

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDA ÇOK BANTLI KAMERA ENTEGRASYONU VE TARIMSAL UYGULAMALARI¹

Osman VİLLİ
Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi
Sistemleri Anabilim Dalı

Cenk DÖNMEZ
Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

ÖZET

Bu çalışma gelişen teknoloji ile birlikte tarımda verimliliği arttırmak ve tarımsal alanların çeşitli boyutlarıyla analizini ele almaktadır. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile tarımsal verimliliği arttırmaya ve sürdürülebilir tarıma yönelik çalışmalar yapılıyor olsa da bu teknolojiler güncellik açısından yeterli değildir.

Bu çalışmada, Çukurova Üniversitesi ile Adana çevre yolu kesişiminde bulunan, yaklaşık 7.35 hektar tarımsal uygulama arazilerinden insansız hava aracı ile 5 bantta (Blue, Green, Red, Red Edge, Near IR) görüntüler alınmıştır.

Çalışma, İnsansız hava araçlarının tarımsal uygulamalarda, klasik uzaktan algılama yöntemlerine göre daha hassas, düşük maliyetli ve hızlı çözümler üretmesine iyi bir örnek niteliğindedir. Bu sayede doğru sulama ve gübreleme yöntemlerinin geliştirilmesi ile maliyetlerin düşürülmesi ve verimliliğin artırılmasına yönelik yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yakın kızıl ötesi, insansız hava aracı, multispektral kamera

ABSTRACT

This study focuses on increasing productivity in agriculture and analysis of agricultural areas with developing technology. Although high-resolution satellite images are being use to increase agricultural productivity and sustainable agriculture, these technologies are not sufficient in terms of actuality.

In this study, images of 7.35 hectares of agricultural land located at the intersection of Çukurova University and Adana ring road were taken in 5 bands (Blue, Green, Red, Red Edge, Near IR).

The study is a good example for unmanned aerial vehicles to produce more sensitive, low cost and faster solutions in agricultural applications than classic remote sensing methods. In this way, it is aimed to contribute to the development of innovative methods to reduce costs and increase productivity by developing correct irrigation and fertilization methods.

Key Words: Near infared, unmanned aerial vehicle, multispectral camera

Giriş

Dünya nüfusunun artması, kentsel alanların yanlış planlanması, devletlerin yanlış tarım politikaları ve ekolojik dengenin günden güne bozulması gibi etmenlerden dolayı tarım alanları küçülmeye veya verimsizleşmeye başlamıştır. Bu gelişmeler tarımsal faaliyetlerin önemini daha da arttırmaktadır. Tarım ürünleri, sadece ülkelerin nüfusunun beslenmesi için değil aynı zamanda istihdama ve

¹ Aynı başlıklı Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir.

ihracata katkı ile sanayiye hammadde sağlanması için de oldukça önemlidir. Gelişmiş ülkeler, mevcut tarımsal alanlarını izlemek ve tarımsal ürünlerini daha verimli şekilde üretebilmek için çeşitli teknolojik altyapılar kullanmaktadır. Az gelişmiş ülkeler klasik yöntemler ile tarımsal faaliyetlerini sürdürürken, gelişmiş ülkeler daha üst seviyede teknolojik yöntemler ve cihazlar kullanmakta ve hassas ölçümler ile karar destek sistemleri oluşturabilmektedir. Klasik yöntemlerde tarımsal alanların izlenmesi insan gözü ile yapılırken, gelişmiş yöntemlerde ise uzaktan algılama sistemleri ile yapılmaktadır.

Uzaktan Algılama (UA), yeryüzünden belirli uzaklıkta, atmosferde veya uzayda hareket eden platformlara (uydu) yerleştirilmiş ölçüm aletleri aracılığıyla (algılayıcı), objelerle fiziksel temasa geçilmeden, yeryüzündeki doğal ve yapay objeler hakkında bilgi alma ve bunları değerlendirme tekniğidir (Dönmez, 2012).

İnsansız hava araçlarının (İHA) sivil amaçlar için kullanımı, çok yüksek kalitede yer örnekleme mesafesi sunması ve ilk yatırım maliyetinin karşılanabilir seviyelerde olması nedeniyle hızla artmaktadır ve çok üst seviyede detay içeren (yer örnekleme mesafesi < 4 cm) ve yüksek bindirme oranlarına (> %75) sahip renkli İHA görüntülerinden (RGB) minimum seviyede hata barındıran yüksek kalitede sayısal yükseklik modeli (SYM) üretmek artık standart bir hâle gelmiştir (Ok ve Özdarıcı Ok, 2018).

Uçuş denetleyicisi (uçuş kontrolcüsü), bir hava aracı üzerinde tümleşik veya dağıtık şekilde bulunan, insansız hava aracını kontrol eden, her türlü algılayıcı sinyaller ile telemetri verilerini işleyip uçuşu sağlayan mini bilgisayar veya bilgisayarlardır denilebilir. Uçuş denetleyicileri, kararlı uçuşu sağlamanın yanı sıra her türlü manevra hareketleri için gerekli olan motor hızlarını ayarlama işlevini yerine getirmektedir (Elmas, 2019).

Fotogrametri, görüntü algılama sistemleri yardımıyla yeryüzü ve çevresi ile ilgili güvenilir bilgilerin elde edilmesini, işlenmesini, kaydını, ölçümünü, analizini ve sunumunu içeren bir teknolojidir (Bilgi, 2007). Fotogrametrik değerlendirme yazılımları, fotogrametri teknolojisinin en hızlı ve doğru şekilde kullanıldığı bilgisayar yazılımlarıdır.

Materyal ve Metot

Materyal

Bu çalışmada çalışma alanı olarak, Çukurova Üniversitesi Balcalı Kampüsü'nün içerisinde yer alan bir uygulama tarım arazisi seçilmiştir. Çalışma alanında portakal ağacı ve mısır bitkisi yer almaktadır. Çalışma alanında 2 farklı bitki türü bulunduğu için farklı tarımsal analizler için uygun görülmüştür.

8 Motorlu Tam Otonom İnsansız Hava Aracı (DJI V8 Octocopter – S1000+)

Bu çalışma kapsamında, çalışma alanı boyutunun fazla olmaması, yüksek irtifadan görüntü alma ihtiyacının olmaması ve erişilebilirliğinin daha fazla olmasından dolayı yüksek yük taşıma kapasitesine sahip 8 motorlu bir multikopter (8 Octocopter) kullanılmıştır. İnsansız hava aracının iskelet malzemesi için mukavemeti çok güçlü ve hafif bir malzeme olan karbonfiber seçilmiştir.

A3 Pro GPS Sistemi

Bu çalışma kapsamında kullanılan GNSS sistemi GPS Sistemidir. Dolayısı ile multikopter üzerinde bulunan GNSS alıcısı GPS desteklidir ancak doğruluğu arttırmak amacıyla aynı zamanda Galileo sistemini de desteklemektedir. Ayrıca, yine doğruluğu arttırmak amacıyla birbiriyle paralel çalışan 3 adet GPS alıcısı ve anteni kullanılmıştır.

Micasense Multispektral Sensör

Bu çalışma kapsamında vejetasyon indeksi ve hastalık tespiti üzerinde durulacağı için R, G, B, NIR ve RDG bantlarda algılama yapabilen, yeryüzünden 120 metre yukarıdan alınmış görüntülerde 8 cm / piksel çözünürlüğe sahip, kendi dahili GPS algılayıcısı ve doğruluk artırıcı IMU sensörü bulunan, 5 volt çalışma gerilimine sahip, 150 gram ağırlığı olan pasif algılayıcı bir multispektral kamera seçilmiştir.

DJI A3 Pro Uçuş Denetleyicisi

Bu çalışma kapsamında uçuş denetleyicisi olarak DJI A3 Pro ve uçuş denetleyici yazılımı olarak DJI Assistant 2 kullanılmıştır. DJI A3 denetleyicisi 3 adet GPS alıcısı ve 3 adet IMU sensörü bulundurmaktadır. Ayrıca güvenli uçuş için akım ve voltaj sensörü, maksimum 200 ms gecikmeli, 1080p çözünürlüğe sahip video aktarıcı sistemi dağıtık olarak bulunmaktadır. Bu sayede yüksek konum ve yön doğruluğu sağlanmaktadır.

DJI Ground Station Pro Yer İstasyonu Yazılımı

Bu çalışma kapsamında, yer kontrol istasyonu portatif yapıdadır. Yer kontrol yazılımı yüklenmiş bir tablet bilgisayar ve bu tablete USB kablo ile bağlı kontrol kumandasından oluşur. Kumandanın tablete bağlı olmasındaki amaç kontrol ve güvenliği arttırmak içindir. Kumanda 2.4 GHz frekans bandında insansız hava aracı ile iletişim halindedir ve telemetri bilgilerinin (pil durumu, motor sıcaklıkları, GPS konumu ve sinyal kalitesi, yükseklik vb.) tablet ekranında Google Maps üzerinde anlık olarak gösterilmesini sağlamaktadır.

Pix4D Mapper Fotogrametrik Değerlendirme Yazılımı

Bu çalışma kapsamında kullanılan fotogrametrik değerlendirme yazılımı Pix4D Mapper 4.4.12'dir. Pix4D Mapper, otomatik şekilde yüksek doğruluğa sahip ortomozaik işlemi, nokta bulutu oluşturma, sayısal yüzey modeli (DSM) yaratma, sayısal yükseklik modeli (DEM), NDVI indeksleme, üçgen model çıkarımı, kübaj hesabı, vektör veri oluşturma gibi işlemleri yapabilme yeteneğine sahiptir.

Metot

İnsansız Hava Aracı Kurulumu

İnsansız hava araçları, motorlarını çalıştıracak enerjiyi yakıt veya elektrikten sağlamaktadırlar. Yakıtlı motora sahip olan insansız hava araçları daha

çok askeri ve savunma amaçlı projelerde kullanılırken, elektrikli motora sahip olan insansız hava araçları sivil kullanımda daha yaygın ve erişilebilirdir (Ural, 2018).

IMU sensör ayarları, motor sayısı ve dönüş yönleri, ESC (electronic speed controller) motor hızı kontrolcüsü kontrol kumandası tuşlarının belirli görevlere atanması ve ayarları gibi düzenlemeler yapıp USB kablosu bağlantısı yardımıyla A3 Pro uçuş kontrolcüsü üzerine kayıt edilmiştir.

Multispektral Kamera Kalibrasyonu

Multispektral kameralar ile alınan görüntülerin hata oranının az olması, daha sonra yapılacak analizlerin de hata oranını düşürmektedir. Dolayısı ile multispektral kamera ile görüntü almaya başlamadan önce bazı kalibrasyonların ve ayarların doğru yapılması büyük önem arz etmektedir. Çalışmada kullanılan Micasense Rededge multispektral kameranın üzerinde yer alan GPS alıcısı, ışık sensörü ve IMU sensörlerinin manyetik ortamdan arınmış bir alanda yön ve açı kalibrasyonlarının yapılması gerekir. Ayrıca kamera 5 farklı bantta görüntü aldığından her bant için irradyans kalibrasyonu yapmak gerekmektedir. Bunun için güneşin tam tepede olduğu saatlerde, reflektans panel yardımıyla kalibrasyon görüntüleri alınmalıdır.

Uçuşun Planlanması

Yer istasyonu yazılımı ile (DJI Ground Station Pro) çalışma alanı olan uygulama tarım arazisinde Google Maps üzerinde işaretlemeler yapılarak uçuş rotası çizilmiştir. Uçuş rotası, uçuş hızı ve yükseklik bilgileri her koordinat için tablet ekranından girilmiştir. Uçuş planı hazırlandıktan sonra işlem başlatılmıştır ve tam otomatik olarak uçuş gerçekleştirmiştir. Uçuş sonunda belirtilen koordinata insansız hava aracı iniş sağlamıştır. Uçuşta 6 hat boyunca yaklaşık olarak 11 dakika uçuş yapılmış ve 1560 adet görüntü alınmıştır. Alınan görüntüler 16 bit radyometrik çözünürlükte ve 1280 piksel yatay, 960 piksel dikey boyutuna sahiptir.

Görüntülerin Alınması ve Pix4D Ayarlarının Yapılması

Çalışma alanından alınan 1560 adet görüntü (her banttan 312 adet) 32 GB SD Card ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Pix4D Mapper uygulamasından yeni bir proje başlatıp alınan bu görüntüler seçilmiştir. İrradyans kalibrasyonu için alınan görüntüler analize başlamadan önce Pix4D Mapper'a tanıtılmıştır. Bu sayede radyometrik hataların en az olması amaçlanmıştır.

Ortofoto Oluşturma

Bu çalışma kapsamında, ortofoto üretimi için kullanılacak algılayıcı sensör (multispektral kamera), hata oranlarını en aza indirmek amacıyla GPS alıcısı ve IMU sensörüne sahiptir. Çektiği fotoğrafların Exif verisi içerisine GPS bilgisi koordinat, zaman, yükseklik vb.) ve IMU sensöründen aldığı bilgileri (3 boyutta açı ve hız vb.) eklemektedir. Pix4D fotogrametrik analiz yazılımı yardımıyla bu görüntülerden öncelikle nokta bulutu oluşturulmuştur. Oluşturulan nokta bulutu toplam 907453 noktadan oluşmuştur. Pix4D yazılımı ile bu işlem 2 dakika 14

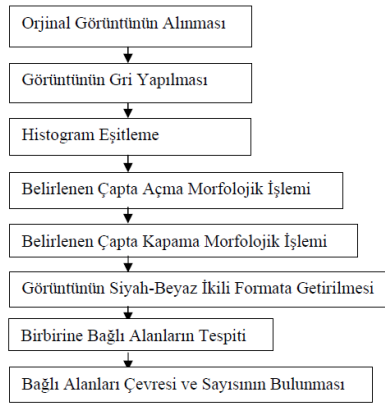
saniye sürmüştür. Nokta bulutu oluşturulduktan sonra çekilen fotoğraflar ile bu noktaların koordinatları eşlenerek yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip (3.57 cm/piksel) ortofoto görüntü oluşturulmuştur. Oluşan ortofoto 5 farklı bantta görüntülenebilmektedir.

NDVI İndeks Çıkarımı ve Bitki Sağlığı Analizi

NDVI yani normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi, her piksel için o piksele ait olan kırmızı bant sayısal değeri ile yakın kızıl ötesi bant sayısal değeri farkı ve toplamının oranıdır. Her bant için piksel değeri 0 ile 255 arasındadır. NDVI işlemi sonucunda her piksel -1 ile 1 değeri alır ancak anlam taşıyan bir görüntü elde etmek için bu aralığın 0-255 değer aralığına genişletilmelidir. Sonuç olarak 8-bitlik çözünürlüğe sahip bir görüntü oluşturulur. Aşağıdaki görselde örnek hesaplama ve sonuç değerleri görülmektedir. Pix4D üzerinde $NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED}$ işlemi ön tanımlı olduğu için NDVI oluşturma adımı, ortofoto oluştuktan sonra otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Anlamlı görüntü elde etmek için farklı renk paletlerinde sınıflandırma yapılmıştır.

MATLAB İle Ağaç Sayısı Hesaplama

Bu çalışmada, üretilen ortofoto görüntü üzerinde, görüntü işleme metotlarıyla yüksek doğrulukta ağaç sayısı hesaplama işlemi gerçekleştirilmiştir ve Google Maps üzerinden alınan RGB görüntü ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada üretilen ortofoto üzerinde ağaç içeren bölge çıkarılmıştır. Bu bölge gri görüntüye dönüştürülmüş ve ardından histogram eşitleme işlemi ile kontrast arttırılmıştır. Yükseklik ve ağaç tacının ölçülerine göre belirlenen parametre ile ağaçları disk içine alma işlemi uygulanmıştır. Aşındırma ve açma işlemleri ile küçük çalılıklar ve gölgelerden kaynaklı bozulmalar en aza indirilmeye çalışılmıştır. Son olarak görüntü siyah beyaz 2-bitlik forma getirilmiş ve bulunan taç yapılarının etrafları çevilip numaralandırılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Ağaç tespiti işlem basamakları

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Nokta Bulutu

Çalışma alanında, yaklaşık 55 metre yükseklikten 5 m/sn hızla alınan 1560 adet görüntü Pix4D yazılımı ile birleştirilmiştir. Her bant için 302 havadan alınan görüntü ve 10 reflektans kalibrasyon görüntüsü vardır. 7.35 hektarlık alandan alınan görüntüler ile ilk işlem adımı olarak nokta bulutu oluşturulmuştur. Oluşan nokta bulutu sonuç görüntüsü Şekil 2'deki gibidir. Oluşturulan nokta bulutu 907011 adet noktaya sahiptir. Şekil 3'de görülen bilgisayar konfigürasyonunda, bu işlemin analiz ve oluşturma süresi toplam 20 dakika 17 saniye sürmüştür.



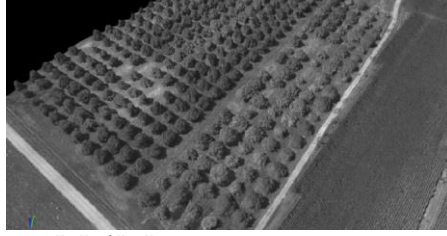
Şekil 2. Pix4D ile oluşturulan nokta bulutu sonuç görüntüsü

GE62VR 7RF(Apache Pro)-425XTR
İşlemci: Intel Core i7 - 7700HQ (6MB Cache Turbo Boost 3.8 Ghz)
İşletim Sistemi: DOS
Ekran: 15.6" FHD (1920X1080) Yansımaz
Chipset: Intel® HM175
Ekran Kartı: GeForce® GTX 1060 3GB GDDR5
Hafıza: 16GB DDR4 2400Mhz.
Hafıza yuvası: 2
Maksimum hafıza: 32GB
SSD + HDD: 128GB SSD + 1TB 7200 Rpm
Optik Okuyucu: DVD Super Multi
Ön Kamera: HD type (30fps@720p)
Klavye: Programlanabilir arka aydınltmalı
Bluetooth: v4.2
Kart Okuyucu: 1x SD (XC/HC)
Pil: 6-Cell
Boyut (WxDxH) mm: 383 x 260 x 27~29 mm
Ağırlık: 2.4 kg

Şekil 3. İşlemin yapıldığı bilgisayar konfigürasyonu

Poligonal Yüzey Modeli

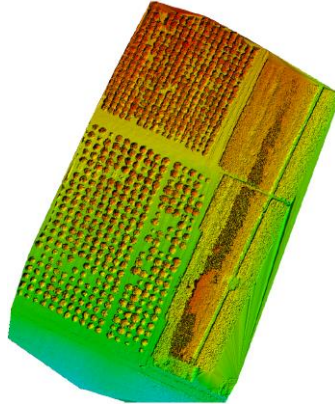
Oluşturulan nokta bulut modeli ile havadan alınan görüntülerin eşlenmesi ile üçgenleme metodu kullanılarak poligonal yüzey modeli (triangle meshes) oluşturulmuştur. Oluşturulan görüntü 8192 piksel yatay ve 8192 piksel dikey çözünürlüktedir. Oluşturulan bu mesh görüntü, kübaj hesapları için kullanılabilir. Ayrıca sayısal yükseklik modeli (DEM) oluşturmak için de referans alınabilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Triangle meshes görüntüsü

Sayısal Yüzey Modeli

Alınan görüntülerin exif bilgisi içerisinde yer alan GPS koordinat bilgileri ile yükseklik verisi kullanılarak sayısal yüzey modeli oluşturulmuştur (Şekil 5). Modelin kenar noktalarından da anlaşılacağı üzere yatay ve dikey bindirme hataları veya yeterli sayıda bindirmeli görüntü alınmadığı için hatalar meydana gelmiştir. Ayrıca mısır tarlası üzerindeki bozulmaların nedeni, havadan alınan mısır bitkisi arazi görüntülerinin deseninin aynı olması ve bu görüntülerin Pix4D tarafından ayırt edilememesidir.



Şekil 5. Oluşturulan sayısal yükseklik modeli görüntüsü

5 Bantlı Ortofoto Görüntü

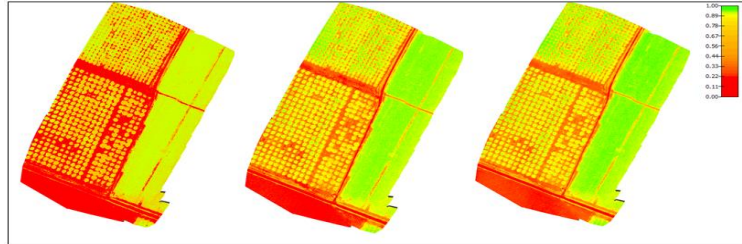
5 farklı bantta alınan görüntülerin birleştirilmesi ve irradyans kalibrasyonu yapılmasının ardından ortofoto görüntüsü oluşturulmuştur. Oluşturulan ortofoto görüntü her bant için 6 farklı renk paletinde ve 2 ile 32 arası sınıflandırma yapılarak en uygun görüntüler elde edilmiştir. 5 farklı bantta elektromanyetik spektrum dalga boyları değerleri, minimum, maksimum ve ortalama yansımaya değerleri, standart sapma ve varyans değerleri otomatik olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Dalga boyları ve reflektans değerleri

Band	nm	Min.	Ort.	Maks.	Standart Sapma	Varyans
Blue	475	0.00	0.03	0.28	0.02	0.00
Green	560	0.00	0.07	0.36	0.04	0.00
Red	668	0.00	0.06	0.55	0.06	0.00
Nir	840	0.04	0.42	1.11	0.21	0.04
Red Edge	717	0.01	0.11	0.40	0.05	0.00

NDVI İndekslenmiş Ortofoto Görüntü

NDVI indeks formülü olarak her piksel için yakın kızıl ötesi bant ile kırmızı bant yansıma değerlerinin farkının toplamına oranı hesaplanmıştır. Gri, RdYIGn ve thermal renk paletlerinde farklı sayıda sınıf sayısı ile görüntüler oluşturulmuştur (Şekil 6). Bitki sağlığı açısından incelendiğinde, özellikle RdYIGn renk paletinde ve 32 sınıflı görüntüde görülen detayların diğer renk paletlerine göre daha anlaşılır olduğu görülmektedir. Yeşil ve tonlarında görünen alanlarda bitkilerin sağlık durumları, sarı ve kırmızı tonlarda görünen alanlardaki bitkilere göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.



Şekil 6. NDVI indekslenmiş, 3, 10, 32 sınıflı ve RdYIGn renk paletli ortofoto görüntü

Ağaç Sayısı Hesaplama

MATLAB ortamında, morfolojik görüntü işleme teknikleri ile 330 portakal ağacı üzerinde ağaç tespiti ve sayısını tespit işlemleri yapılmıştır ve her bant için bulunan değerler karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sayısal yüzey modeli (DSM), NDVI indekslenmiş görüntü ve Google Maps üzerinden alınan görüntüler kıyaslanıp hata oranları hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Tespit edilen ağaç sayıları ve hata oranları

Görüntüler (Gri Renk Paletli)	Normal Renkli	Ters Renkli	Hata Oranı (Normal Renkli)	Hata Oranı (Ters Renkli)
Red Bant Görüntüsü	265	216	%19.696	%34.545
Green Bant Görüntüsü	321	208	%2.727	%36.969
Blue Bant Görüntüsü	288	182	%12.727	%44.848
NIR Bant Görüntüsü	351	329	%6.363	%0.303
RedEdge Bant Görüntüsü	344	206	%4.242	%37.575
NDVI Görüntü	193	265	%41.515	%19.696
DSM Görüntüsü	329	265	%0.303	%19.696
Google Maps Görüntüsü	322	227	%2.424	%31.212

Google Maps üzerinden farklı yüksekliklerde alınan 2 görüntü kendi arasında karşılaştırılmış ve ağaç tespiti için geliştirilen uygulamada test edilmiştir. Daha yakın mesafeden alınan görüntüde ağaç tespitinin daha yüksek doğruluk verdiği görülmüştür. Yakın irtifadan alınan görüntüdeki ağaç sayısı hata oranı %0.87 iken, uzak irtifadan alınan görüntüdeki tespit hata oranı %9.63 olmuştur.

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çukurova Üniversitesi içerisinde yer alan tarımsal uygulama arazisi üzerinde, bir insansız hava aracına çok bantlı kamera entegre edilmiştir. İnsansız hava aracı 8 motorlu, yaklaşık 25 dakika havada kalabilen özelliğe sahiptir ve 11 dk boyunca, 55 metre irtifadan, 1560 adet görüntü almıştır. Portakal ağaçları ve mısır bitkisi bulunan yaklaşık 7.35 hektarlık bir tarım alanı üzerinden görüntüler toplanmıştır. Görüntülerin birleştirilmesiyle birlikte nokta bulutu, poligonal yüzey modeli, sayısal yüzey modeli, red, green, blue, near infrared ve red edge bantlarda yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip ortofoto görüntüler oluşturulmuştur. Bitki sağlığı ve su stresi analizi için sıklıkla tercih edilen near infrared ve red bantlar kullanılarak NDVI indekslenmiş görüntü oluşturulmuştur. Çeşitli renk paletlerinde ve farklı sayılarda sınıflandırma yapılarak hastalıklı olan veya stres altındaki bitkiler teşhis edilmiş ve geliştirilen bir yazılım ile ağaçlar tespit edilmiştir. Sağlık analizi için NDVI indekslenmiş görüntünün en anlamlı sonuçları içerdiği gözlemlenmiştir. Sayısal yüzey modeli ve Google Maps görüntüleri de kullanılarak ağaç sayısı ve tespit çalışması yapılmış ve çıkan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Farklı yüksekliklerden alınan Google Maps görüntüleri kendi arasında bir değerlendirmeye tutulmuş ve yakın plandan alınan görüntülerde ağaçların tespitinde daha az hata ile sonuçlar elde edilmiştir. Sayısal yüzey modeli ve near infrared bantlı görüntülerin, ağaç tespiti ve sayısı için en az hata payına sahip sonuçları verdiği görülmüştür. Bu çalışma, tarımsal alanların izlenmesinde, klasik yöntemler yerine uzaktan algılama yöntemlerinin tercih edilerek, zaman ve maliyette tasarruf edilmesi, ürün verimliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Hassas ölçümler ile oluşturulan karar destek sistemlerinde kullanılacak bilgileri içeren görüntüler elde edilmiştir. Bu sayede, sonraki çalışmalarda, ülkemizde hassas tarım faaliyetlerinin artması ve tarımsal ürünlerin yüksek verimle üretilmesi öngörülmektedir. Sonraki araştırmalarda, bitki ve toprak türüne, yağış, rüzgar, nem gibi çevresel etmenlere veya hastalık türüne göre uzaktan algılama yapılacak doğru dalga boyu seçimi çalışmaları yapılabilir. Diğer taraftan, belirli periyotlarda aynı uçuş rotası takip edilerek tarımsal alanlarda gübreleme takibi ve bitkiye olan etkisi araştırılabilir. Ayrıca morfolojik görüntü işleme teknikleri üzerine yapılacak olan araştırmalar ve geliştirilecek filtreler ile ağaç ve taç tespiti daha hassas şekilde yapılabilir.

Teşekkür

Projenin oluşumunda ve ilerlemesinde büyük katkıları olan değerli hocalarım Prof. Dr. Süha Berberoğlu, Doç. Dr. Cenk Dönmez ile çalışmalarından ve tecrübelerinden sıklıkla faydalandığım değerli hocalarım Doç. Dr. Ali Özgün Ok ve Dr. Ahmet Çilek'e teşekkürlerimi borç bilirim.

Kaynaklar

Alkan, R. M., Ozulu, İ. M., İlçi, V., 2017, Klasik GNSS Veri Değerlendirme Yazılımlarına Alternatif Olarak Webtabanlı Online Değerlendirme Servisleri.

- Aksoy, V., 2007, *Formica cunicularia* Latr. 1798 (Hymenoptera: Formicidae)'De Spektral Duyarlılık, Spektral Öğrenme Ve Ayırım.
- Aktaş, H., Çınar, M. C., Birdal, A. C., Türk, T., 2016, 6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016), İnsansız Hava Araçları (İHA) İle Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesinde Yaygın Kullanılan Yazılımların Karşılaştırılması.
- Bilgi, S., 2007, Fotogrametri ve Uzaktan Algılamada Veri Elde Etme Yöntemlerinin Gelişimi ve Kısa Tarihçeleri, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetim Dergisi, Sayı:96, s.48-49.
- Elmas, E. E., 2019, Bir İnsansız Hava Aracı Gerçekleştirme ve Hareketli Nesnelerin Tespit ve Takibinde Kullanımı.
- Erden. Ö., 2006, Hava Fotoğrafları ve Uydu Görüntüleri İle Dijital Ortofoto Üretimi ve Kentsel Gelişimin İzlenmesi. s. 135.
- Kandemir, E., 2010, Uzaktal Algılama Tekniğinde NDVI Değerleri İle Doğal Bitki Örtüsü Tür Dağılımı Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. s.60.
- Ok, A. Ö., Özdarıcı Ok, A., 2018, 7. Uzaktak Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2018), Dijital Yüzey Modelinden Turunçgil Meyve Ağaçlarının Tespiti, Çıkarımı ve Kümelmesi: Bütünleşik Bir Sistem.
- Onağ, M. M., 2018, Tree Crown Detection Using Multispectral Satellite Imaginary. s. 76.
- Özdarıcı Ok, A., Ok, A. Ö., Schindler, K., 2015, Remote Sens, Mapping of Agricultural Crops from Single High-Resolution Multispectral Images—Data-Driven Smoothing vs. Parcel-Based Smoothing, ISSN: 2072-4292, doi:10.3390/rs7050561.
- Ural, K., 2018, Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Sürü Halinde Görev Yapan İnsansız Hava Araçları ve Teknolojileri, s.134.
- Yıldız, F., Kahveci, M., 2005, GPS Global Konum Belirleme Sistemi - Teori ve Uygulama, Nobel yayın dağıtım, ISBN:9755912037.
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karanlı, F., Gökalp, E., 2013, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013), İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon.