İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ TARIMDA KULLANIMI

Gökçe İrem ARAÇ

Eskişehir Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Eskişehir,
gokceiremyurdasiper@gmail.com

ÖZET

Nüfus ve kentleşmenin artışı ile beraber, ihtiyaçların karşılanabilmesi için teknolojinin gelişimi kaçınılmaz olmuştur. Endüstrinin 4.0 (4.) Sanayi Devrimi'ne geçişi ile beraber teknolojiye gelişim hızlanmıştır. Bu teknolojik gelişmelerle her alanda hızlı ve güvenilir sonuçlar elde edilmeye başlanmıştır. Çok fazla iş gücü gerektiren tarım sektöründe de bu gelişmelerden faydalanılmıştır. Tarım sektöründeki en büyük gelişmelerden biri "İnsansız Hava Aracı Teknolojisi ve Kullanımı" olmuştur. İnsansız Hava Araçları (İHA) otomatik veya yarı otomatik uçuş prensibine sahip başlangıçta askeri amaçlar için kullanılan motorlu veya motorsuz hava araçlarıdır. Son yıllarda meydana gelen gelişmelerle birlikte İHA'lar, afet yönetimi ve planlama, ormancılık, fotogrametrik değerlendirme, yol ve nehir gözlemleri, arazilerin üç boyutlu (3B) modellerinin üretilmesi gibi birçok ticari ve akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Bu derlemede insansız hava araçlarının tarımda kullanımının dün, bugün ve geleceği hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: insansız hava aracı, sanayi devrimi, tarım

ABSTRACT

UTILIZATION OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN AGRICULTURE

As a result of increasing population and urbanization, the development of technology has become inevitable in order to meet the demands. By the transition of the industry to the 4.0 (4th) Industrial revolution, the development in technology has accelerated. These technological developments have begun to achieve fast and reliable results in every area. In agricultural sector which requires a lot of labour, these developments have been benefited. One of the biggest developments in agricultural sector is "Unmanned Aerial Vehicle Technology and Its Utilization".

Unmanned aerial vehicles (ILM) are motorized or non-motorized aircrafts that were initially used for military purposes with an automatic or semi-automatic flight principle. Along with the developments in recent years, ILMs have been widely used in many commercial and academic studies, such as disaster management and planning, forestry, photogrammetric assessment, road and river observations, and the creation of three-dimensional (3D) models of the lands.

In this review, evaluations were made on the past, the present and the future of utilization of unmanned aerial vehicles in agriculture.

Key words: unmanned aerial vehicle, industrial revolution, agriculture

1. GİRİŞ

Uzaktan Algılama, zemin ile herhangi bir fiziki temas kurulmaksızın saptanması istenen objelerin değişik özelliklerinin belirlenmesi olayıdır. Tarım sektöründe Uzaktan Algılama teknolojisi ile alakalı olarak daha önceleri sadece uydu görüntülerinin kullanılması suretiyle bazı çalışmalar yapılmıştır. Bu görüntülerle NDVI (Normalize Edilmiş Farklı Bitki İndeksi) haritaları oluşturulmasına karşın ülkemizin canlılık haritaları ve coğrafi şartları ile ilgili bilgilerin derlenmesinden öteye gidilememiştir. Çok düşük çözünürlüklü haritalar kullanıldığından dolayı ilçe ya da ada/parşel bazında altlık haritalar oluşturulamamıştır. Ayrıca uydu görüntülerinin anlık fotoğraflarının alınamaması, yüksek çözünürlüğe sahip farklı dalga boylarındaki fotoğrafların maliyetli olması, olumsuz hava koşulları nedeniyle görüntü kalitesinin düşüklüğü, hızlı müdahale imkanlarının bulunamaması da başlıca olumsuz faktörler olarak göze çarpmaktadır. Söz konusu bu olumsuz özelliklere alternatif olarak İHA teknolojilerinin kullanım alanları artmaya başlamıştır. İHA'ların hız, doğruluk ve hassasiyet ölçümlerinde başarılı olması nedeniyle yere yakın yüksekliklerdeki uçuşların ve ulaşımın güç olduğu alanlarda da kullanılabileceği ortaya çıkmıştır. Boyutunun küçüklüğü, maliyetinin düşüklüğü, ekonomikliği yanında veri yoğunluğunun da yüksek olması sebebiyle İHA'lar insanoğlunun ufkunun daha fazla açılmasını sağlamıştır.

İHA'lar vasıtasıyla ülkemiz tarım sektöründe de yenilikçi ve kanıtlanabilir bir veri alım ve değerlendirme metodunun geliştirilmesi suretiyle hasar ve tespit çalışmalarında oldukça yüksek doğrulukta verilerin elde edilmesi mümkün olabilecektir. İhtiyaç duyulan veriler hızlı ve doğru bir şekilde toplandıktan sonra analiz ve sentez edilerek sonuçları değişik şekillerde yorumlanıp kullanılabilecektir. Ayrıca elde edilen ölçümlerle alakalı olarak yapılan değerlendirmeler hem zaman hem de maliyet açısından oldukça yüksek fayda sağlayacaktır.

Coğrafi referanslar da esas alınmak suretiyle İHA'larla ürün bazında elde edilen veriler işlenerek, ülkemize ait standart bir veri tabanının oluşturulması yanında yeterli kaynaklar sağlanarak geleceğe yönelik olmak üzere İHA sistemlerinin ve harita üretim yönetmeliğinin geliştirilmesi, mevcut olumsuzlukların da ortadan kaldırılarak tarım sektörünün daha da ileriye yönelik vizyonlar oluşturmaya mümkün olabilecektir.

2- İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

İnsansız Hava Araçları Küresel Hava Trafik Yönetimi Operasyonel Konsepti (The Global Air Traffic Management Operational Concept) Doc. 9854 uyarınca insansız hava aracı Şikago Konvansiyonu'nun 8. maddesinde düzenlenmiş olan ve içerisinde pilotu bulunmayan araçlar olarak tanımlanmaktadır. En sade tanımıyla İHA (UAV: Unmanned Aerial Vehicle); içinde pilot olmaksızın, GPS kontrollü ve otomatik olarak gidebilen hava aracı olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2016). Günümüzde İHA'lar, yerde bulunan bir pilot tarafından gönderilerek uzaktan kumanda ile yönetilen veya önceden yapılan uçuş programı yüklenerek otomatik olarak uçurulan hava araçlarıdır. İHA'lar için genel olarak; teknik özelliklerine (ağırlıklarına, yakıt/enerji kaynağına, kanat yapısına, otomatik veya uzaktan kumandalı olmasına vb.) ve kullanım amaçlarına göre askeri (keşif, silah, saldırı vb.) ve sivil amaçlı (hobi, bilimsel ve ticari) iki ana sınıflandırma yapmak mümkündür. ICAO genelgesinde ise İHA'lar; otomatik ve uzaktan kumandalı olarak iki ana sınıfa ayrılmaktadır (ICAO, 2011).

2.1. İnsansız Hava Araçlarının Tarihi

Uzaktan kumandalı hava araçlarının eskiye dayanan tarihsel bir geçmişi vardır. 22 Ağustos 1849 yılında Avusturyalıların, içinde zaman fitilli bombalar bulunan 200 pilotsuz balonu Venedik (İtalya) şehrine göndermesi, hava saldırısında ilk İHA kullanımı olarak kabul edilmektedir. 1908 yılında en az yarısı Alman olan 25'ten fazla havacı taşıyan yaklaşık 10 Alman balonunun Fransa sınırını geçtiği ve Fransa'ya iniş yaptığı kaydedilmiştir. (Can, 2011). İnsansız ilk uçak (Ruston Proctor Aerial Target) ise Birinci Dünya Savaşı'nın sonlarında (1916) tasarlanmış, ilk insansız kullanımı ise “uçan bombalar” olarak bilinen “Hewitt-Sperry” jiroskop kontrollü otomatik uçak ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 1917 tarihinde “otomatik uçan uçak” ABD Silahlı Kuvvetleri'nin resmî uçağı olmuş, ilk uçuşunu 1918 yılında gerçekleştirmiştir (Anonim-1, 2016). İHA'larla ilgili çalışmalar İkinci Dünya Savaşı ve sonrasında da devam etmiş, birçok askerî operasyonda kullanılmış ve hâlen de kullanılmaya devam etmektedir. (F.J. Keane vd., 2013). İHA'ların askerî amaçlı gelişiminin artması, başarılı ve güvenilir sonuçlar vermesi, diğer alanlarda da kullanımını arttırmıştır.

2.2. İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi

Teknolojik gelişmeyle beraber, kontrol ünitesinin yerine akıllı telefon ve tabletlerin kullanımı, uçuş operasyonunun GPS, wi-fi alıcıları, MEMS INS sensörler ile görünür bant, multi-spektral, termal, hiper-spektral ve lazer vd. algılayıcıların düşük maliyetlerle erişilebilir olması İHA üretim maliyetlerini azaltmıştır. GNSS teknolojisinin donanım çözümleri sayesinde PPK (Post Processed Kinematic) GNSS ile gerçekleştirilen navigasyonun konumlandırılması daha doğru yapılabilmektedir (Colomina et.al, 2014; Torun, 2017-1; Torun, 2017-2). İHA'ların en önemli görevleri özet olarak:

- * Tek çözüm olduğu tehlikeli görevler; kötü hava ve çevre koşulları, nükleer, biyolojik ve kimyasal olarak kirlenmiş bölgeler, radyasyon tehlikesinin olduğu bölgeler,
- * Ekonomik ve en iyi çözümün olduğu bilimsel görevler; hava tahmini, atmosfer ve okyanuslar hakkında veri toplama, çevresel, tarım, manyetik ve radyolojik haritalama amaçlı gözetlemeler,
- * Ticari olarak tercih edildiği görevler; sınır güvenlik, şehirler ve şehirler arası trafik durumu, bölgesel hava röle ve baz istasyonu, koruma altındaki alanların gözetlenmesi, yangın, boru hatları ve enerji nakil hatlarının kontrolü (Goraj, 2003).

2.3. İha'lar ile Alınan Görüntülerin İşlenmesi

Arazi yapısı, kameranın ve hava aracının teknik özellikleri vs. konular dikkate alınarak uçuş planı hazırlanır (Şekil 1). Hazırlanan uçuş planı ile yer kontrol istasyonu tesis edilir ve hava koşullarına göre veri alımı gerçekleştirilir (Şekil 2).

Şekil 1. Uçuş planı hazırlama.

Şekil 2. Veri alımı.

Yoğun veri topluluklarının işlenmesi için bilgisayarlı görme (computer vision) teknikleri İHA görüntülerinin değerlendirilmesinde kullanılmaya başlanmıştır. Arazi çalışması ile elde edilen veriler; ülke ve/veya uluslararası koordinat sistemlerine göre yüksek teknoloji içeren yazılımlar kullanılarak dengelenir (Şekil 3).

Şekil 3. Veri dengeleme ve nokta bulutu.

Koordinat dengelemesi yapılan fotoğraflardan, yoğun görüntü eşleme (Dense Image Matching) yöntemleri kullanarak “Ortofoto” ve “Nokta Bulutu” üretilir. Fotoğraflar kullanılarak “ fotogrametrik hâlihazır haritalar” yapılır (Şekil 4).

Şekil 4. Nokta bulutu ve ortofoto.

Günümüzde İHA’ların da gelişmesiyle multispektral (Şekil 5), termal, hiperspektral, lidar görüntüleme yapılabilmekte, bunlar tablet ve bilgisayarlardan kontrol edilebilmektedir. Bu görüntüler yazılımlar ile

düzeltilmekte, işlenmekte ve farklı haritalar (Şekil 6-7) üretilerek yorumlama yapılabilmektedir (Anonim-1a,1b, 2018).

Şekil 5. Multispektral kamera.

Sayısal Yüzey Modeli

Şekil 6. Sayısal yüzey modeli (DSM).

Şekil 7. Fotogrametrik hâlihazır harita.

2.4. Tarımda İnsansız Hava Araçları

İnsanlar dört saatte, bilemediniz altı saatte bir beslenmek zorunda olan varlıklardır. İlk düşünce karın doyurmaktır. Bu işten sonra, beslenmenin devamlılığı, yenilenlerin çeşitliliği, damak zevki, alışkanlık, dengeli beslenme gibi kavramlar gündeme gelir. Beslenme ihtiyacını karşılamanın yolu, hayvansal ve bitkisel ürünleri üretmekten geçer. İnsan, yeryüzüne geldiğinden beri, tarımsal faaliyetlerle iç içedir. İnsanlar çoğaldıkça beslenme miktarlarının düşmemesi için, tarımsal etkinliklerin büyük bir değişim göstermesi zorunludur. Yoksa insanların beslenmesi tehlikeye girer. Planlamada öncelik, üretim artışınadır. Bu sağlandıktan sonra ekonomisi, kârlı üretimi, kaliteli üretkenliği gündeme alırsınız. Bu da yetmez. Korumalı çevre ve doğal kaynaklı üretim etkinliklerine ilişkin girişimlere geçmeniz gerekir.

Teknolojik gelişmeler, üretim artışları sağlar. Yalnız bunun için arazi koşullarının uygun ve su bulunan yerlerin olması tarımsal faaliyetlerde önceliklidir. Tarım, üretimiyle, pazarlanmasıyla, kalitesiyle, saklanmasıyla, tohum ıslahıyla, doğal kaynaklarıyla bir bilim dalı olmuştur. Tarımsal faaliyetler, beslenme ihtiyacını karşılarken, aynı zamanda iş ve iş gücü yaratma, ekonomik faaliyetleri de kapsar.

Tarım denilince, gübreleme, ilaçlama, sulama, tohum, makine, iş gücü akla gelir. Bunların tamamlayıcısı da gıda güvenliğidir. Gıda güvenliği, insan beslenmesi için büyük önem taşımaktadır.

Türkiye, toprak, su kaynakları ve iklim koşulları bakımından avantajlı ve stratejik bir konumdadır.

Beslenme gereksinimi artarak devam edeceğine göre, gıda güvenliğinde ödün vermeden, doğal kaynaklı akıllı tarım uygulamalarını gerçekleştirmek ve geliştirmek zorundayız.

Bizde ilk önce, akıllı tarım, akıllı gübreleme ve tohum atımıyla sınırlı kaldı. Teknoloji, gübre verilerini değerlendirerek, hangi tarlanın, ne kadar gübreye ihtiyacı olduğunu belirleyip, traktör aparatlarıyla gübre miktarını ayarladı. Bu gelişim, mısır, buğday, arpa gibi ürünlerde rekolteyi artırdı. Akıllı tarım uygulamaları ilaçlamada, planlamada, meyve, sebze ve kuru yemiş üretiminde farkındalık yarattı.

Akıllı tarımın vardığı son nokta şudur: Gübreleme, makinelerin akıllı kullanımı, meyve ve sebze üretiminde görüntüleme araçları ile kalite tespiti, ilaçlama, sulama, toprak değerlendirme, çiftlik hayvanlarının tarımsal faaliyetlerini izleme, bağcılıkta melezlerin değerlendirilmesi (Zarco-Tejada, 2014).

Hassas tarım uygulamalarında İHA'lar Yamaha şirketinden ilaçlama amacıyla insansız bir helikopterin geliştirilmesi isteği ile 1980'lerde Japonya'nın öncülüğünde tarımda kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra İHA'ların yabancı otların olumsuz etkilerini, gübreleme uygulamalarındaki problemleri, toprak heterojenliğini, zararlı etkisini, meyve olgunluk farklılığını ve dona karşı izlemede kullanımı giderek artmıştır (A.B., Tekin, 2015).

İHA'ların maliyet ve çevre zararını azaltarak tarımda pazar yaratacak uygulamaları şunlardır:

- * 3 boyutlu görüntüleme tekniği ile ekim öncesi tarla hazırlığı,
- * Sensörlerden elde edilen verilerin analizi ile gübre uygulamalarında, hastalık ve zararlıların başlama ve yayılma aşamaları,
- * Topografyaya uyumu ile ilaçlama (F.Ay vd.,2015), (**Şekil 9**),
- * Tayf ve termal sensörlerden yaprak-toprak rutubetine dayalı analizlerle kuraklık zararı (N.Açıkgöz,2016).

Şekil.9. İHA ile ilaçlama.

İHA'lar kullanılarak tarımsal alanlarda yetiştirilen tarım ürününe göre farklı uygulamaların yapıldığı görülmektedir. Bunlar; kahve tohumlarının olgunluklarının izlenmesi (Herwitz, S. R., vd., 2003), bitkilerde biomass hesaplanması (Hunt vd., 2005), vejetasyon değişiminin izlenmesi (Berni vd., 2009), mera alanlarının sınıflandırılması ve değerlendirilmesi (Rango ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2010), farklı gübreler kullanılarak yetiştirilen kışlık buğday tarlalarının izlenmesi (Hunt, E. R., vd., 2010), pirinç alanlarının verimliliğinin ve toplam canlılık alanlarının belirlenmesi ve izlenmesi (Swan K. C. 2010) (**Şekil 10**), farklı algılayıcı sistemler ve İHA'lar kullanılarak üzüm bağlarının izlenmesi, sağlıklı ve hastalıklı alanların belirlenmesi (Turner, D. Vd., 2011) (**Şekil 11**), bölmeden çıkarma sonucunda oluşan toprak zararlarının belirlenmesi (Pierzchala, 2014), insansız hava araçları ile bitki koruma ve tarım uygulamaları (M. Reis, 2014) gibi farklı uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şekil.10. Bitki boyu ölçümü, bitki sayımı ve verim tahmini.

Şekil.11. Gelişmiş-bitki sağlığı endeksleri.

İHA sistemleri kullanılarak hassas tarım uygulama amaçlı çalışmalarda insansız hava araçlarından elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılarak; farklı genotip ve farklı azot seviyesi içeren küçük buğday parsel alanlarının izlenmesi için NDVI, LAI ve GNDVI ile toplam azot içeriği (NQ) arasında ilişkinin araştırılması (Lelong vd, 2008) (**Şekil 12**), su stresi için Fotokimyasal Yansıtım İndeksi (PRI) hesaplanması (Berni vd. 2009), pirinç ürününe ait biokütle ve verim tahmini yapılması (Swain vd. 2010), ürün izleme amaçlı olarak kışlık buğday ürünü ekili alanlarda GNDVI ve LAI arasındaki ilişkisinin araştırılması (Hunt vd. 2010), zeytin alanlarının izlenmesi amaçlı olarak NDVI, LAI, toprak ışımasına göre ayarlanmış bitki örtüsü indisi (SAVI), sulı ve kuru koşullarda yetişen buğdayların biokütle ve LAI değerlerinin hesaplanması (Hunt vd. 2011) (**Şekil 13**), üzüm bağı alanlarının izlenmesi (Primicerio vd. 2012), 3 boyutlu nokta bulutu ile tarım alanlarının modellenmesi ve LAI tahmininin yapılması (Mathews vd, 2013), tarımsal alanların haritalanması ve tarım havzaları için sayısal yükseklik modelinin oluşturulması (Quédrago vd. 2014), İHA yardımı ile tarımsal alanlarda yeşil bant normalize edilmiş bitki indeksi

hesaplanması (U. Avdan vd.,2014), İnsansız hava araçları yardımı ile tarımsal haritalama ve hasar tespiti yazılımı (O.S., Budak vd., 2017) gibi uygulamalar yapılmaktadır.

Şekil.12. Buğdayda azot içeriği.

Şekil. 13. Kuraklık stres tanımlama.

3. SONUÇ

Bu bildiride, literatür bilgileri ışığında İHA'ların, yetiştirilen tarım ürünlerine göre farklı uygulamalar yapılarak kullanıldığı alanlar ortaya konulmaya çalışılmıştır. İHA'ların tarımda kullanımı arazilere zamanında müdahale ile birlikte, verim artışı sağlamıştır. Geçmişte İHA'lardan, vejetasyon indeksleriyle verim arasındaki korelasyonun tespit edilmesinde yararlanılmıştır. Teknolojinin gelişmesine paralel olarak gelişen İHA tasarımları ile birlikte; tarım alanlarında ilaçlama, sulama, gübreleme, bitkilerin durumlarının anlık izlenmesi gibi farklı uygulamalarda da İHA kullanımları yaygınlaşmıştır. Ayrıca, gelişen İHA ve haritalama yazılımları sayesinde tek tuş ve uçuşla geniş ve engebeli arazilerde de rahatlıkla kullanılarak birçok çiftçinin ve işletmenin işlerini yürütme şeklini de tamamen değiştirmiştir. İHA'ların gelecekte daha da yaygınlaştırılması sağlanarak tarımda verim artışlarının desteklenmesi, gereksiz ilaç, gübre ve iş gücü kullanımının azaltılması böylelikle, tarımsal planlamaların daha doğru yapılması, besin kayıplarının önlenmesi ve ekonomik kazancın artması hedeflenmektedir.

KAYNAKLAR

- Açıkgöz N.,2016. <https://www.gidahatti.com/insansiz-hava-araclarinin-ih-tarimda-kullanimi-66251>, Erişim Tarihi: 23 Temmuz 2018.
- Anonim, 2016. Dictionary.com, 2016. <http://dictionary.reference.com/browse/uav?s=t>, Erişim Tarihi: 14 Ocak 2016.
- Anonim-1, 2016. Wikipedia.org, 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/History_of_unmanned_aerial_vehicles#cite_note-2, Son bakılma tarihi 23 Şubat 2016.
- Anonim-1a, 2018. Precisionhawk.com, 2018. <http://www.precisionhawk.com/aggregates-package>, Erişim Tarihi: 25 Temmuz 2018.
- Anonim-1b, 2018. Deltalider.com, 2018. <http://www.deltalider.com/Drone-Ile-Haritalama.aspx>, Erişim Tarihi: 25 Temmuz 2018.
- Avdan, U., Bilget, Ö., Cömert, R., Savaşlı E., Önder O., 2014. V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul. 9 sayfa.
- Ay F., İnce G., 2015. İnsansız Hava Aracı ile Tarımsal İlaçlama, 978-1-4799-4874-1/14 © 2015 IEEE.
- Berni, J., Zarco-Tejada, P. J., Suárez, L., Fereres, E., 2009. Thermal and Narrowband Multispectral Remote Sensing for Vegetation Monitoring From an Unmanned Aerial Vehicle, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 47(3), 722-738.
- Budak, O.S., 2017. İnsansız Hava Araçları Yardımı İle Tarımsal Haritalama Ve Hasar Tespiti Yazılımı . AVEO Bilişim Mühendislik Proje ve Danışmanlık Denetim Ticaret LTD. ŞTİ. ve KOSGEB işbirliği ile.
- Can, N., 2011. http://can.aero/index.php?option=com_content&view=article&id=76:Chicago-Konvansiyonuna-Kadar-Devletler-Arası-Hava-Hukuku-Alanındaki-Bazı-Düzenlemeler&catid=21:articles&Itemid=13. Haziran 2011.

Colomina, I., P. Molina., 2014. Unmanned Aerial System for Photogrammetry and Remote Sensing, ISPRS Journal Of Photogrammetry And Remote Sensing, June 2014.

Cömert, R., avdan, U., şenkal, E., 2012. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler, IV. Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Zonguldak, 9 sayfa.

Goraj, Z., 2003.“Civilian Unmanned Aerial Vehicles – Overview Of European Effort and Challenges for the Future”, Aviation Journal, Vilnius, VII (1), 3-15.

Haala, N., 2013. The Landscape of Dense Image Matching Algorithms. In: Fritsch, D. (Ed.): Photogrammetric Week '13, Wichmann, Berlin/Offenbach, 271-284.

Herwitz S. R., Johnson L., Dunagon S., Higgins R., Sullivan D., Zheng J., Lobitz B., Leung, J., Gallmeyer B., Aoyagi M., Slye R., Brass J., Witt G., 2003. Coffee field ripeness detection using high resolution imaging systems on a solar-powered UAV, Proc. 30th Symp. Rem. Sens. Environ., TS-12.3, 3 pp., Honolulu, HI.

Hunt, E.R., Cavigelli, M., Daugherty, C.S.T., McMurtrey III, J., Walthall, C.L., 2005. Evaluation of digital photography from model aircraft for remote sensing of crop biomass and nitrogen status. Precision Agriculture 6: 359–378.

Hunt E. R., Hively W. D., Fujikawa S. J., Linden D. S., Daughry C. S. T., McCarty G. W., 2010. Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. Remote Sensing 2(1): 290-305.

Hunt, E. R., Hively, W. D., Mccarty, G. W., Daughtry, C. S. T., Forrester, P. J., Kratochvil, R. J., Carr, J. L., Allen, N. F., Fox-Rabinovitz, J. R., Miller, C. D., 2011. NIR-Green-Blue High-Resolution Digital Images for Assessment of Winter Cover Crop Biomass, Giscience & Remote Sensing, 48(1), 86-98.

ICAO, 2011. Unmanned Aircraft Systems (UAS), Cir. 328, AN/190, 2011.

Jain, A. K., 1989. Fundamentals of digital image processing, Prentice Hall.

Keane, J.F., Stephen S. Carr, 2013. “Johns Hopkins APL Technical Digest”, Vol. 32, No. 3, pp. 558-571.

Laliberte, A.S., Rango, A., 2009. Textureandscale In Object-Based Analysis Of Sub-Decimeter Resolution Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery. IEEE Transactions On Geoscienceand Remote Sensing, 47(3):761–770.

Laliberte, A.S., Herrick, J.E., Rango, A., Winters, C., 2010. Acquisition, Ortho Rectification, And Object-Based Classification Of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Imagery For Rangeland Monitoring. Photogrammetric Engineering Remote Sensing, 76(6): 661-672.

Lelong, C. C., Burger, P., Jubelin, G., Roux, B., Labbé, S., Baret, F., 2008. Assessment of Unmanned Aerial Vehicles Imagery for Quantitative Monitoring of Wheat Crop in Small Plots, Sensors, 8(5), 3557-3585.

Mathews, A. J., Jensen, J. L., 2013. Visualizing and Quantifying Vineyard Canopy LAI Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Collected High Density Structure from Motion Point Cloud, Remote Sensing, 5(5), 2164-2183.

Öztürk, O., Bilgilioglu, B.B., Çelik, M.F., Bilgilioglu, S.S., Uluğ, R., 2017. İnsanız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortogörüntü Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. Geomatik dergisi, 2(3):135-141.

Primicerio, J., Di Gennaro, S. F., Fiorillo, E., Genesio, L., Lugato, E., Matese, A., Vaccari, F. P., 2012. A Flexible Unmanned Aerial Vehicle for Precision Agriculture, Precision Agriculture, 13(4), 517-5.

Pierzchała, 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.

Reis, M., 2014. İnsansız Hava Araçları İle Bitki Koruma Ve Tarım Uygulamaları. Akademik Platform, 1443-1449.

- Quédraogo, M. M., Degré, A., Debouche, C., Lisein, J.,** 2014. The Evaluation of Unmanned Aerial System-Based Photogrammetry and Terrestrial Laser Scanning to Generate Dems of Agricultural Watersheds, *Geomorphology*, 214, 339-355.
- 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.
- Swain, K. C., Thomson, S. J., Jayasuriya, H. P. W.,** 2010. Adoption of an Unmanned Helicopter for Low-Altitude Remote Sensing to Estimate Yield and Total Biomass of A Rice Crop, *American Society Of Agricultural And Biological Engineers*, 53, 21-27.
- Tekin, A.B., Fornalè, Turhan M., Maso M.,** 2015. Tarımda Teknolojik Evrim; İnsansız Hava Araçları, XVII. Akademik Bilişim Konferansı , Eskişehir, 4-6 Şubat 2015. 8 sayfa.
- Torun, A.,**(2017-1). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektöründe Trend: İHA Fotogrametrisi Bakışıyla, 9. TUFUAB Teknik Sempozyumu, Bildiriler, 2017, Afyon.
- Torun, A.,**(2017-2). İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü Ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması, TMMOB HKMO, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.
- Turner D., Lucieer A., Watson C.,** 2011. Development of an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for hyper resolution vineyard mapping based on visible, multispectral, and thermal imagery.
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U.,** 2011. Fotogrametri. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2295.
- Zhou, H., Yuan, Y. ve Shi, C.,** 2009. Object tracking using SIFT features and mean shift, *Computer Vision and Image Understanding (CVIU)*, Vol.113, No.3, pp.345-352.
- Zarco-Tejada, P., Hubbard, N., & Loudjani, P.,** 2014. Precision Agriculture: An Opportunity for EU Farmers-Potential Support with the CAP 2014-2020. Joint Research Centre (JRC) of the European Commission.