



**Makale
(Article)**

Düşük Maliyetli İHA (İnsansız Hava Aracı) ile Mobil Harita Üretiminin Bugünü ve Geleceği

Mehmet Zeki COŞKUN*

*İTÜ İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 İstanbul/TÜRKİYE
coskun@itu.edu.tr

Özet

Bu bildiri İTÜ-BAP tarafından desteklenen "Model Hava Araçları ile Düşük İrtifada 3 Boyutlu Yüksek çözünürlüklü Haritaların Üretilmesi" isimli projenin bir çalışmasıdır. Bu projede bir model uçak ve helikopter (geleneksel, quadro, hexa or octo-kopter) geliştirilmiş stabilizesi sağlanmış ve 3B harita yapmak için alçak irtifada koordinatları GPS yolu ile belirlenen resimler çekilmiştir. Proje 3 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama bir prototip model araç geliştirmek, ikinci aşama da model aracın stabilizasyonunu sağlamak ve üçüncü aşamada ise resim çekilerek yüksek doğruluklu 3B harita üretmektir.

21. Yüzyıl başladığından beri harita üretme teknikleri hızla gelişmekte özellikle mobil haritalama yöntemi olan İHA (İnsansız Hava Aracı) ile daha kolay bir ve ucuz maliyetli olmaktadır. Bu bildiri daha çok proje aşamalarındaki çalışmalardan bahsedilecek, ayrıca düşük maliyetli İHA' lar ile mobil harita üretimi, ticari ve ticari olmayan İHA' lar ve oto pilot sistemleri ve model araçların olanakları ve birbirleri ile üstünlükleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: CBS, İHA, Fotogrametri, Düşük Maliyetli, Mobil, Harita

Today and Future of Mobile Mapping via Low Cost UAV (Unmanned Aerial Vehicles)

Abstract

This study is a part of a project named "Production of 3 Dimensional High Resolution Maps by Model Air Vehicle at Low Altitude" Supported by Scientific Research Projects of Istanbul Technical University. In this project it is aimed to develop a model plane and helicopter (traditional, quad, hexa or octo-copter), which can take stabilized and coordinated pictures from low altitude and produce 3-D maps with high resolution.

While starting the beginning of the twenty-first century, the mapping techniques is rapidly developing and getting easier and cheaper such as mapping by Low-cost UAVs. This paper talks about experiences of studies on the project phases and also discusses about low-cost UAVs which one of the mobile mapping systems such as commercial and amateur UAV aircrafts, autopilots for UAVs, quadra-copter, hexa-copter, octo-copter frames and stabilizers for all copters and the abilities of new generation UAVs and comparison of the low cost UAVs.

Keywords: GIS, UAV, Photogrammetry, Low Cost, Mobile, Mapping.

Bu makaleye atf yapmak için

Coşkun, M. Z. " Düşük Maliyetli İHA (İnsansız Hava Aracı) ile Mobil Harita Üretiminin Bugünü ve Geleceği " Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi 2012 4(2) 11-18

How to cite this article

Coşkun, M. Z. " Today and Future of Mobile Mapping via Low Cost UAV (Unmanned Aerial Vehicle) " Electronic Journal of Map Technologies 2012 4(2) 11-18

1. GİRİŞ

Mobil haritalama sistemi üzerinde bütünleşik farklı sensörlerin bulunduğu, sürekli olarak platformun 3 boyutlu koordinatlarını sağlayabilen ve aynı anda mekânsal veri toplayabilen sınırlı ya da sınırsız yer kontrollü GPS (Global Positioning System) desteğinin kullanıldığı hareketli bir platformdur [1].

Mobil platform bir kara aracı, bir su aracı veya bir hava aracı olabilir. Genellikle, GPS ve INS (Inertial Navigation System) gibi konumlama sensörleri aracın ve haritalama sensörlerinin konumsal olarak yönetilmesini sağlamaktadır [2].

Mobil haritalamanın işlem süreci aşağıdaki gibi sıralanabilir [3]:

- a) Platformun mobil hale getirilmesi,
- b) Veri toplama,
- c) Veri işleme,
- d) Bilgi kazanımı,
- e) Kullanıcılar için veriyi uygun hale getirme.

Mobil haritalama sistemi iki kategoride sınıflandırılabilir;

1. Yer bazlı haritalama sistemleri
2. Hava bazlı haritalama sistemleri

Her iki sistemde birden fazla bütünleşik farklı sensör ve bileşenler kullanılır ancak araçlar farklıdır. Bu çalışmada hava bazlı haritalama sistemlerinden bahsedilecektir.

2. MOBİL HARİTALAMA SİSTEMLERİNDE DONANIM BİLEŞENLERİ

Her iki, hava ve yersel mobil haritalama sisteminde görüntüleme cihazları, lazer scanner, konumlama araçları, google ve hareketli araçlar kullanılmaktadır.

Görüntü alma sistemleri klasik hava fotogrametrisinden LIDAR ve radar a kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Farklı özelliklerde örneğin standart kameralar, termal kameralar, ultraviyole kameralar gibi düşük çözünürlüklü kameralardan çok yüksek çözünürlüklü kameralara kadar amaca uygun çok farklı seçenekler bulunmaktadır [4].

Bilindiği üzere GPS ve IMU (Inertial Measurement Unit) olmak üzere konumlama için kullanılan iki ana donanım vardır. Elde edilen verilerin konumlandırılması dışında da insansız hava araçlarının (İHA) kontrolünde ve yönetilmesinde bu donanımlar da kullanılmaktadır.

İnternet aracılığı ile erişilebilen Google ve Google Earth haritaları UAV ile harita üretiminde hatta mobil harita üretiminde önemli servisler sağlamaktadır.

Yersel ve hava bazlı mobil haritalama sistemlerinde özel olarak üretilmiş ya da modifiye edilmiş araçlar kullanılmaktadır. Kara araçları genellikle araba veya benzer araçlar olmakla birlikte insansız olarak da modifiye edilip kullanılmaktadır.

3. HAVA BAZLI MOBİL HARİTALAMA ARAÇLARI

Birçok hava araçları mevcuttur ancak model hava araçları dışında geleneksel olanlardan burada bahsedilmeyecektir. Hava bazlı mobil haritalama araçları uçak, helikopter, uçurtmalar roket, uçurtma ve paraşüt olarak sıralanabilir. Bu araçların mobil haritalama sistemleri kapsamında kapasiteleri ve farklı özellikleri ile ilgili bilgiler tablo 1 de verilmiştir.

Tablo 1. Hava Araçları Tipleri (0:en düşük değer 5: En yüksek değer)

Hava Aracı Tipi	Hava Aracı Modeli	Mesafe	Uçuş Süresi	Hava Şartlarında Durumu	Yük Miktarı	Farklı Amaçlı Kullanım
Balon	Balon	0	5	0	5	4
	Zeplin	2	5	0	5	2
Uçurtma	Uçurtma	1	0	0	1	0
Uçak	Planör	3	4	4	1	3
	Paraşüt Planör	4	3	3	2	3
	Trainer	3	3	3	3	3
	Uçan Kanat	5	5	4	4	3
Helikopter	Tek rotor	3	3	2	3	4
	Koaksiyel	2	3	0	3	4
	Multikopter (3/4 rotor)	2	2	0	4	5
	Multikopter (6/8 rotor)	3	3	1	5	5
VTOL	VTOL	3	5	4	4	5
Roket	Roket	5	4	4	0	0

İnsansız Hava Araçları (İHA-UAV) önemli bazı performansları göz önüne alınarak sınıflandırılırlar. Sınıflandırma yaparken ağırlık, uçuş süresi, hız ve yükleme miktarı ayırt edici özellikler olarak görülmektedir ve sınıflandırmalar daha farklı özellikler göz önüne alınarakta yapılabilir. Performans ile ilgili karakteristik özellikler tasarımcı, üretici ve potansiyel müşteriler için önemlidir ve İHA' lar ile ilgili ihtiyaçların belirlenmesi ve karşılanmasında bu önemli rol oynamaktadır [5].

Performans ile ilgili karakteristik özellikler;

- Ağırlık **
- Dayanıklılık ve uçuş süresi **
- Maksimum yükseklik
- Yükleme miktarı
- Motor tipi
- Güç/İtme gücü **

İHA tasarımcıları ve özellikle İHA fotogrametri için ağırlık, dayanıklılık ve uçuş süresi ve güç/İtki gücü önemli karakteristik özelliklerdir.

4. RADYO KONTROL İHA (RC UAV)

Radyo Kontrol İHA uzaktan kumanda edilen, insansız, model hava araçlarıdır. Benzin, nitro yakıt ve elektrik motorları ile çalışabilir. Hava fotogrametrisi için, vibrasyonun az olması nedeni ile genellikle elektrik motorlar tercih edilmektedir. Ancak uygun kamera althığı ve anti-vibrasyonlar ile özellikle benzinli hava araçları kullanılabilir. Elektrik ile çalışan hava araçları benzin ve nitro ile çalışanlara nazaran daha kısa uçuş süreleri vardır. Havadan fotoğraf çekmek amacı ile hava araçları ile otonom ve/veya stabil bir uçuş sağlamak amacı ile oto pilot sistemlerinin kullanılması zorunludur. Özellikle geniş alanların haritalama çalışmalarında rota planlaması yapmak için gereklidir. Oto pilot sistemleri hem benzin/nitro hem de elektrikli motorlar ile çalışan hava araçlarında kullanılabilir.

Hâlihazırda radyo kontrollü İHA' lar için birçok ticari ve açık kaynaklı oto pilot sistemleri mevcuttur ve en uygun olarak kullanılanlar Tablo 2. de listelenmiştir.

Tablo 2. Radyo Kontrollü İHA' larda Yaygın Olarak Kullanılan

Oto pilot	Açık Kaynak	Uçak	Heli	Cam.Stab	Komple Kit
Micropilot		✓	✓	✓	
DJI			✓	✓	
Feiyu Tech		✓	✓		
Boomerang		✓			
Procerus Kestel		✓	✓	?	
Mikrokooper			✓	✓	
RP Systems		✓	✓	?	✓
CropCam		✓	✓		✓
Crossbow System		✓	✓		✓
Rotomotion			✓	✓	✓
DraganFlyer			✓	✓	✓
Aibotix			✓	✓	✓
Mavinci Sirius		✓			✓
SenseFly		✓			✓
GateWing			✓	✓	✓
AirRobot		✓			✓
Microdrones			✓	✓	✓
Aeryon			✓	✓	✓
ArduPilot	✓	✓	✓	✓	
OpenPilot	✓	✓	✓	✓	
AttoPilot	✓	✓	✓		
BTA Autopilot	✓	✓	✓		

Daha iyi sonuçlara ulaşmak için otopilot ile birlikte amera stabilizasyonu kullanılmalıdır. Ayrıca, oto pilotun dışında ayrı bir GPS de kullanılabilir. Böylece herhangi bir yer kontrol noktasına gerek kalmadan konumlandırma yapılabilir. Radyo kontrollü hava araçlarında kullanılabilinecek küçük boyutta ve hafif ağırlıkta DGPS olarak çalışan GPS donanımları vardır.

5. İHA FOTOGRAMETRİ İÇİN GEREKSİNİMLER

Bir İHA fotogrametri hava aracı dizayn edildiğinde bazı karakteristik özellikler önemlidir ve dikkate alınması gerekir. Hava aracının seçiminde yükleme miktarı, uçuş süresi başarıya ulaşmak için önemli rol oynamaktadır. Ayrıca haritası yapılacak alanın büyüklüğü ve doğruluk seçimde etken faktörlerdir. Büyük alanlarda tamamen otonom uçuş ve uzun uçuş süresine ihtiyaç olacaktır. Özellikle büyük alanlarda herhangi bir helikopter (geleneksel, quadro, hexa veya octokopter) kullanılamaz, bunun yerine mutlaka bir uçak kullanılması gerekir. Planör, paraşüt planör, trainer veya uçan kanat, bunların hangisi kullanılabilir? Planörler aslında uzun süre ve yavaş uçuş amacı ile tasarlanmışlardır ancak planörler termal havayı kullanarak uçarlar ve gövdeleri kamera yerleştirmek için oldukça dardır. Bunun yerine trainer/planör karışımı özel bir hibrit model hava aracı tasarlanabilir.

Tablo 3. Radyo Kontrollü İHA Örneği (Uçak)

Parçalar	Açıklama	Yaklaşık Maliyet (TL)
Elektronik Ekipman	Elektrik Motor (Brushless), ESC- 60 A, Lipo-4S 6000 Mah , Servo, UBEC- 5 A, Lipo 11.1 V 1000 Mah (Ubec İçin), Lipo 11.1 V 2000 Mah (Video Verici İçin), Pervane, Charger-Adaptör	800
Görüntü Ekipmanı	Verici : 1,2 ghz 800 Mw., Alıcı: 1,2 Ghz 2 Adet, Kamera: 520 TV line, Gopro Kamera Patch Anten+yagi anten, Diversity Lipo 11.1 V 2000 MAH, Tracking system UHF Data Link, Lipo :11.1 v 2000 MAH UBEC- 5 A	3600
Auto Pilot	FY-31 AP , OSD	600
Yer İstasyonu	Monitör , Tripod, Pan Tilt, Servo 2 Adet, Çanta vb. Aksesuarlar	1800
Gövde	1.80 kanat açıklığına sahip trainer uçak veya uçankanat.	1000

Paraşüt planörler veya trainer uçakların bu amaç için çok uygun olduğu düşünülebilir ancak her ikisinin de inmek veya kalmak için piste ihtiyacı vardır. Dolayısı ile her yerde kullanılması olanaksızdır. Ancak bunlar yine özel birtakım modifiyeler yaparak, örneğin iniş için paraşüt takılarak kullanılabilir. Uçan kanatların büyük kanat genişlikleri olduğundan uzun süre uçuşu mümkündür. Ayrıca bu uçakların rüzgârlardaki stabilizasyonu diğerlerine nazaran daha iyidir. Gövdelerine kamera yerleştirmek için yine özel bir takım modifikasyonların yapılması gereklidir ya da dizayn edilirken bu özellik göz önünde tutularak üretilebilir. Uçan kanatların inmesi veya kalması amacı ile pist gerekli olmamakla birlikte bazı özel dizaynlar için pist gerekli olabilir.

Bu bölümde hem uçak hem de hem de hexakopter (multikopter-6 rotor) için iki ayrı gerekli liste verilmiştir. Bu listedeki parçaların bazıları hem copter hem de uçak için aynıdır.

Bir RK uçak güç elektrik motor, elektronik kontrol ekipmanı, FPV sistemi (First Person View) veya video ekipmanı, otopilot, GCS (Ground Control Station) ve gövde gereklidir. Aşağıdaki tabloda yaklaşık 10 km çapında bir saat süre ile uçabilecek ve izlenebilecek bir model uçağın gerekli parçaları ve yaklaşık maliyeti verilmiştir.

Benzer şekilde RK multikopter için güç elektrik motor, elektronik kontrol ekipmanı, FPV sistemi (First Person View) veya video ekipmanı, otopilot, GCS (Ground Control Station), kamera mount ve gövde gereklidir. Aşağıdaki tabloda yaklaşık 4 km çapında uçabilecek ve izlenebilecek bir model uçağın gerekli parçaları ve yaklaşık maliyeti verilmiştir.

Tablo 4. Radyo Kontrollü İHA Örneği (Multikopter)

Parçalar	Açıklama	Yaklaşık Maliyet (TL)
Elektronik Ekipman	6 adet Elektrik Motor (Brushless), 6 adet ESC-30 A, Lipo- 4S 6000 Mah 6 adet Pervane, Charger-Adaptör	1200
Görüntü Ekipmanı	Verici : 1,2 ghz 800 Mw., Alıcı: 1,2 Ghz 2 Adet, Kamera: 520 TV line, Gopro Kamera Patch Anten+yagi anten, Diversity Lipo 11.1 V 2000 MAH, Tracking system UHF Data Link, Lipo :11.1 v 2000 MAH UBEC- 5 A	3600
Auto Pilot	DJI WKM	2200
Yer İstasyonu	Monitör , Tripod, Pan Tilt, Servo 2 Adet, Çanta vb. Aksesuarlar	1800
Gövde	6 kollu karbon gövde	800
Kamera mount	2 veya 3 eksen kamera mount	500

Yukarıda verilen fiyatlara radyo alıcı ve verici dahil edilmemiştir. Uygun profesyonel radyo Alıcı (Rx) ve verici (Tx) fiyatları 1200 ile 6000 TL arasında değişmektedir.

6. RADYO KONTROLLÜ İHA'LARDA AVANTAJLAR VE KISITLAMALAR

Son yıllarda düşük maliyetli İHA' lar ile farklı alanlarda özellikle de fotogrametride uygulamalar çok yaygın hale gelmeye başlamıştır. Bu yaygınlaşma model uçakların veya helikopterlerin son derece gelişmesi, çok daha efektif elektronik donanımların gelişmesi, GPS ve INS sistemleri ile navigasyonlarının hassaslaşması ve fiyatlarının ucuzlaması ile açıklanabilir. Örneğin %90 efektif kullanıma sahip fırçasız motorlar, uzun süre dayanabilen Li-Po (Lityum Polimer) piller bunlara örnek olarak verilebilir. GPS ve INS sistemlerinin bütünleşik devreler halinde bir kontrolcü ile beraber ucuz maliyetli olarak üretilmesi de multikopterlerin gelişmesinde çok etkili olmuştur. İHA' lar ile yapılan fotogrametrik çalışmalarda geniş alanlarda desimetre seviyesinde doğrulukların elde edildiği bilinmektedir [6].

Radyo Kontrollü İHA' ların avantajları;

- Düşük maliyet
- Kolay kontrol
- Düşük doğruluklu çalışmalarda hızlı çözüm
- Ulaşılamayan ve riskli alanlarda çalışabilme
- Yüksek hızda veri toplama
- Stabilize otonom uçuşlar

ve Radyo Kontrollü İHA' ların kısıtlamaları;

- Limitli yükleme kapasitesi
- Kurallar ve sigorta
- Düşük maliyetli sensör kullanımı

7. SONUÇ

Kopterler küçük alanlar için çok kullanışlı ve ekonomiktir. Hem geleneksel helikopter hem de multikopterler (quadro, hexa ve octo) mobil haritalama işlerinde özellikle geniş alanların ölçülmesinin gerekmediği yerlerde ve özellikle herhangi pistin olmadığı alanlarda rahatça kullanılabilir. Şimdilik multikopterlerin ve elektrikle çalışan geleneksel helikopterler 4-5 kg toplam kalkış ağırlığı ile ortalama 10 dakika kadar uçabilmektedir ancak yapılan bazı çalışmalarda bu sürenin 60 dakikanın üzerine çıktığı bilinmektedir [7]. Ancak bu süreler yüksüz ve çok uygun şartlar altında sadece hover olarak yapıldığı unutulmamalıdır.

Harita üretiminde klasik geleneksel yöntemlerin, hava fotogrametrisinin, uydu görüntüsünün, Radar ve LİDAR kullanımı pahalı yöntemlerdir. Özellikle ulaşılabilen alanlarda ve çalışmanın zor olduğu alanlarda geleneksel yöntemler de kullanılamaz. Son yıllarda radyo kontrollü İHA' lar ile mobil harita üretimi çalışmaları hızla artmaktadır. İHA fotogrametri olarak adlandırabileceğimiz bu yöntem yakın zamanda hava fotogrametrisi ve yersel fotogrametri arasındaki boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

Yakın zamanlarda harita üretimine yönelik çalışan firmalar artık donanımlarına insansız hava araçlarını da katmaya başlayacaktır. Son zamanlarda bu konu ile ilgili çalışan ve donanım satan firmalar henüz yurt içinde nadir olmakla birlikte başka ülkelerde satışlarını ve ürün hizmetlerini hızla sürdürmektedir.

Düşük maliyetli insansız hava araçları ile mobil harita üretiminde hala önemli belirsizlikler ve sıkıntılar vardır. Öncelikle hobi amaçlı olmayan ticari uçuşlarla ilgili düzenlemelerin yapılması gerekebilir. Yerel sivil havacılıkta İHA kullanımı ile ilgili uçuş yapılan alanlarda seyir kontrolü ve uçuş limitleri ile ilgili izinler ve düzenlemelerin yapılması gerekli olabilir. İHA' lar ile ilgili bilgi 5201 sayılı kanun gereğince kontrole tâbi tutulacak harp araç ve gereçleri başlığı altında, madde 1, 2. kısımda taktik araçlar başlığında söz edilmiştir [8].

Model araçların özellikle otonom uçan İHA' ların kamuya açık alanda kullanımı son derece tehlikeli ve risklidir. Herhangi bir çarpma esnasında özellikle geleneksel helikopterler ölümcül yaralar açabilir. Multikopterler buna nazaran daha güvenlidir ama yine de ciddi yaralanmalara sebep olabilirler. Radyo kontrollü İHA' lar ile ilgili herhangi bir sigorta veya güvence hatta donanımları için garanti mevcut değildir.

8. KAYNAKLAR

1. Grejner-Bzezinska, D., 2002. "Direct Georeferencing at The Ohio State University: A Historical Perspective", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 68(6), pp. 557-560.
2. Rongxing Li, 1997. "Mobile Mapping - An Emerging Technology For Spatial Data Acquisition", Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (63)9, pp. 1085-1097.
3. 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.
4. Petrie, G., 2010, "An Introduction to the Technology : Mobile Mapping Systems", www.geoinformatics.com, pp: 32-43.
5. Arjomandi, M., 2012, "Classification Of Unmanned Aerial Vehicles", <http://personal.mecheng.adelaide.edu.au/maziar.arjomandi/Aeronautical%20Engineering%20Projects/2006/group9.pdf>
6. Eisenbeiss, H., 2004., "A Mini Unmanned Aerial Vehicle (Uav): System Overview And Image Acquisition", Processing And Visualization Using High-Resolution Imagery Workshop, Pitsanulok, Thailand
7. RcGroups, 2012. **2012 Multi Rotor Contest.** <http://www.rcgroups.com/forums/showthread.php?t=1567716>
8. Resmi Gazete, 2012. 5201 Sayılı Kanun, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/01/20110126-8.htm>