicle to Estimate Nitrogen Status of Turfgrasses. *Plos One*, 1-13.
- Corcoles, J. I., Ortega, J. F., Hernandez, D., Moreno, M. A. (2013). Estimation of leaf area index in onion (*Allium cepa* L.) using an unmanned aerial vehicle. *Biosystems engineering*, 31-42.
- Çömert, R., Avdan, U., Şenkal, E. (2012) İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecekteki beklentiler . *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu* . 16-19 Ekim 2012. Zonguldak.
- Dean, H., Fujikawa, S. J., Linden, D. S., Daughtry, C. S., McCarty, G. W., Hunt, R. (2010). Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring. *Remote Sensing*, 290-305.
- Doğan, Y., Yıldız, F. (2019). İha ile multispektral kameralardan sağlanan görüntüler yardımıyla bitki türlerinin sınıflandırılması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 16-22.
- Faiçal, B. S., Costa, F., Pessin, G., Ueyama, J., Freitas, H., Colombo, A., Braun, T. (2014). The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks. *Journal of Systems Architecture*, 393-404.
- Furukawa, F., Maruyama, K., Saito, Y.K., Kaneko, M. (2020) Corn Height Estimation Using UAV for Yield Prediction and Crop Monitoring. Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment (e-book). 51-69.
- Geipel, J., Link, J., Claupein, W. (2014). Combined Spectral and Spatial Modeling of Corn Yield Based on Aerial Images and Crop Surface Models Acquired with an Unmanned Aircraft System. *Remote sensing*, 10335-10355.
- Hassan, M. A., Yang, M., Rasheed, A., Yang, G., Reynolds, M., Xia, X., Xiao, Y., He, Z. (2019). A rapid monitoring of NDVI across the wheat growth cycle for grain yield prediction using a multi-spectral UAV platform. *Plant Science*; 282; 95-103.
- Hunter, J. E., Gannon, T. W., Richardson, R. J., Yelverton, F. H. Leon, R. G. (2019). Integration of remote-weed mapping and an autonomous spraying unmanned aerial vehicle for site-specific weed management. *Pest Management Science*; 76 : 1386 - 1392.
- Karaşahin, M., Samancı, A. (2018). Mini İnsansız Hava Aracının Tahıl Islah Parsellerinde Fenotipik Seleksiyonda Kullanılabilirliği. *Selcuk J Agr Food Sci*; 32(3): 616-623.
- Kahveci, M., Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve türkiye'deki yasal durumu. *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Dergisi*, 5(4), 511-535.
- Kim, J., Kim, S., Ju, C., SoN, H. (2016). Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications. *IEEE*, 1-17.
- Korchenko , A. G., Ilyash, O. S. (2013). The Generalized Classification of Unmanned Air Vehicles. *IEEE 2nd International Conference*, (s. 28-34).
- Kulbacki, M.; Segen, J.; Knie'c, W.; Klempous, R.; Klwak, K.; Nikodem, J.; Kulbacka, J.; Serester, A. Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. In Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 21-23 June 2018; pp. 353-358.
- Lan, Y., Shengde, C., Fritz, B. K. (2017). Current status and future trends of precision agricultural aviation technologies. *Int J Agric & Biol Eng*; 10(3): 1-17.
- Neto, J. C., Miranda, J. I. (2009). A genetic algorithm for citrus tree counting and canopy diameter estimation . *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (s. 6797-6804). Natal: INPE.



- Pederi, Y., Cheporniuk, H. (2015). Unmanned Aerial Vehicles and New Technological Methods of Monitoring and Crop Protection in Precision Agriculture. *3rd International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments* (s. 298-301). IEEE.
- Peña, J., Torres-Sánchez, J., Serrano-Pérez, A., Castro, A., López-Granados, F. (2015). Quantifying Efficacy and Limits of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology for Weed Seedling Detection as Affected by Sensor Resolution. *Sensors*, 5609-5626.
- Rango, A., Laliberte, A., Steele, C., Herrick, J. E., Bestelmeyer, B., Schmutz, T., Jenkins, V. (2006). Using Unmanned Aerial Vehicles for Rangelands: Current Applications and Future Potentials. *Environmental Practice*, 159-168.
- Reis, M. (2014). İnsansız Hava Araçları ile Bitki Koruma ve Tarım Uygulamaları. *ISITES*, (s. 1445-1449). Karabük.
- Su, W., Zhang, M., Bian, D., Liu, Z., Huang, J., Wang, W., Wu, J., Guo, H. (2019). Phenotyping of Corn Plants Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images. *Remote Sensing*; 11: 1-19.
- Şenyer, N., Ergün, E., Nasip, Ö. F. (2015). Plant counting with low altitude image processing. *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Tabanlıoğlu, A., Yücedağ, A. Ç., Tüysüz, M., Tenekeci, M. E. (2014). Multicopter Usage for Analysis Productivity in Agriculture on GAP Region. *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Tavus, M. R., Eker, M. E., Şenyer, N., Karabulut, B. (2015). Plant Counting By Using k-NN Classification on UAVs Images. *23rd Signal Processing and communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Torres-Sánchez, J., López-Granados, F., Serrano, N., Arquero, O., Peña, J. (2015). High-Throughput 3-D Monitoring of Agricultural-Tree Plantations with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology. *Plos One*, 1-20.
- Tsouros, D.C., Bibi, S., Sarigiannidis, P.G. (2018) A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. *Information*; 10(349): 1-26.
- Urbahs, A., Jonaite, I. (2013). Features of the use of unmanned aerial vehicles for agriculture applications. *AVIATION*, 170-175.
- Xue, J., Fan, Y., Su, B., Fuentes, S. (2019) . Assessment of canopy vigor information from kiwifruit plants based on a digital surface model from unmanned aerial vehicle imagery. *Int J Agric & Biol Eng*; 12(1): 165-171.
- Yiğit, E., Yazar, I., Karakoç, H. (2018). İnsansız hava araçları (İha) ' nin kapsamlı sınıflandırması ve gelecek perspektifi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 10-19.
- Yu, N., Li, L., Schmitz, N., Tian, L., Greenberg, J., Diers, B. (2016). Development Of Methods To Improve Soybean Yield Estimation And Predict Plant Maturity With An Unmanned Aerial Vehicle Based Platform. *Remote Sensing of Environment*, 91-101.
- Yue, J., Lei, T., Li, C., Zhu, J. (2012). The application of unmanned aerial vehicle remote sensing in quickly monitoring crop pests. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 1043-1052.