

[1001]

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ (İHA) ORMANCILIK UYGULAMALARINDA KULLANIMI

B. Ece MENTEŞOĞLU¹, Muhittin İNAN²

¹Yüksek Lisans Öğren. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Müh. ABD, 34116, Beyazıt, becement@gmail.com
²Yrd. Doç.Dr., İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Ölçme Bilgisi ve Kadastro ABD, 34473, Sarıyer, İstanbul, inan@istanbul.edu.tr

ÖZET

Bu çalışma İÜ-BAP tarafından desteklenen 52919 nolu “Düşük Maliyetli İnsansız Hava Araçlarının (İHA) Ormancılık Uygulamalarında Kullanımı” adlı yüksek lisans tez projesinin bir bölümüdür. Bu araştırmanın ilk aşamasında düşük maliyetli, otonom uçuş özellikleri olan, 6 kollu bir multikopter sistemi oluşturulmuş ve stabilizasyonu sağlanmıştır. Araştırmanın ikinci aşamasında çalışma alanı olarak belirlenen İÜ Orman Fakültesi kampüsünde uçuş planı yapılarak uçuşlar gerçekleştirilmiş ve analizler için kullanılacak fotoğraf alımları yapılmıştır. Alçak irtifa uçuşlarıyla, sistematik ve otonom olarak alınan, GPS ile koordinatlı dijital fotoğrafların işlenmesi de çalışmanın üçüncü aşamasını oluşturmuştur. Koordinat bilgisine sahip fotoğrafların işlenmesiyle çalışma alanına ait nokta bulutu, ortofoto ve vejetasyona ait taslak meşcere haritası elde edilmiştir. Elde edilen veriler yüksek doğruluğa sahip olmakla birlikte birçok analize de imkan sağlamaktadır.

İHA ile elde edilen veriler; klasik yersel ölçme, hava fotoğrafı ve uydu görüntüsüne göre hızlı, ucuz, ulaşılabılır ve yenilikçi olması yönünden önem taşımaktadır. Özellikle hızlı bir şekilde yüksek duyarlılığa sahip üç boyutlu harita elde etmek birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Bu çalışma ile İHA sistemlerinin, ormancılık çalışmalarında bir sorunu çözmek için temel çözümlerden biri olabileceği, sistem ile elde edilen verilerin ise orman yönetimi ve planlanması aşamasında bilimsel dayanak olarak öne sürülebileceği ve ormancılıkta coğrafi bilgi sistemi gerektiren durumlarda altlık olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Sözcükler: CBS, İHA, Meşcere Taslak Haritası, Ormancılık

ABSTRACT

THE USE OF UNMANNED AIRCRAFT VEHICLES (UAV) FOR FORESTRY APPLICATIONS

This study is the part of the master's thesis project named as “The Use of Low-Cost Unmanned Aircraft Vehicles (UAV) for Forestry Applications” supported by IU-BAP and numbered 52919. The first stage of this research was established low-cost, autonomus flight, six armed a multicopter system and the properties and its stabilization is provided. In the second stage of the research, planned flights were conducted and performed in the field of study on the IU Faculty of Forestry campus and photos were taken which will be used for analysis. The low altitude flight taken as systematic and autonomus, with GPS coordinated processing of digital photos constituted at the third stage of this study. By proceeding these geotaked photos, draft stand map of the vegetation, ortophotograph and point cloud of the field were obtained. The obtained data possess the highest accuracy as well as it is available for multiple analysis.

The data obtained from the UAV, compared to classic topographic measurement, aerial photo and satellite image, is important in terms of being faster, cheaper, more accessible and innovator. In particular, achieving 3D maps which has the highest sensitivity as fast as possible brings many advantages. The UAV systems with this study are thought to be one of the basic solutions to solve a problem in forestry work, the obtained data with this system is expected to be put forward the scientific base at the stage forest management and planning, and its believed that to be the base in situations that require geographic information system in forest.

Keywords: GIS, UAV, Draft Forest Stand Maps, Forestry

1.GİRİŞ

Ormancılık uygulamalarının temelinde yoğun arazi çalışmaları yer almaktadır. Ülkemiz ormanlarının yayılışı da hava fotoğraflarına olan gereksinmeyi kaçınılmaz kılmaktadır. Ayrıca orman varlığının alansal (yatay) ve yapısal (dikey) varlığının saptanıp plana bağlanması çalışmaları ormancılık sektörünün görevidir (Erdin, 1992).

Gelişen uydu teknolojisine rağmen ülkemizde ormancılık çalışmalarında ve planlama aşamasında yaklaşık yüzyıldır hava fotoğrafları kullanılmaktadır. Hava fotoğraflarının yaygın olarak kullanılmasının başlıca nedeni olarak hava fotoğraflarının uydu görüntülerine göre daha yüksek ayırma gücüne sahip olması gösterilmektedir. Özellikle son yıllarda, hava fotoğraflarının alım platformu olarak kullanılmaya başlanan İHA sistemleri ile ormancılık çalışmalarında kullanılan fotogrametrik çalışmalara yeni bir soluk getirmeye başlanılmıştır.

Ormancılıkta ve doğa korumada insansız hava araçları birçok uygulamada kullanılabilir. Bu uygulamalar;

Orman yangını algılama, İhlal ya da suç durumunda yasal kanıt ve kısıtlamalar için gözleme, Ormancılık uygulamalarını inceleme ve hasat yerlerini bulma, Girilmesinin sakıncalı ve zor olduğu doğal ormanların değişimin belirlenmesi ve izlenmesi şeklindedir (Horcher ve Visser, 2004).

İHA'lar avuç içine sığabilecek boyutlardan, tonlarca ağırlığa sahip olanlarına kadar çok çeşitli ebat, boyut ve ağırlıkta olabilmektedirler. Bu çalışmada ormanlık alanların koşulları göz önünde bulundurularak multikopter özelliğe sahip, düşük maliyetli bir İHA sistemi oluşturulmuştur. Düşük maliyetli otonom sisteme sahip bu insansız hava aracından elde edilen hava fotoğrafları verileri ile çalışmalar yapılmış ve yüksek doğruluğa sahip sonuçlar elde edilmiştir. Çalışma sonucunda yapılan analizler ile düşük maliyetli İHA sistemlerinin, ormancılıkta alışlagelmiş yersel ölçme, hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü kullanan uygulamalara göre hızlı, ucuz, ulaşılabilir ve yenilikçi bir alternatif olması nedeniyle bu sistemlerin önem taşıdığı görülmüştür.

2.İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)

İnsansız Hava Aracı (İHA), bir uçuş planına bağlı olarak otomatik ya da yarı otomatik olarak hareket edebilen veya yerdeki ya da başka bir araç içerisindeki bir pilot tarafından uzaktan kumanda edilerek uçurulan bir araçtır. Kullanım amaçlarına göre çeşitli ebat, şekil ve karakterlerde olan İHA platformları, taşıma kapasitesine ve özelliklerine bağlı olarak video kamera, termal ya da kızılötesi kamera sistemleri, multispektral kameralar, LiDAR algılayıcıları veya bu teknolojilerin birkaçını bir arada sunacak şekilde donatılmış olabilir. Ayrıca navigasyon ve uydu sistemi, barometrik altimetre ve pusula sistemlerini içerebilir. Böyle entegre bir sistem genellikle İnsansız Hava Aracı Sistemi (İHS) olarak adlandırılmaktadır (Aydan ve ark., 2014).

İHA sistemlerini farklı şekillerde sınıflandırmak mümkündür, ancak genel olarak nitel ve nicel anlamda sınıflandırılması daha doğru olacaktır. Nicel sınıflandırma, havada kalış süresi ve uçuş irtifasına göre yapılmaktadır. Bu nicel sınıflandırmaya göre Mini, Taktik, Operatif ve Stratejik ana gruplarına ayrılmaktadır (Haser,2010). Nitel sınıflandırmada ise görevler ayırt edici olarak tanımlanır. Bu nitel sınıflandırmada kullanım amaçlarına yani görevler baz alındığında temel olarak sivil ve askeri olmak üzere iki ana gruba ayrılır (Van Blyenburgh, 2007, Everaerts, 2008).

Sivil amaçlarla kullanılan uygulamaları şu şekilde özetlemek mümkündür:

Sivil taşımacılık ve nakliye,

Bilimsel/arazi izleme, jeolojik araştırmalar, toprak kayması tahmini,

Hava durumu tahmini, atmosferik araştırma, okyanus gözetlemeleri, kasırga oluşumu incelenmesi, volkanik çalışmalar,

Keşif ve gözetleme, sel izleme, kasırga izleme, volkanik izleme, orman yangını tespiti, yağ kaçağı gözlemeleme, deprem izleme, sahil gözetleme, uluslararası sınır devriyesi, uyuşturucu trafiği kontrolü, çevresel gözetleme,

Radyasyon seviyesinin incelenmesi,

Deformasyon analizi,

Ekin ve harman izleme,

Uydu görevleri bütünleme, haberleşme desteği, seyrüsefer desteği, uzaktan algılama desteği,

Acil durumlar, arama – kurtarma, yangınla mücadele, afet operasyon yönetimi,

Yüksek gerilim hatlarının denetlenmesi,

Sahil koruma,

Hava fotogrametrisi

Boru hatlarının, su kaynaklarının izlenmesi, su seviyesi değişimlerinin tespiti, su kirliliği tespiti,

Arkeolojik alanların incelenmesi,

Trafik izleme,

Afet sonrası saha taraması,

Uluslararası sınır devriyesi,

Yeryüzünün haritalanması, 3 boyutlu şehir veya arazi modelleme (Sapiralli, 2003; Okuyama ve ark., 2005; Ollero ve ark., 2006; Niethammer ve ark., 2011; Chang-chun ve ark., 2011; Chiabrando ve ark., 2011; Xiang ve Tian, 2011; Xiaofeng ve ark., 2012; Mozas-Calvache ve ark., 2012; Malet ve Bogaard, 2012; Yılmaz ve ark., 2013, Döner ve ark.,2014).

2.1.İHA Fotogrametrisi

Fotogrametri, genel olarak fotoğrafın alım yerine göre yersel fotogrametri ve hava fotgrametrisi olarak iki ana gruba ayrılmaktadır. Hava fotogrametrisinin tarihine bakıldığında ise fotoğraf alım platformu olarak balonlar, güvercinler, uçurtmalar, zeplinler, roketler, uçaklar, helikopterler ve uydular kullanılmıştır. Bu platformlara, son yıllarda çok çeşitli amaçlarla kullanılan insansız hava araçları da (İHA) eklenmiştir.

Literatür incelemesi yapıldığında daha önce kullanılan fotoğraf alım platformlarının arasında, insansız platformlarda yer almaktadır, ancak İHA sistemlerinin kendilerine has özellikleri nedeniyle ayrı bir fotogrametri

başlığı altında ele alınmaktadır. Bu özelliklerinden en önemlisi de İHA sistemlerinin otomatik ya da yarı otomatik olarak çalışma prensipleridir. Ayrıca teknolojik gelişmelerin avantajlarını iyi kullanan dijital kameralar sayesinde İHA'lar fotogrametrik alanda birçok avantajı da bünyesinde barındırmaktadır.

Kısa süreli bir çalışma ile İHA'lardan fotogrametrik amaçlı hava fotoğrafları elde edinimi oldukça kolay ve hızlıdır. Elde edilen fotoğraflar, dijital formda olduğu için özel programlarla sayısal yüzey modeli, sayısal yükseklik modeli, ortofoto ve üç boyutlu modelleme gibi istenilen işlemler ve analizler yapılabilmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde elde edilen fotoğraflar yeterli duyarlılığa sahiptir ve bu hava fotoğraflarının çeşitli programlarla işlenmesi ile elde edilen analizler oldukça iyi sonuçlar vermektedir.

2.2.İHA ve İHA Verilerinin Ormancılıkta Kullanım Olanakları

Ormancılık uygulamalarının birçoğunun temelinde arazi çalışmaları yatmaktadır. Ancak ülkemizdeki orman yayılışı göz önüne alındığında, her ormanlık alana ulaşım kolay olmamakla birlikte bu alanlarda rahat çalışmak mümkün olmamaktadır. Bu koşullarda ormancılık çalışmalarında fotogrametri ve uzaktan algılama önemli bir yere sahiptir. Son yıllarda kullanılan, fotogrametrik verilerin alımında yeni bir platform olan İHA sistemleri de ulaşımı zor ve tehlikeli alanlarda kullanılmasıyla ön plana çıkmaktadır. Bu açıdan bakıldığında İHA sistemleri ormanlık alanlarda kullanım için oldukça uygun olmakla birlikte diğer sistem ve yöntemlere göre iyi bir alternatiftir.

İHA sistemleriyle yapılan uçuşlar kısa süreli olmanın yanında sistemde yer alan dijital kameralardan elde edilen hava fotoğraflarına ulaşım hızlı ve kolaydır. Elde edilen verilerin uygun programlarla işlenmesiyle kısa sürede istenilen sonuçlar elde edilmektedir. Ormancılıkta ve doğa korumada İHA birçok uygulamada kullanılabilir. Bu uygulamalar; orman yangını algılama, ihlal ya da suç durumunda yasal kanıt ve kısıtlamalar için gözleme, ormancılık uygulamalarını inceleme ve hasat yerlerini bulma, girilmesinin sakıncalı ve zor olduğu doğal ortamların değişim belirlenmesi ve izlenmesi şeklindedir (Horcher ve Visser, 2004). Ormancılık ve doğal alanlarla ilgili yurtdışında İHA'larla yapılan çalışmalardan bazıları sıralanacak olursa;

Orman yangınlarının takibi ve yangın sonrası konumsal durum değerlendirilmesi (Ambrosia ve ark., 2003; Horcher ve Visser, 2004),

Bitkilerde biomass hesaplanması (Hunt ve ark., 2005),

Akdeniz bölgesindeki ormanların tanımlanması (Dunford ve ark., 2009),

Vejetasyon değişiminin izlenmesi (Berni, 2009),

Mera alanlarının sınıflandırılması ve değerlendirilmesi (Rango ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2009; Laliberte ve ark., 2010),

Orman yönetimi, yangın algılama ve orman haritalama (Hormigo ve Araujo, 2013),

Tepe çapı genişliği ve ağaç yüksekliğinin belirlenmesi (Lisein ve ark., 2013; Zarco ve ark., 2014),

Bölmeden çıkarma sonucunda oluşan toprak zararlarının belirlenmesi (Pierzchala, 2014),

Kentsel ağaçların envanteri (Ritter, 2014),

Yaprağını döken geniş yapraklı ormanlarda devrik ağaçların incelenmesi (Inoue ve ark., 2014),

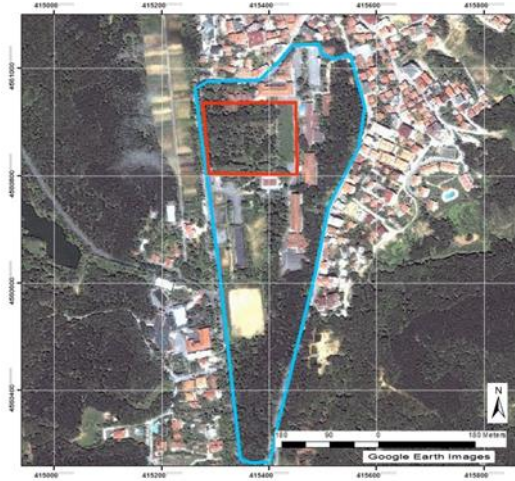
Sulak alanların zamansal ve ekolojik analizleri (Rafiq, 2015) şeklindedir.

3.ÖRNEK UYGULAMALAR

Çalışma alanı olarak seçilen İÜ Orman Fakültesi kampüsü ve çevresinde, düşük maliyetle oluşturulan İHA sistemi ile otonom uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşlarda, uçuş yüksekliği 50m ile 400m arasında değişken olarak ayarlanmış ve uçuşlar esnasında rüzgar hızının ortalama 15 m/sn hızı geçmemesine dikkat edilmiştir. Uçuş planının yapılmasından, uçuşun başlamasına, hava fotoğraflarının alınmasına ve inişin gerçekleştirilmesine kadar geçen toplam süre 20 dakika olarak tespit edilmiştir. Uçuşlar sonucunda %70 yan bindirme, %80 de önden bindirmeli 212 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir. Sistemik ve otonom olarak alınan hava fotoğrafları GPS koordinatlı fotoğraflardır. Fotoğrafların elde edilmesinin ardından ofis çalışmaları gerçekleştirilmiş ve fotoğrafların işlenmesi ile çalışma alanına ait nokta bulutu, ortofoto, sayısal arazi modeli (SAM), sayısal yükseklik modeli (SYM) ve vejetasyona ait haritalar elde edilmiştir.

3.1.Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Sarıyer ilçesinde yer alan İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Kampüsü ve çevresi seçilmiştir. Kampüs 41.176014 enlem ve 28.991350 boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma alanı 2.4 ha büyüklüğünde, denizden yüksekliği 150m civarında olup ve genel olarak engebesiz bir arazi yapısına sahiptir.



Şekil 1. Çalışma alanı.

3.2.Oluşturulan İHA Sistemi

Bu çalışmada kullanılan İHA sistemi düşük maliyetle hazırlanmış 6 kollu bir multikopterdir (Şekil 2). Sistem genel olarak uçuş elektronikleri ve sistem iskeleti olarak iki ana bölümden oluşturulmuştur.



Şekil 2. Oluşturulan İHA sistemi.

Oluşturulan sistemin malzemelerine bakılacak olunursa; Elektronik ve bilgisayar parçaları elektronik otonom uçuş kontrol ünitesi, bluetooth veri linki ve yer kontrol ünitesi, IOSD-Anlık uçuş bilgileri sistemi malzemeleri İHA sisteminin, otonom uçuş kontrol ünitesi ve yer kontrol sistemini, İskelet ve mekaniği karbon uçuş gövdesi, fırçasız elektrikli motor, ESC-Hız kontrol ünitesi ve multikopter pervanesi ise İHA sisteminin uçuş mekaniğini oluşturmaktadır.



Şekil 3. İHA sistemini oluşturan bazı malzemeler.

Sistemin iskeletini ve korunmasını sağlayan 6 kollu çerçeve sistemi, hafif yapısı ve sağlamlığı nedeniyle karbon fiber ve 78cm olarak tercih edilmiştir. Her kola bir pervane, bir motor ve bir ESC yerleştirilmiştir. Pervaneler

13x5cm boyutlarında ve ahşap yapıdadır. Sistemin motorları 400KV gücünde ve ESC hız kontrol üniteleri 40 amperdir. Görüntünün alınımını sağlayan Sony NEX5_R modeli dijital kameranın sabitlenmesi ve görüntü titreşimlerini engellemek için gimbal kullanılmıştır. Sistemin ve uçuşun istenilen düzeyde gerçekleşmesi ve kontrolü için uçuş kontrol ünitesi olarak GPS kontrol kartlı Wookong M ve DJI 2.4 GHz dataling tercih edilmiştir. Yer kontrol kumandası olarak 9 kanallı AURORA 9X kullanılmıştır. Sisteme enerji vermek için 6s, 22.4V ve 10000 Mah özellikli Lipo pil yerleştirilmiştir. İHA sisteminin tüm malzemelerin dengeli bir şekilde yerleştirilmesiyle toplam ağırlığı yaklaşık olarak 3.5 kg gelmektedir. Oluşturulan İHA sistemi ayrıca Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün İHA kayıt sistemine TR-IHA1H3405289 numara ile kayıtlanmıştır.

3.3.İHA Sistemi ile İş Akışı

Bu çalışma kapsamında ilk aşama olarak düşük maliyetli insansız hava aracı tasarlanmıştır. Oluşturulan İHA sisteminin stabilizasyonu sağlanarak deneme uçuşları yapılmış ve arazi çalışmaları planlanmıştır. İkinci aşamada arazi çalışmaları gerçekleştirilmiş, uçuş planı yapılarak sistemin otonom olarak uçuşu sonucunda veri alınımı gerçekleştirilmiştir. Son aşama da ise ofis çalışmaları yapılarak fotoğraflar yazılımla işlenmiş, analizler yapılarak sayısal arazi modeli, nokta bulutu, ortofoto gibi istenilen görsel sonuçlar elde edilmiştir.

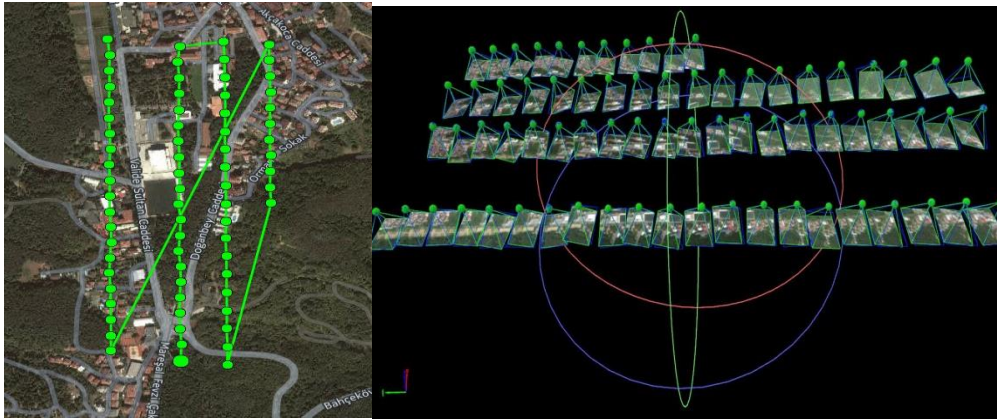
Genel olarak işlem süreci aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- 1.Platformun mobil hale getirilmesi
- 2.Veri toplama
- 3.Veri işleme
- 4.Bilgi kazanımı
- 5.Kullanıcılar için veriyi uygun hale getirme (Neitzel ve Klonowski, 2011).

3.4.İHA Hava Fotoğraflarının İşlenmesi

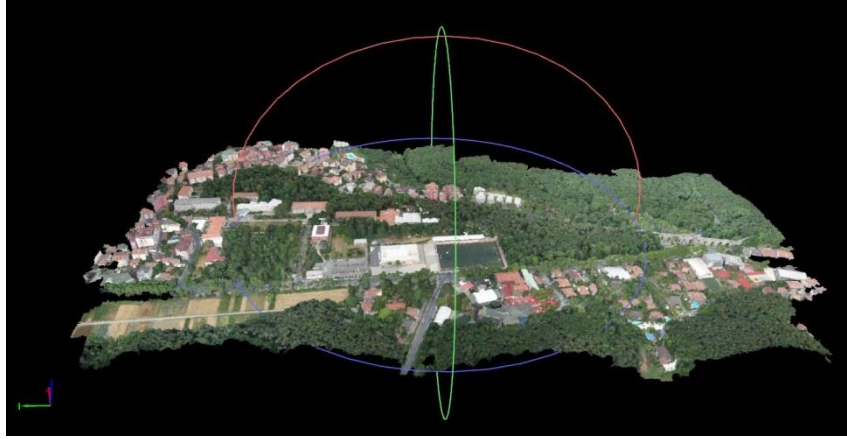
Arazi çalışmalarının ardından elde edilen hava fotoğrafları Pix4D yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Yapılan işlemler sonucunda;

- Nokta bulutu üretimi,
- Sayısal yükseklik modeli,
- Sayısal yüzey modeli,
- Sayısal arazi modeli,
- Ortofoto,
- KML (Keyhole Biçimlendirme Dili) dosyası ve
- 3 boyutlu model görselleri oluşturulmuştur.



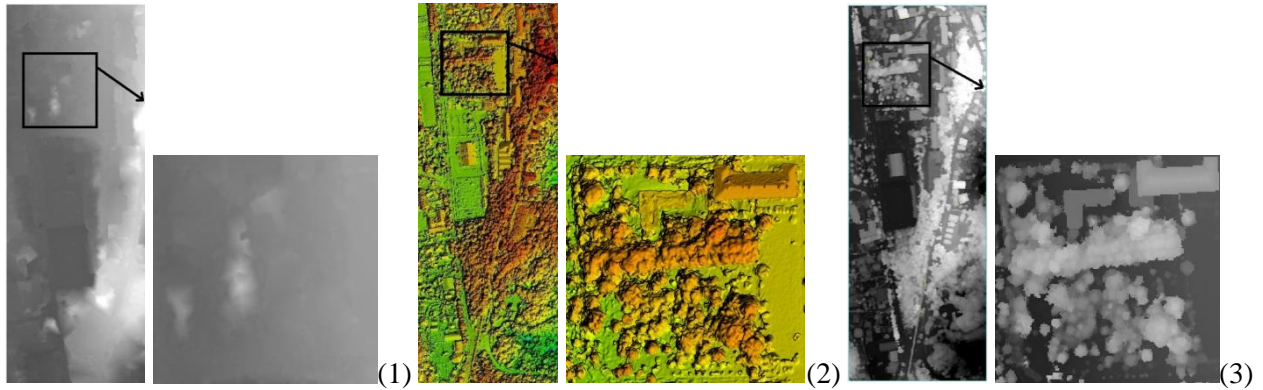
Şekil 4. İHA sistemiyle yapılan uçuş hattı ve alınan fotoğrafların dizilimi.

Pix4D yazılımı ile ilk olarak, her bir noktanın x, y ve z değerlerinin bulunduğu, koordinat sistemine bağlı noktalar kümesinin oluşturduğu nokta bulutu üretilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanına ait nokta bulutu görüntüsü.

Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretiminde nokta bulutundan yararlanarak çıplak yer yüzeyine ait konum ve yükseklik verileri elde edilmiş ve raster formatta SAM üretilmiştir. Sayısal Yükseklik Modeli de (SYM), çalışma alanındaki bina ve ağaç gibi tüm yüzeyleri dikkate alan x, y, z değerlerinin içeren nokta bulutundan üretilmiştir. Normalize Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) ise SYM den SAM çıkarılmasıyla elde edilmiş ve özellikle ormanlık alanlarda meşçere yükseklik modelinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanına ait SAM (1), SYM (2) ve nSYM (3).

Hava fotoğraflarındaki eğiklik ve arazi yükseklik farklarından kaynaklanan hatalar giderilerek çalışma alanına ait ortofoto görüntü elde edilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Çalışma alanına ait ortofoto görüntüsü.

Analiz sonuçlarından biri olan koordinat bilgili haritanın KML dosyası elde edilmiş ve Google Earth üzerine çakıştırılması yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Çalışma alanının Google Earth görüntüsü üstüne çakıştırılmış görüntüsü (KML gösterimi).

4.SONUÇLAR

İnsansız hava araçları kullanılarak elde edilen sayısal veriler, günümüzde hızlı ve doğruluk oranı yüksek bir şekilde değerlendirilebilmektedir. Elde edilen koordinat bilgisine sahip sayısal fotoğraflar üzerinden sayısal yükseklik modelleri, raster veya nokta bulutu şeklinde oluşturularak çalışmanın amacına özgü ihtiyaçlar karşılanabilmektedir. Özellikle, üretilen nokta bulutu verisinin gerekli sınıflandırma çalışmalarından sonra üretilen sayısal yükseklik modeli (SYM); söz konusu alana ilişkin konum ve yükseklik bilgisini yüksek doğrulukta içermekte ve arazi üzerindeki orman, bitki örtüsü, binalar gibi tüm detayları tanımlamaya yeterli 3 boyutlu modellemeye olanak vermektedir. Ayrıca nokta bulutunun değerlendirilmesiyle sadece çıplak yer yüzeyini tanımlayan, eğim, bakı ve kabartma haritası gibi analizlere olanak veren Sayısal Arazi Modeli de (SAM) üretilmektedir. Bu verinin birbirinden çıkarılmasıyla da özellikle ormanlık alanlarda meşcere yüksekliğini modelleyen Normalize Sayısal Yükseklik Modeli (nSYM) üretilmektedir ve alınan yatay kesitler, ormanın farklı süksesyon evrelerinin temsilinde kullanılabilir. Tüm bunlara ek olarak İHA'lerden fotogrametrik olarak elde edilen nokta bulutunun dikey segmentasyonu da ormanlık alanlarda ağaç sayısına yönelik değerlendirmelerde kullanılabilir veriler sağlamaktadır, fakat kullanılan matematiksel modeller henüz tam yeterli düzeyde değildir. Ancak İHA sistemlerine eklenebilen Lidar algılayıcıların sonuçları bu konuda ümit vermektedir.

Bu çalışma İÜ-BAP tarafından desteklenen “Düşük Maliyetli İnsansız Hava Araçlarının (İHA) Ormancılık Uygulamalarında Kullanımı” adlı yüksek lisans tez projesinin bir bölümünü kapsamaktadır. Bu projede elde edilen ilk sonuçlar, insansız hava araçlarından alınan fotoğrafların değerlendirilmesiyle üretilen SYM, SAM ve nSYM verilerinin ormancılık çalışmalarında karşılaşılan problemlerin çözümüne yönelik hızlı, ucuz ve güvenilir çözümler sunması yönünden göz ardı edilemeyecek teknolojiler olarak ortaya çıkmaktadır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında elde edilen meşcere yükseklik modeli, sıklık ve biyokütle gibi ormancılık çalışmalarında önemli parametreler, yersel verilerle birlikte değerlendirilerek doğruluk analizleri ve bunlara ilişkin 3boyutlu haritalar elde edilecektir.

TEŞEKKÜRLER

Bu çalışma İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Tarafından Desteklenmiştir. Proje numarası 52919.

KAYNAKLAR

Ambrosia, V.G., Wegener, S.S., Sullivan, D.V., Buechel, S.W., Dunagan, S.E., 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.

Avdan, U., Şenkal, E., Çömert R., Tuncer S., Ekim 2014, İnsansız Hava Aracı İle Oluşturulan Verilerin Doğruluk Analizi, 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, İstanbul.

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.

- Chang-Chun, L., Guang-Sheng, Z., Tian-Jie, L. And A-Du, G.,** 2011, Quick Image-Processing Method Of UAV Without Control Points Data In Earthquake Disaster Area, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 21(2011), S. 523-528.
- Chiabrando, F., Nex, F., Piatti, D. And Rinaudo, F.,** 2011, UAV And RPV Systems For Photogrammetric Surveys In Archaeological Areas: Two Tests In The Piedmont Region (Italy). *Journal Of Archaeological Science*, 38 (2011), S. 697-710.
- Döner F., Özdemir S., Ceylan M.,** 2014, İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama Ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı, 5. *Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, İstanbul.
- Dunford, R., Michel, K., Gagnage, M., Piegay H., Tremelo, M. L.,** 2009, Potential and Constraints of Unmanned Aerial Vehicle Technology for the Characterization of Mediterranean Riparian Forest, *International Journal of Remote Sensing*, vol. 30, no. 19, 4915-4935.
- Eisenbeiss, H.,** 2004., A Mini Unmanned Aerial Vehicle (Uav): System Overview And Image Acquisition, Processing And Visualization Using High-Resolution Imagery Workshop, Pitsanulok, Thailand.
- Erdin, K.,** 1992, *Fotogrametri*, İ.Ü. Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları İ.Ü. Yayın No. : 3674, O.F. Yayın No. : 421, İstanbul, ISBN 975-404-251-9.
- Everaerts, J.,** 2008, The Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) For Remote Sensing and Mapping, in The International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences* ,37 (2008): 1187-1192.
- Haser B.,** 2010, *Bu İnsansız Hava Aracı'ndan Daha Önce Yapmamış mıydık?*, Bilim ve Teknik.
- Horcher, A. and Visser R.J.M.,** 2004, Unmanned Aerial Vehicles: Applications for Natural Resource Management and Monitoring.- COFE (Council on Forest Engineering) Annual Meeting 2004, Proceedings (=http://www.cnr.vt.edu/ifo/VT%20Andy%20COFE%202004%20Drone%20Paper1.pdf) 5 p.
- 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.
- Hormigo T., Araújo J.,** 2013, A Micro-UAV System For Forest Management, International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and SpATIAl Information Sciences, Rostock, Germany
- Inoue. T., Nagai,, S., Yamashita, S., Fadaei, H., Ishii, R., Okabe, K., Taki, H., Honda, Y., Kajiwara, K., Suzuki, R.,** 2014, Unmanned Aerial Survey of Fallen Trees in a Deciduous Broadleaved Forest in Eastern Japan, *PlosOne*, Volume 9, Issue 10
- 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.
- Lisein, J., Pierrot-Deselligny, M., Bonnet, S., Lejeune, P.,** 2013, A Photogrammetricworkflow For The Creation Of A Forest Canopy Height Model From Small Unmanned Aerial System Imagery. *Forests* 4(4): 922-944.
- Malet, JP. and Bogaard, TA.,** 2012, Integration Of Technologies For Landslide Monitoring And Quantitative Hazard Assessment. *Engineering Geology*, 128 (2012), S. 1.
- Mozas-Calvache, A.T., Pérez-García, JL., Cardenal-Escarcena, FJ., Mata-Castro E. and Delgado-García J.,** 2012, Method For Photogrammetric Surveying Of Archaeological Sites With Light Aerial Platforms, *Journal of Archaeological Science*, 39 (2012), s. 521-530.
- Neitzel F., Klonowski, J.,** 2011, Mobile 3d Mapping With A Low-Cost Uav System, International Archives of the Photogrammetry, *Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XXXVIII-1/C22 UAV-g 2011, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland.
- Niethammer, U., James, MR., Rothmund, S., Travelletti, J. and Joswig, M.,** 2012, UAV-Based Remote Sensing

Of The Super-Sauze Landslide: Evaluation And Results. *Engineering Geology*, 128(2012), S. 2-11.

Okuyama, S., Torii, T., Nawa, Y., Kinoshita, I., Suzuki, A., Shibuya, M. and Miyazaki, N., 2011, Development Of A Remote Radiation Monitoring System Using Unmanned Helicopter. *International Congress Series*, 1276 (2005), S. 422–423.

Ollero, A., Martı́nez-de-Dios, JR. and Merino, L., 2006, Unmanned Aerial Vehicles As Tools For Forest-Fire Fighting, *Forest Ecology and Management*, 234S (2006), s. 263.

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.

Rafiq, T., 2015, A Temporal and Ecological Analysis of the Huntington Beach Wetlands Thorough an Unmanned Aerial System Remote Sensing Perspective, *Master of Art in Geography*, California State University.

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.

Ritter, A. B., 2014, Use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Urban Tree Inventories, A Thesis Presented to The Graduate School of Clemson University.

Saripalli, S., Montgomery, J. F., & Sukhatme, G. S., 2003, Visually Guided Landing Of An Unmanned Aerial Vehicle. *Robotics and Automation, IEEE Transactions on*, 19(3), 371-380.

Xiang, H. and Tian, L., 2011, Development of A Low-Cost Agricultural Remote Sensing System Based on An Autonomous Unmanned Aerial Vehicle (UAV). *Biosystems Engineering*, 108(2011), s. 174-190.

Xiaofeng, L., Zhongren, P., Liye, Z., Li, L., 2012, Unmanned Aerial Vehicle Route Planning for Traffic Information Collection, *Journal of Transportation System Engineering & IT* 12(1): 91-97.

Van Blyenburgh, P., 2007, UAS Unmanned Aircraft Systems The Global Perspective 2007/2008, <http://www.uvs-info.com>, (15.08.2015).

Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karsh, 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.

Zarco-Tejada P.J., Diaz-Varela R., Angileria C., Loudjanian V.P., 2014, Tree Height Quantification Using Very High Resolution Imagery Acquired From An Unmanned Aerial Vehicle (UAV) and Automatic 3D Photo-reconstruction Methods, *European Journal of Agronomy* 55: 89-99.