

İnsansız Hava Araçlarının Dere Yataklarının Haritalanması Çalışmalarında Kullanılması: Zil Deresi Örneği

Ozan Öztürk¹, Hamdi Zihni², Orhan Akdeniz², Mehmet Akif Ertaş², Dursun Zafer Şeker¹

¹İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469, İstanbul.

²Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü, Bilgi Teknolojileri Şube Müdürlüğü, 61220, Trabzon.

Özet

Hava fotogrametrisi ve uzaktan algılama platformları kullanılarak elde edilen görüntüler genellikle topoğrafik haritaların üretimi için kullanılmaktadır. Ancak, küçük alanlarda yapılan çalışmalarda çok büyük yatırımlar gerektiren bu sistemlerin kullanımı ekonomik değildir. Son yıllarda yeni bir taşıyıcı platform olarak yaygın biçimde kullanılmaya başlanan İnsansız Hava Araçları (İHA) özellikle küçük alanlarda mekansal verinin elde edilmesinde, hızlı, esnek ve gerçek zamanlı gibi birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Günümüzde, İHA'lar afet öncesi ve sonrası, ormancılık, kadastro, arkeoloji vb. çalışmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma kapsamında, İHA yardımıyla elde edilen görüntüler kullanılarak çalışma alanı olarak seçilen bölgenin Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve ortofoto haritaları üretilmiştir ve doğrulukları test edilmiştir. İHA görüntülerinin, uzaktan algılama ve fotogrametrik platformlara göre maliyet, zaman ve doğruluk açısından karşılaştırılmaları yapılmıştır. Ayrıca, bu ürünlerin üretimi aşamasında kullanılan fotogrametri ve görüntü işleme tekniklerini birleştiren bilgisayarlı görme (Computer Vision) tabanlı yazılımların algoritmik altyapıları ve çalışma prensipleri irdelenmiştir.

Anahtar Sözcükler

İnsansız Hava Aracı (İHA), Sayısal Yüzey Modeli (YM), Bilgisayarlı Görme, Dijital Fotogrametri

Abstract

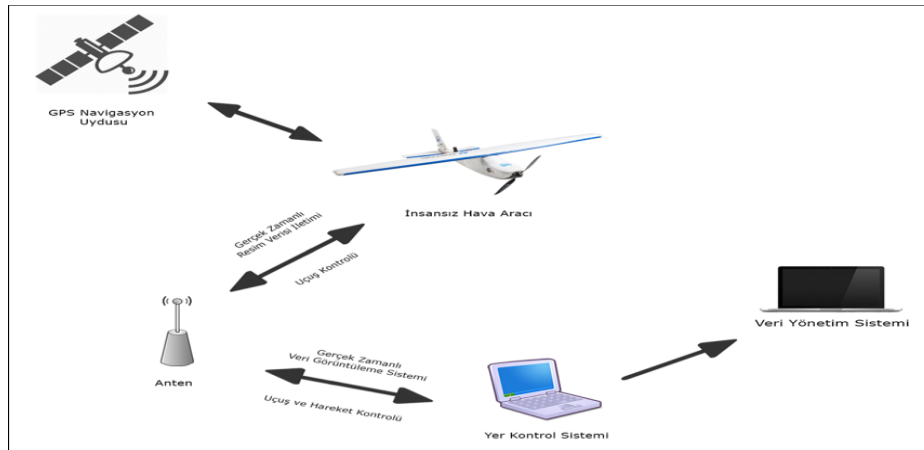
Images obtained using aerial photogrammetry and remote sensing platforms are generally used for the production of topographic maps. However, this platforms are not practical and require substantial investment in small areas. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) that is a new carrier platform in recent years brings many advantages such as fast, flexible and real-time acquisition of spatial data. Nowadays, UAVs are started to use pre and post disaster, forestry, cadastral, archeology etc. works. In this study, Digital Surface Modulation (DEM) and orthophoto images of the study area were produced using the images obtained by the digital camera integrated into the UAV and their accuracy was tested. In addition, algorithmic infrastructures and working principles of computer vision based software which combines photogrammetry and image processing techniques used in the production of these products are examined.

Keywords

Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Digital Surface Model (DSM), Computer Vision, Digital Photogrammetry

1. Giriş

İnsansız Hava Araçları (İHA), boş veya pilotsuz motorlu havasal araçlar olarak tanımlanmaktadır (Blyenburgh, 1999). İHA'ların kontrol mekanizması uzaktan, yarı otomatik, otomatik veya bunların birkaç tanesinin birleşiminden oluşmaktadır (Şekil 1). İHA'lar diğer hava araçlarıyla karşılaştırıldığında, fiziksel olarak pilotun bulunmaması en önemli fark olarak görülmektedir (Everaerts 2008, Wing 2014).



Şekil 1: İHAS platform yapısı (Changchun vd., 2010.)

İHA'lar, klasik hava fotogrametrisinde kullanılan uçakların tersine objeye yakın ve çok daha düşük yüksekliklerde uçuş imkânı sunmaktadır. Ulaşımın zor olduğu ve insanlı hava araçlarının kullanılamayacağı durumlarda İHA'lar tek alternatif yöntem olarak tercih edilmektedir. Objelerin çise ve bulutlu hava koşullarında bulutların altında kalması, klasik hava araçlarında büyük sorun teşkil etmekte ve bu nedenle sadece belirli dönemlerde uçuşlar yapılabilmektedir. Buna karşılık, İHA'lar ile bu zorlu koşullarda da veri çıkarımı sağlanabilmektedir (Eisenbeis 2009, Chou 2010, Neto 2012).

Geçmiş yıllarda İHA'lar ağırlıklı olarak askeri amaç ve uygulamaları için kullanılmaktayken günümüzde askeri ve sivil amaçlı birçok uygulamada tercih edilen veri toplama araçları olarak dikkat çekmektedir. İHA kullanılarak İlk hava fotoğrafı alımı 1955 yılında askeri amaçlı keşif uçuşu ile gerçekleştirilmiştir (Newcome, 2004). İHA sistemlerinin kullanımı 2000'li yılların başından itibaren hızla yayılmıştır, sistemlerin sayısı ve çeşitleri artmıştır ve aynı zamanda kabiliyetleri de oldukça gelişmiştir. Ayrıca, dijital fotogrametri ve dijital kameraların katkısı ile İHA'lar tarafından elde edilen görüntüler kullanılarak üretilen kartografik verilerin kullanımı önemli ölçüde yaygınlaşmıştır. İHA'lar birçok disiplin ve amaç doğrultusunda kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Araştırmacı gruplar, pervaneli ve sabit kanatlı İHA'larının doğal kaynak yönetimi ve görüntülenmesi (Horcher ve Visser, 2004), trafik görüntüleme (Haarbrink ve Koers 2006, Puri 2004), (Kise vd. 2005, Rovira-Más, vd. 2005), araç takibi (Kaaniche vd., 2005), bitki örtüsü görüntülenmesi (Sugiuravd., 2005), orman yangınlarının görüntülenmesi (Zhouvd., 2005), araç kazaları (Haarbrink ve Koers, 2006), büyük çaptaki kentsel ve varoş bölgelerin görüntülenmesi (Spatalasvd., 2006), Katrina Kasırgası sonrası etkilenen binaların görüntülenmesi (Pratt vd., 2006), hiperspektral İHA görüntülerinin sınıflandırılması (Lalibertevd., 2007) ve hasat tahmini (Reidelstuerz vd., 2007), nehirlerin görüntülenmesi (Masahiko, 2007), arkeolojik alanların haritalanması (Bendeavd. 2007, Patias vd. 2007) gibi alanlarda inceleme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir.

2009 yılından itibaren İHA'ların afet yönetimi ve planlaması amaçlı kullanılabilirliği üzerine olan çalışmalarda bir artış meydana geldiği görülmüştür. Marenchino, (2009) afet sonrası hızlı harita üretimi amaçlı yürüttüğü bir çalışma gerçekleştirmiştir. Otomatik olarak uçuş kapasitesine sahip kullanılan İHA dijital ve fotogrametrik sensörler ile gerçekleştirilmiştir. Elektronik sistemler yardımıyla otomatik görüntü çıkarımı gerçekleştirilmiş, bu görüntüler üzerinde Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve ortofoto harita üretilmiştir. Niethammer vd., (2010), yüksek çözünürlüklü heyelan görüntülerinin elde edilmesi ve heyelanların izlenmesi, Chou ve ark. 2010, afet yönetimi ve görüntülenmesi, Chiabrando vd. (2011), geniş ölçekte arkeolojik alanların görüntülenmesi, Naidoo vd., (2011), arama ve kurtarma operasyonlarının yönetilmesi, Manyoky vd.,(2011), kadastro çalışmalarındaki yeterliliği, Rau vd., (2011), heyelanların haritalanması, Maza vd., (2011), afet yönetimi ve sivil halk güvenliği, Neto vd., (2012), afet çalışmalarındaki senaryolarda kullanılması, Chikwanha vd., (2012), arama kurtarma operasyonlarının gerçekleştirilmesi, Wing vd., (2014), orman alanlarda yüzeylerin çıkarılması, Döner vd., (2014), haritalama çalışmalarında kullanılması, Mase vd., (2015), geniş ölçekli afet çalışmalarında iletişim sağlaması, Akgül vd., (2016), yüksek hassasiyetli sayısal yükseklik modeli üretilmesi ve ormancılık alanlarında kullanılması çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir.

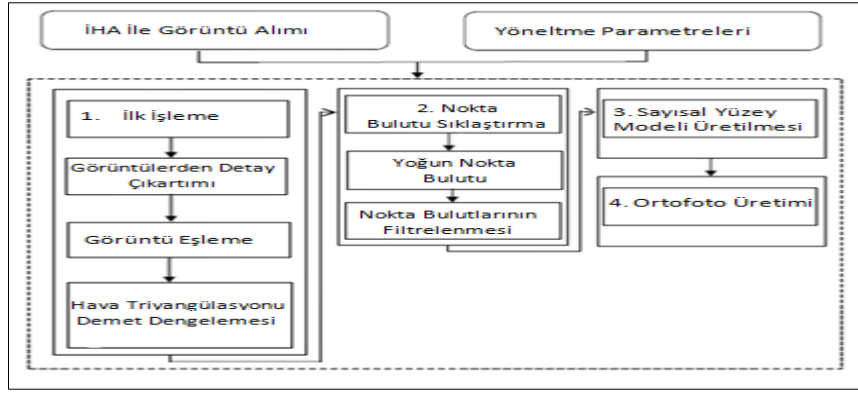
Bu çalışmada, insansız hava aracı ile elde edilen ortofoto görüntülerin ve sayısal yüzey modellerinin doğruluk analizi yapılmıştır. İnsansız hava aracı ile elde edilen görüntülerin, farklı yer kontrol noktaları ile koordinatlandırılması sonucu ortaya çıkan verilerin, arazinin önceden üretilmiş hali hazır harita verileri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Ortofoto görüntü üzerinden sayısallaştırma işleme gerçekleştirilerek dere yataklarında İHA görüntülerinin kullanılabilirliği irdelenmiştir.

2. İnsansız Hava Aracı Sistemleri ve Veri Üretimi

İnsansız Hava Aracı Sistemleri (İHAS), insansız uçuş platformu, veri işleme ve analiz sistemi, yer kontrol istasyonu vb. bileşenlerden oluşmaktadır. Veri işleme ve analiz sistemlerinde görüntü işleme, konumlandırma, tematik bilgiler çıkarma ve harita üretme amacıyla kullanılmaktadır. Yer kontrol istasyonunda ana olarak uçuş kontrol sistemi ve kablosuz bağlantı sistemleri yer almaktadır. İHA'nın uçuş kontrol ekipmanı vasıtasıyla gerçek zamanlı olarak uçağın uçuş yüksekliği ve konumu kontrol edilmekte ve yönetilmektedir.

Günümüzde, İHA yardımıyla yüksek çözünürlüklü sayısal görüntüler elde edilmektedir. Bu yoğun görüntülerin değerlendirmesi klasik fotogrametrik yaklaşımlı yazılımlar kullanılarak gerçekleştirilmesi oldukça zor ve zaman alıcı bir süreçtir. Bu amaçla, yoğun veri kümelerinin işleme çalışmalarının gerçekleştirilmesi için bilgisayarlı görme (computer vision) teknikleri İHA görüntülerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarlı görme yaklaşımı ile İHA görüntülerinin değerlendirilmesinin temeli dijital fotogrametridir. Ancak, Bu yöntemlerin fotogrametrik temelini aynı olmasına rağmen bilgisayar destekli görüntü işleme tekniklerinde farklı algoritmalar kullanılması, verilerin değerlendirilmesinde yeni bir bakış açısı ortaya çıkarmıştır. Bilgisayarlı görme teknolojilerinin avantajları sağladıkları yüksek hız ve doğruluk ile birlikte emek gücünü oldukça azaltmasıdır. Görüntü işleme yöntemleri yardımıyla, a ortak alanların belirlenip stereo modelin oluşturulması için gereken ve operatörün görsel aktivitelere dayanan elle yapılan işlemler yarı otomatik veya otomatik hale getirilmektedir (Yaşayan, 2011).

Günümüzde, geliştirilen bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlar iç yönelme ve dış yönelme aşamalarını gerçekleştirmek için kendilerine özgü algoritmaları kullanmakta ve görüntüleri başarılı bir şekilde geometrik olarak düzelterek yöneltebilmektedir (Bhandari, 2015). İHA görüntülerinin bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlarla değerlendirilmesi için öncelikle programlara iç ve dış yönelme parametreleri tanımlanması gerekmektedir. Sonraki aşama resimlerin sisteme yüklenmesidir. İşlemler, nokta bulutu oluşturulması, YM üretilmesi, ortofoto harita üretilmesi şeklinde devam etmektedir. Çalışmaya ilişkin iş akış diyagramı Şekil 2'de verilmiştir.

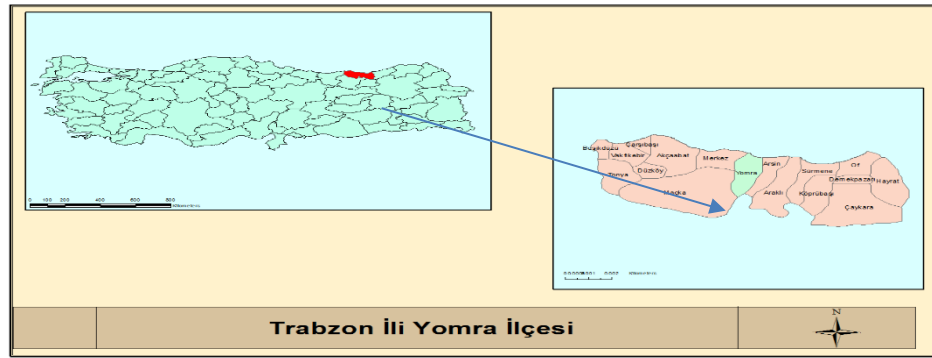


Şekil 2: İş akış diyagramı (Bhandari,2015)

3. Yapılan Çalışmalar

3.1. Çalışma Bölgesi

Trabzon, Doğu Karadeniz bölgesinde yer almakta ve 4.685 km²'lik yüzölçümüyle ülke topraklarının % 0,6'sını oluşturmaktadır. Doğuda Rize, batıda Giresun, güneyde Gümüşhane ve Bayburt illeriyle çevrili olan Trabzon'un kuzeyinde Karadeniz yer almaktadır. Yomra ilçesinin doğu sınırı Arsin ilçesi ile sınırı Harmanlı Deresi'nin 200 m doğusundan geçer. Batı sınırı ise; Zil Deresi'nin batısından başlayıp merkez ilçe Yalıncağ'tan güneye doğru Maçka ilçesi sınırlarıyla devam eder (Şekil 3).



Şekil 3: Çalışma alanı

3.2. Kullanılan Araç Ve Yazılımlar

Bu çalışma kapsamında otomatik ve yarı otomatik uçuş yeteneğine sahip Devlet Su İşleri-Trabzon Bölge Müdürlüğü Envanteri'nde bulunan IBOTIX firmasının ürettiği IBOTİX X6 isimli insansız hava aracı kullanılmıştır. Hazırlanan uçuş planına göre uçuş, otomatik veya uzaktan kontrollü biçimde gerçekleştirilmekte ve belirlenen aralık ve güzergâha göre çalışma alanına ait fotoğraflar çekilmektedir (Şekil 4). IBOTİX X6'nın genel özellikleri aşağıdaki gibidir;

- 1.05 m kanat genişliği,
- Karbon malzeme platform,
- 2.555 gr ağırlık,
- 2.500 kg taşıma kapasitesi,
- 90 km/sa hıza çıkabilme kapasitesi,
- 30 dakika uçuş kapasitesi.



Şekil 4: IBOTİX X6 tipi İHA

Fotoğraf çekim işlemi aracın altına yerleştirilen 32MP çözünürlüklü SonyA7R dijital kamera ile gerçekleştirilmiştir (Şekil 5). Fotoğraf makinesine ait teknik bilgiler;

- 7360 x 4912 çözünürlük,
- 300 dpi yatay ve dikey çözünürlük,
- 36 Megapixel CMOS,
- 1/1000 sn denklanşör hızı,
- ISO 500,
- 28 mm odak uzaklığı.



Şekil 5: Sony A7R fotoğraf makinesi

Bu çalışma kapsamında İHA'lerden elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin değerlendirilmesinde Bilgisayarlı Görme (CV) tabanlı AgisoftPhotoscan yazılımı kullanılmıştır. Yazılımın temel girdi parametresi, kamera kalibrasyon bilgileri, İHA'lara entegre edilmiş GPS/INS alıcısı ile belirlenmiş dış yöneltme parametreleri ve arazi çalışmalarıyla ölçme işlemleri gerçekleştirilmiş yer kontrol noktalarıdır.

3.3. Uçuş Planlaması ve Uçuş İşlemi

İHA ile veri toplama işlemine geçilmeden önce araziye ait uçuş yüksekliğinin belirlenmesi gerekmektedir. En uygun uçuş yüksekliğinin belirlenebilmesi için üretilecek sonuç ürünün yer örnekleme aralığının biliniyor veya hesaplanmış olması gerekmektedir. Yer örnekleme aralığı bir pikselin arazideki karşılığını ifade etmektedir. Bu çalışma kapsamında yer örnekleme aralığı 2 cm ve yer örnekleme aralığındaki uçuş yüksekliği ise 80m belirlenmiştir. Ayrıca, uçuş öncesi İHA'ya entegre edilmiş GPS/INS alıcısı yardımıyla uçuş sırasında dış yöneltme elemanları belirlenmiştir. Fotoğrafların dengelenebilmesi için çalışma bölgesini kapsayacak şekilde 42 adet yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmiştir. YKN fotogrametrik değerlendirme aşamasında fotoğraflarda net görüntülenebilmesi için 50cm x 50cm boyutlarında tasarlanmıştır. YKN'nin koordinatlarının ölçme işlemi CORS/RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir.

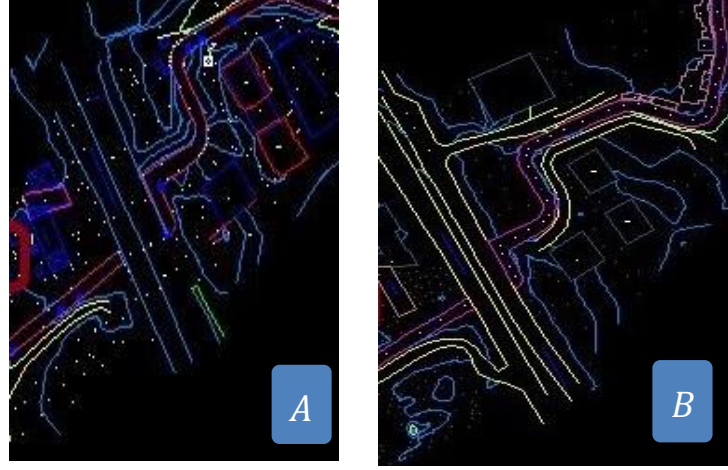
3.4. Ortofoto Görüntülerin Sayısallaştırılması ve Hata Miktarlarının Belirlenmesi

Saha çalışmaları ile koordinatları belirlenmiş YKN'ler kullanılarak yaklaşık 2 cm çözünürlüklü ortofoto haritası üretilmiştir (Şekil 5).



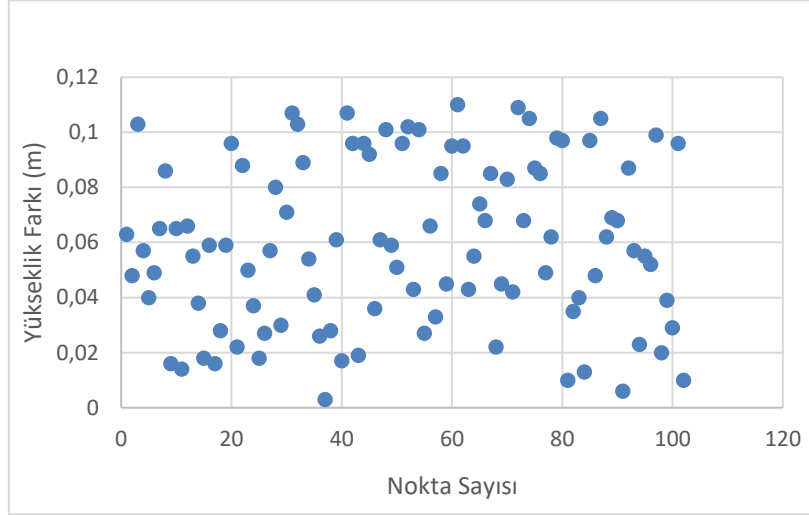
Şekil 6: Çalışma alanına için üretilmiş olan Ortofoto

İnsansız hava aracından elde edilen ürünlerin doğruluğu, bölge için daha önceden oluşturulmuş halihazır harita ile karşılaştırılarak belirlenmiştir. Ortofoto görüntülerdeki detaylar sayısallaştırma işlemi sonucu çıkarılmıştır. Bu detay veriler halihazır harita ile karşılaştırılarak iki veri seti arasındaki farklar incelenmiştir. İncelenen verilerin büyük ölçüde verilerin birbiriyle uyumlu olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 7).



Şekil 7: A. Halihazır harita, B. Detay verilerinin halihazır harita ile karşılaştırılması

Ayrıca, iki veri seti arasında aynı koordinat değerlerindeki yükseklik farkları incelenmiştir. Veriler arasındaki en yüksek hata miktarı 11 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8: İki veri seti arasındaki yükseklik farkları

4. Sonuç ve Öneriler

İHA'lar sağladıkları yüksek çözünürlükle veriler ve bunlar aracılığıyla elde edilen yüksek doğruluklu mekânsal veri üretme olanakları nedeniyle, havza yönetimi gibi çalışmaların birçok aşamasında rahatlıkla kullanılabileceği bu çalışmada ortaya konulmuştur. İHA'lar konumsal veri toplama ve değerlendirme işlemleri, bu yöntemin diğer veri toplama yöntemlerine karşılık tercih edilebilir bir boyuta gelmesine neden olmaktadır. Böylece, kurumsal bazda İHA'lardan faydalanmak amacıyla, koordineli bir şekilde belirlenecek bölge/il bazında İHA ve ekipman bulundurarak havza yönetimi çalışmalarına istenilen katkı rahatlıkla sağlanabilecektir. Ayrıca, İHA'ların olumsuz meteorolojik koşullardan etkilenmeden kısa zaman aralıklarında küçük ve orta büyüklükteki alanlarda ortofoto görüntü vb. veri üretebilmesinin önemli bir avantaj sağlayacağı da değerlendirilmektedir.

Teşekkür

Yazarlar çalışmada kullanılan verileri sağladığı için Trabzon 22. DSİ Bölge Müdürlüğü yönetimine teşekkür ederler.

5. Kaynaklar

Blyenburgh, P. V. (1999). UAV's-current situation and considerations for the way forward. Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications Report, Belgium.

- Wing, M. G., Burnett, J., Johnson, S., Akay, A. E. ve Sessions, J., 2014. A Low-cost unmanned aerial system for remote sensing of forested landscapes. *International Journal of Remote Sensing Applications*, 4(3), 113-120.
- Everaerts, J., 2008. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 1187-1192.
- Newcome, L. R. (2004). Unmanned aviation: a brief history of unmanned aerial vehicles. Aiaa.
- Horcher, A. ve Visser, R. J. M., 2004. Unmanned Aerial Vehicles: Applications for Natural Resource Management and Monitoring, In: Council on Forest Engineering Annual Meeting, Hot Springs (AR), USA.
- Haarbrink, R. B. ve Koers, E., 2006. Helicopter UAV for photogrammetry and rapid response, In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, ISPRS Workshop of Inter-Commission WG I/V, Autonomous Navigation, Antwerp, Belgium.
- Puri, A., 2004. A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance, Internal Report, Department of Computer Science and Engineering, University of South Florida, Tampa, FL, USA, p. 29.
- Kise, M., Rovira-Más, F. ve Zhang, Q., 2005. A stereovision-based crop row detection method for tractor-automated guidance, In: *Biosystems Eng.*, 90, 357-367.
- Kaaniche, K., Champion, B., Pegard, C. ve Vasseur, P., 2005. A vision algorithm for dynamic detection of moving vehicles with a UAV, In: *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, 1878-1883.
- Zhou, G., Li, C. ve Cheng, P., 2005. Unmanned aerial vehicle (UAV) real-time video registration for forest fire monitoring, In: *IEEE International, Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1803-1806.
- Sugiura, R., Noguchi, N., & Ishii, K. (2005). Remote-sensing technology for vegetation monitoring using an unmanned helicopter. *Biosystems engineering*, 90(4), 369-379.
- Spatalas, S., Tsioukas, V. ve Daniil, M., 2006. The use of remote controlled helicopter for the recording of large scale urban and suburban sites, In: *Culture of Representation*, Xanthi, Greece.
- Masahiko, N., 2007. UAV borne mapping system for river environment, In: *28th Asian Association of Remote Sensing Conference*, Kuala Lumpur, Malaysia
- Bendea, H. F., Chiabrando, F., Tonolo, F. G. ve Marenchino, D., 2007. Mapping of archaeological areas using a low-cost UAV the Augusta Bagiennorum Test site, In: *XXI International Symposium*, Athens, Greece
- Patias, P., Saatsoglou-Paliadeli, C., Georgioulas, O., Pateraki, M., Stamnas, A. ve Kyriakou, N., 2007. Photogrammetric documentation and digital representation of the macedonian palace in Vergina-Aegeae, In: *CIPA, XXI International CIPA Symposium*, Athens, Greece.
- Manyoky, M., Theiler, P., Steudler, D. ve Eisenbeiss, H., 2011. Unmanned aerial vehicle in cadastral applications, *ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 3822, 57.
- Marenchino, D., 2009. Low-cost UAV for the environmental emergency management, *Photogrammetric procedures for rapid mapping activities*.
- Masahiko, N., 2007. UAV borne mapping system for river environment, In: *28th Asian Association of Remote Sensing Conference*, Kuala Lumpur, Malaysia
- Changchun, L., Li, S., Hai-Bo, W. ve Tianjie, L., 2010. The research on unmanned aerial vehicle remote sensing and its applications. In *Advanced Computer Control (ICACC), 2010 2nd International Conference on (Vol. 2, pp. 644-647). IEEE.*
- Niethammer, U., Rothmund, S. and Joswig, M., 2009. UAV-based remote sensing of the slow moving landslide Super-Sauze, In: *Landslide processes*, Ed.: CERIG Editions, Strasbourg, 69-74.
- Maza, I., Caballero, F., Capitán, J., Martínez-de-Dios, J. R. ve Ollero, A., 2011. Experimental results in multi-UAV coordination for disaster management and civil security applications, *Journal of intelligent & robotic systems*, 61(1-4), 563-585.
- Naidoo, Y., Stopforth, R. ve Bright, G., 2011. Development of an UAV for search & rescue applications, In *AFRICON, 2011 (pp. 1-6). IEEE.*
- Chikwanha, A., Motepe, S., & Stopforth, R. (2012, November). Survey and requirements for search and rescue ground and air vehicles for mining applications. In *Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP), 2012 19th International Conference (pp. 105-109). IEEE.*
- Döner, F., Özdemir, S. ve Ceylan, M., *İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama Ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı.*, 2014. 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Rau, J. Y., Jhan, J. P., Lo, C. F. ve Lin, Y. S., 2011. Landslide mapping using imagery acquired by a fixed-wing UAV, In *Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics (UAV-g), (Vol. 38, p. 6).*
- Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A., Gülcü, S., & Öztürk, T. (2016). İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları.
- Changchun, L., Li, S., Hai-Bo, W. ve Tianjie, L., 2010. The research on unmanned aerial vehicle remote sensing and its applications. In *Advanced Computer Control (ICACC), 2010 2nd International Conference on (Vol. 2, pp. 644-647). IEEE.*
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., 2011. Fotogrametri. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2295
- Bhandari, B., Oli, U., Pudasaini, U. ve Panta, N., 2015. Generation Of High Resolution DSM Using UAV Images, *FIG Working Week 2015 From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World*, 17-21 May 2015, Sofia, Bulgaria.