

# İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VE UÇAK PLATFORMLARINDAN ELDE EDİLEN GÖRÜNTÜLERİN ORTOFOTO ÜRETİMİNDE KARŞILAŞTIRILMASI

E. Ayyıldız\*, L. Özmiş\*, F. Ç. Açar, H. Tuna\*, E. Özer\*, B. Erkek\*, S. Bakıcı\*

\*Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara  
ekremayildiz03@gmail.com, lozmus@gmail.com, fcts91@hotmail.com, hulyatuna61@gmail.com, ozerer@hotmail.com, berkek@tkgm.gov.tr, sbakici@tkgm.gov.tr

**ANAHTAR KELİMELELER:** İnsansız Hava Aracı (İHA), Fotogrametri, Nokta Bulutu, Ortofoto, Haritacılık

## ÖZET:

Günümüzde, fotogrametri haritacılık alanında oldukça önemli bir yere sahiptir. Fotogrametrik harita üretiminde farklı platformlar kullanılarak görüntü alımı gerçekleştirilmektedir. Gelişen teknoloji havadan görüntü alımında yeni alternatifler ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, İnsansız Hava Aracı (İHA) teknolojisi yeni bir görüntü alım platformu olarak karşımıza çıkmaktadır. İsminden de anlaşılacağı üzere bu teknolojiye görüntü alım platformu üzerinde herhangi bir pilot oturmamakla birlikte, platformun kontrolü uzaktan gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada, İHA teknolojisi kullanılarak Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Oran Yerleşkesinin havadan görüntü alımı yapılmıştır. Yaklaşık 40 hektarlık bir alanda yarım saat süren bir uçuş gerçekleştirilmiş, 387 adet görüntü toplanmış ve bölgenin ortofoto haritası üretilmiştir. Aynı alanın yüksek çözünürlüklü dijital kamera donanımına sahip uçak platformu ile görüntüleri çekilerek ortofoto haritası üretilmiş; sonuçlar maliyet, zaman, hassasiyet ve kullanım alanları bakımından karşılaştırmalı olarak irdelemiştir.

**KEY WORDS:** Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Photogrammetry, Mapping

## ABSTRACT:

Photogrammetry has an important place in the area of mapping in our day. Image acquisition is performed using different platforms at photogrammetric map production. The developing technology has brought new alternatives to the aerial image acquisition. In this context, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) has risen as a new image acquisition platform. As it is understood from its name, there is no pilot sitting on the platform and the control of the platform is done remotely.

In this study, image acquisition of the Oran Campus of the General Directorate of Land Registry and Cadastre was done. A flight of 30 min was performed above an approximately 40 ha area, 387 images were collected and orthophoto of the campus was produced. The images of the same area were also gathered by a plane equipped with high resolution digital camera and the orthophoto of the area was produced. The results were analyzed in terms of cost, time, precision and use areas comparatively.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde insansız hava araçlarının yaygınlaşması ve günlük yaşamda kullanılan kameraların teknik özelliklerinin günden güne gelişmesi, haritacılık sektöründe insansız hava araçlarının platform olarak kullanılarak fotogrametrik yöntem ile harita ve harita bilgisi üretme imkânı sağlamıştır. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanlığı 6083 sayılı "Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun 5/c maddesinde belirtildiği üzere; Harita işleri ile ilgili her türlü konuyu incelemek ve sonucunu bildirmek" maddesine dayanarak; insansız hava aracı ile ortofotoların büyük ölçekli harita ve harita bilgisi üretmeye uygunluğunu araştırmak amacıyla bir test çalışması gerçekleştirilmiştir. Test alanında, insansız hava aracı ile uçak platformları ve bunlara bağlı olarak farklı kamera ve yazımlar kullanılarak ortofoto üretimi yapılmıştır. Gerek ortofotoların üretim aşamaları, gerekse sonuç ürünler farklı açılardan incelenip karşılaştırılmıştır. Bu incelemeler sonucunda İHA'nın platform olarak kullanıldığı fotogrametrik çalışmaların, büyük ölçekli harita ve harita bilgisi üretim yönetmeliğine uygunluğu ve uçak platformuna göre avantaj ve dezavantajları sonuç kısmında sunulmuştur.

## 2. TEST ALANI

Çalışmada test alanı olarak Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Oran Yerleşkesi seçilmiştir (Şekil 1). Çalışma alanı

kulübelerden farklı katsayılarına sahip binaları, inşaat alanlarını, sık ağaçlık bölgeleri ve arazi kot değişikliklerinin ani olarak gerçekleştiği bölgeleri içinde bulundurmaktadır. Çalışma alanının yukarıda ifade edilen alanları ve konut tiplerini içermesi farklı arazi şartlarının ve farklı yapılanan bölgelerin çalışmaları nasıl etkileyeceği hakkında bilgi vermektedir



Şekil 1. Test Alanı

### 3. METODOLOJİ

#### 3.1 Planlama ve Jeodezi Çalışmaları

Test alanı olarak seçilen Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Oran Yerleşkesi'nde 19 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Tesis edilen bu noktalar TUSAGA-Aktif sistemine bağlı olarak Ağ-RTK yöntemiyle ölçülmüştür. Bu noktaların bölgeye dağılımı Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. YKN Dağılımı

#### 3.2 İHA Görüntüleri ve Yazılımları

İnsansız Hava Aracı (İHA), genel olarak bilinen adıyla drone uzaktan kumanda edilen bir tür uçaktır. Keşif amaçlı üretilen İHA'lar günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. İHA'lar bunun yanında uçaklar için zor, kirli ve tehlikeli görevlerde kullanılır. İHA'lar kullanım amaçlarına göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma aşağıdaki şekilde yapılmaktadır.

- Hedef ve Yem - Düşman hava savunma veya savaş uçaklarına karşı yem olarak kullanılarak hedef belirlemede yardımcı olan araçlar.
- Keşif ve Gözetleme - Düşmana ait cephe bilgilerini toplayan araçlar.
- Çatışma - Yüksek riskli görevlerde kullanılan saldırı kapasitesine sahip araçlar.
- Lojistik - Kargo ve lojistik destek amaçlı araçlar.
- Araştırma ve Geliştirme- Gelecekte kullanılmak amacıyla farklı İHA teknolojilerinin denendiği araçlar.
- Sivil ve Ticari – Sivil ve ticari amaçlar için kullanılan araçlar.

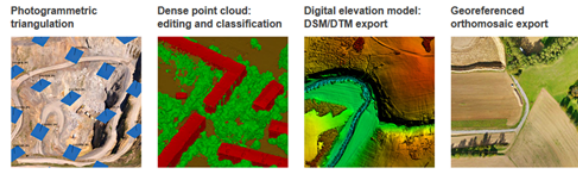
Testin insansız hava aracıyla yapılan kısımda platform olarak keşif ve gözlem kullanımı amacı için üretilmiş SmartOne-C (Şekil 3) ve Pentax Ricoh Gr dijital kamera (Şekil 4) kullanılmıştır. İnsansız Hava Aracı 1,1 kg olup 200 m irtifadan uçuşa kabiliyetine sahiptir. Havada kalma süresi ise maksimum 90 dakikadır. Pentax Ricoh Gr kamera ise 18,3 mm odak uzaklığına ve 4928x3264 adet piksele sahiptir. Piksel büyüklüğü 4784x4784 mikrondur. Kontrol ünitesinde Smart Plane GCS yazılımı kullanılmıştır. Ortofoto üretim aşamasında yazılım olarak Agisoft programından yararlanılmıştır. Yazılım havai nirengi dengelemesini, yükseklik verilerinin toplanmasını ve ortofoto üretimini otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Testin İHA ile gerçekleştirilen kısmında 387 adet görüntü üzerinde çalışılmış olup, toplam 42 adet yer kontrol ve denetleme noktası kullanılmıştır.



Şekil 3. SmartOne-C tipi İHA



Şekil 4. Pentax Ricoh Gr Kamera



Şekil 5. Agisoft PhotoScan

#### 3.3 Geniş Formatlı Kamera Görüntüleri ve Klasik Fotogrametrik Yazılımları

Fotoğrafın keşfedilmesinden kısa süre sonra fotogrametrik yöntem ile harita üretimi başlamıştır. Birinci Dünya Savaşından sonra uçaklarda ve analog fotogrametrik aletlerdeki gelişimler sonucu standart bir uygulama haline gelmiştir. Bilgisayarın devreye girmesi ile 70'li yıllarda analitik fotogrametri üretim süreci başlamıştır. 90'lı yıllardan itibaren dijital fotogrametri süreci gelişmiştir. Günümüzde ise geniş formatlı kamera ve bu kameralara uygun ünitelere sahip olan uçakların kullanılmaya başlanması, fotogrametrik yöntem ile harita üretiminde platform olarak uçakların kullanılmasını yaygınlaştırmıştır. Testin platform olarak uçak kullanılan kısmı TGKM'ye ait ISLANDER BN-2T (Şekil 6) tipi uçakla gerçekleştirilmiştir. Görüntü alım işlemi TKGM'ye ait Zeiss/Intergraph DMC (Şekil 7) dijital hava kamerası ile yapılmıştır. Zeiss/Intergraph DMC dijital hava kamerası 120 mm odak uzaklığına, 7680x13824 adet piksel sayısına sahip olup, piksel büyüklüğü 12 mikrondur. Çalışmanın bu kısmında uçuş planlaması ve görüntülerin proses



işlemleri için Z/I Mission, Z/I PPS ve Z/I DIA, havai nirengi ve dengeleme için Z/I AT ve ortofoto üretimi için ise Z/I ISOP yazılımlarından yararlanılmıştır. Bölgenin tamamı 5 adet görüntü ile kapatılmış olup, 19 adet yer kontrol noktası ve denetleme noktası kullanılmıştır.



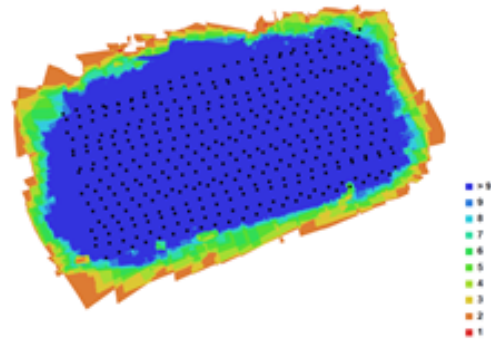
Şekil 6. Islander BN-2T uçak



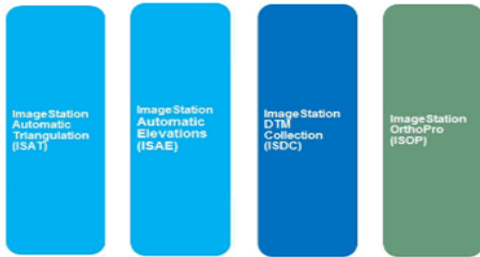
Şekil 9. İHA Ortofoto Görüntüsü



Şekil 7. Zeiss/Intergraph DMC dijital hava kamerası



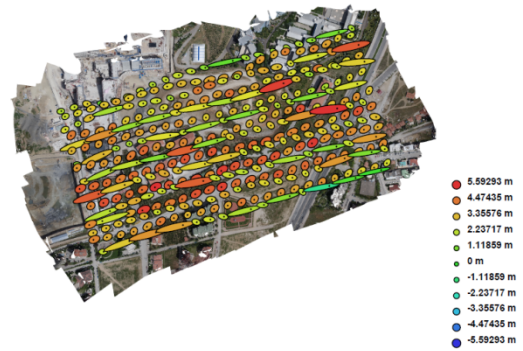
Şekil 10. Fotoğrafların Kapladığı Alan



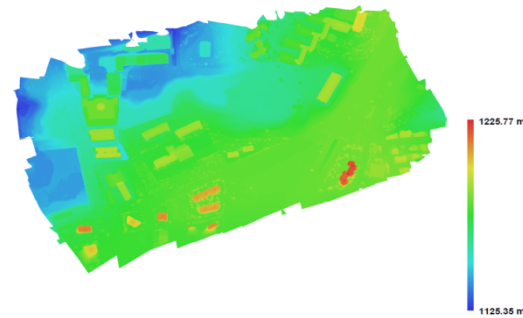
Şekil 8. Zeiss/Intergraph ImageStation

#### 4. SONUÇ ÜRÜNLERİN GÖSTERİMİ

Testin platform olarak İHA kullanılan kısmında enine ve boyuna bindirme oranları %80, uçuş yüksekliği 140 m olarak planlanmıştır. Bu planlamalar sonucunda GSD 3 cm olarak hesaplanmıştır. Agisoft yazılımı, ortofotonun görüntüsünü (Şekil 9), fotoğraf kapladığı alanları (Şekil 10), fotoğraf çekim noktalarından sapmaları (Şekil 11) ve sayısal yükseklik modelini (Şekil 12) bir rapor olarak vermektedir.



Şekil 11. Fotoğraf Çekim Noktaları ve Sapmaları



Şekil 12. Sayısal Yükseklik Modeli Görüntüsü

Testin platform olarak uçak kullanılan kısımda ise enine bindirme %60, boyuna bindirme %40, uçuş yüksekliği 650 metre olarak planlanmıştır. Bu planlamalar doğrultusunda üretilen ortofotonun (Şekil 13) yer örnekleme aralığı (GSD) 10 cm olarak hesaplanmıştır.



Şekil 13. TKGM Ortofoto Görüntüsü

## 5. TEST SONUÇLARININ ANALİZİ

Tablo 1. GPS RTK ve İHA Okumaları

	GPS RTK ALIMI		İHA ORTOFOTO OKUMALARI		ΔX	ΔY
	X	Y	X	Y		
P100	486863.370	4411834.397	486863.371	4411834.382	-0.001	0.015
P101	486862.437	4411829.423	486862.459	4411829.406	-0.022	0.016
P102	486816.322	4411826.401	486816.324	4411826.391	-0.002	0.010
P103	486893.026	4411785.396	486893.049	4411785.365	-0.023	0.031
P104	486910.501	4411755.376	486910.488	4411755.335	0.013	0.042
P105	486904.965	4411858.518	486904.961	4411858.505	0.004	0.013
P106	486909.277	4411920.711	486909.316	4411920.665	-0.040	0.046
P107	487009.728	4411944.057	487009.758	4411943.986	-0.030	0.071
P108	487052.347	4411914.352	487052.313	4411914.316	0.034	0.036
P109	487073.422	4411888.544	487073.384	4411888.939	0.038	0.015
P110	487056.330	4411870.991	487056.312	4411870.962	0.018	0.029
P111	487052.964	4411876.836	487052.985	4411876.789	-0.021	0.047
P112	487139.515	4411885.359	487139.502	4411885.289	0.013	0.070
P113	487188.260	4411892.700	487188.256	4411892.667	0.004	0.033
P114	487244.810	4411987.960	487244.827	4411987.929	-0.017	0.032
P115	487271.902	4412052.181	487271.927	4412052.181	-0.026	0.000
P116	487205.336	4412039.854	487205.363	4412039.864	-0.027	-0.010
P117	487149.614	4412056.915	487149.613	4412056.884	0.000	0.031
P118	487248.598	4411909.015	487248.665	4411909.013	-0.067	0.001
P119	487382.684	4412078.076	487382.724	4412078.074	-0.040	0.002
P120	487384.084	4412089.421	487384.171	4412089.433	-0.088	-0.012
P121	487422.185	4411971.848	487422.224	4411971.843	-0.040	0.005
P122	487091.893	4411828.899	487091.875	4411828.887	0.018	0.012
P123	486932.215	4411749.085	486932.222	4411749.063	-0.008	0.022
P124	486810.455	4411732.340	486810.457	4411732.331	-0.002	0.009
P125	486923.815	4411805.489	486923.808	4411805.478	0.008	0.011
P126	486968.662	4411822.586	486968.676	4411822.573	-0.014	0.013
P127	487009.400	4411849.560	487009.436	4411849.454	-0.037	0.106
P128	486992.379	4411883.416	486992.361	4411883.366	0.018	0.051
P129	486945.374	4411877.053	486945.377	4411877.043	-0.003	0.010
P201	487410.930	4411888.746	487410.958	4411888.668	-0.028	0.078
P202	487254.454	4411740.144	487254.430	4411740.088	0.024	0.056
P203	487117.574	4411733.703	487117.575	4411733.630	-0.001	0.072
P204	487071.026	4411714.842	487071.034	4411714.748	-0.008	0.094
P205	486918.942	4411682.001	486918.905	4411681.961	0.038	0.040
P206	486918.993	4411677.278	486918.995	4411677.273	-0.001	0.005
P207	486812.667	4411660.191	486812.677	4411660.200	-0.010	-0.009
P208	486809.355	4411654.410	486809.358	4411654.392	-0.004	0.017
P209	486741.066	4411970.871	486741.136	4411970.925	-0.070	-0.055
P210	486733.436	4411998.718	486733.309	4411998.704	0.127	0.014
P211	486723.220	4412026.080	486723.303	4412026.093	-0.083	-0.013
P212	487069.533	4411708.839	487069.524	4411708.790	0.008	0.048
<b>RMS</b>					<b>0,037</b>	<b>0,031</b>

Testin analiz kısmında İHA ile üretilen ortofoto okumaları ile GPS RTK değerlerinden arasındaki farklardan hesaplanan karesel ortalama hatalar, X doğrultusunda 0,037 m ve Y doğrultusunda 0,031 m olarak hesaplanmıştır.

Tablo 2. GPS RTK ve TKGM Ortofoto Okumaları

	GPS RTK ALIMI		TKGM ORTOFOTO OKUMALARI		ΔX	ΔY
	X	Y	X	Y		
P100	486858.026	4413599.798	486858.114	4413599.822	-0.088	-0.024
P101	486857.150	4413594.764	486857.202	4413594.844	-0.052	-0.080
P102	486810.922	4413591.823	486811.048	4413591.828	-0.126	-0.005
P103	486887.757	4413550.804	486887.804	4413550.785	-0.047	0.019
P104	486905.192	4413520.724	486905.250	4413520.743	-0.058	-0.019
P105	486899.630	4413623.944	486899.721	4413623.955	-0.091	-0.011
P106	486904.023	4413686.177	486904.078	4413686.139	-0.055	0.038
P107	487004.523	4413709.583	487004.560	4413709.470	-0.037	0.113
P108	487047.225	4413679.829	487047.132	4413679.788	0.093	0.041
P109	487068.312	4413654.283	487068.211	4413654.401	0.101	-0.118
P110	487051.052	4413636.627	487051.132	4413636.417	-0.080	0.210
P111	487047.876	4413642.292	487047.804	4413642.246	0.072	0.046
P112	487134.184	4413650.757	487134.356	4413650.749	-0.172	0.008
P113	487182.863	4413658.091	487183.129	4413658.130	-0.266	-0.039
P114	487239.723	4413753.336	487239.723	4413753.430	0.000	-0.094
P115	487266.862	4413817.691	487266.834	4413817.708	0.028	-0.017
P116	487200.198	4413805.418	487200.243	4413805.386	-0.045	0.032
P117	487144.158	4413822.470	487144.471	4413822.413	-0.313	0.057
P118	487243.437	4413674.408	487243.562	4413674.483	-0.125	-0.075
P119	487377.652	4413843.567	487377.675	4413843.611	-0.024	-0.044
P120	487379.443	4413855.161	487379.123	4413854.975	0.319	0.186
P121	487417.196	4413737.311	487417.191	4413737.338	0.004	-0.027
P122	487086.854	4413594.349	487086.710	4413594.325	0.144	0.024
P123	486926.962	4413514.450	486926.993	4413514.469	-0.031	-0.019
P124	486805.097	4413497.737	486805.179	4413497.730	-0.083	0.007
P125	486918.587	4413570.835	486918.575	4413570.906	0.012	-0.071
P126	486963.428	4413587.968	486963.461	4413588.008	-0.033	-0.041
P127	487004.226	4413614.960	487004.238	4413614.900	-0.012	0.060
P128	486987.155	4413648.867	486987.156	4413648.825	-0.001	0.042
P129	486940.154	4413642.486	486940.153	4413642.500	0.001	-0.014
P201	487405.898	4413654.132	487405.920	4413654.130	-0.022	0.002
P202	487249.268	4413505.476	487249.330	4413505.490	-0.063	-0.014
P203	487112.423	4413499.000	487112.420	4413499.030	0.003	-0.030
P204	487065.860	4413480.140	487065.860	4413480.140	0.000	0.000
P205	486913.732	4413447.367	486913.670	4413447.340	0.062	0.027
P206	486913.732	4413442.748	486913.760	4413442.650	-0.028	0.098
P207	486807.383	4413425.516	486807.400	4413425.570	-0.018	-0.054
P208	486804.064	4413419.747	486804.080	4413419.760	-0.016	-0.013
P209	486735.713	4413736.505	486735.830	4413736.420	-0.117	0.085
P210	486727.898	4413764.634	486728.000	4413764.210	-0.102	0.424
P211	486717.624	4413792.065	486717.990	4413791.610	-0.367	0.455
P212	487064.367	4413474.148	487064.350	4413474.180	0.017	-0.032
<b>RMS</b>					<b>0,114</b>	<b>0,114</b>

Uçak ile üretilen ortofoto okumaları ile GPS RTK değerlerinden arasındaki farklardan hesaplanan karesel ortalama hatalar, X doğrultusunda 0,114 m ve Y doğrultusunda 0,114 m olarak hesaplanmıştır.

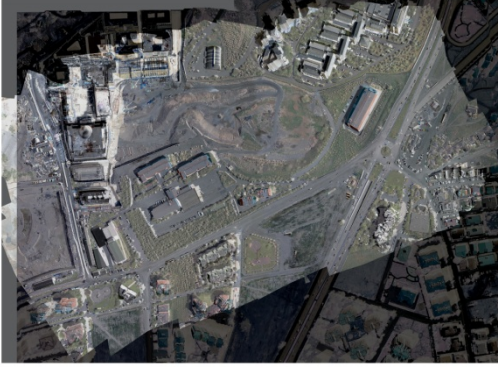


Şekil 14. İHA – TKGM Karşılaştırması



Şekil 15. İHA – TKGM Karşılaştırması





Şekil 16. Fark Görüntüsü

## 6. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY) geniş formatlı hava kameraları ile 5 gradı geçmeyen düşey resimlerin kullanılmasını öngörmekte ise de İHA kullanılarak metrik olmayan kameralar ile alınan görüntülerin uygun yüksekliklerde YÖA  $\approx 3\text{cm}$  sağladığı ve yine uygun yazılımlar ve yeterli YKN kullanımı ile daha hassas sonuç ürünler alınabileceği gözlemlenmiştir.

İHA yardımı ile yapılan fotogrametrik çalışmada dar açılı kamera kullanıldığından geniş açılı kameraya göre asal eksenden uzaklaşma daha az olmaktadır. Bununla beraber kameranın merceğinden kaynaklanan distorsiyon hatalarını azalttığı düşünülmektedir.

İHA yardımı ile yapılan fotogrametrik çalışmaların olumsuz meteorolojik şartlardan etkilendiği ve bunun yanında sistemin küçük alanlarda harita yapımı amaçlı kullanılabileceği değerlendirilmektedir.

İHA'lerden faydalanılarak küçük alanlardaki haritaların üretilmesi, maliyet düşüklüğü, zaman ve kullanım kolaylığı açısından tercih edilebileceği görülmüştür.

Teknolojinin ilerlemesi ile orta ve geniş formatlı dijital kamera türlerinin de İHA'lar ile kullanılabileceği düşünülmektedir.

Deprem, heyelan ve su baskını gibi olası doğal afetlerde, doğal afet alanının büyüklüğü ve çalışmanın maliyeti göz önünde bulundurularak doğal afet alanına ait ortofotoların üretiminde hem geleneksel fotogrametriden hem de İHA'dan faydalanılabilir.

## 7. KAYNAKLAR

Eisenbeiss, H., (2009). UAV Photogrammetry, Doktora Tezi, Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich.

Karakış, S., (2012). İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Büyük Ölçekli Fotogrametrik Harita Üretim Olanaklarının Araştırılması, 4. Harita Dergisi, 15–20.

Kılıç, F., (2012). Fotogrametri Ders Notları, YTÜ, İstanbul.

Türk, T., (2013). Doğal Afet Yönetimi'nde İnsansız Hava Araçları'nın (İHA) Kullanılması, TUFUAB 2013 Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu,, Trabzon.

Tekin, İ., (2014). Fotogrametri Ders Notları, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Ankara.

Wikipedia (2014). İnsansız Hava Aracı, [http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nsans%C4%B1z\\_hava\\_arac%C4%B1](http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0nsans%C4%B1z_hava_arac%C4%B1)

Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karlı, F., Gökalp, E., (2014). İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, TUFUAB 2013 Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu,, Trabzon.