

RASAT UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK DÜZELTMESİ İÇİN EN UYGUN MODEL PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

M. Erdoğan*, O. Eker, A. Yılmaz

Harita Genel Komutanlığı, Fotogrametri Dairesi, 06100 Dikimevi Ankara, Türkiye - (mustafa.erdogan, oktay.eker,
altan.yilmaz)@hgk.msb.gov.tr

ANAHTAR SÖZCÜKLER: RASAT, Uydu Görüntüleri, Ortorektifikasyon, Geometrik Doğruluk

ÖZET:

Uydu görüntülerini yöneltmede algılayıcı modeli, görüntü ile obje uzayı arasındaki geometrik ilişkiyi tanımlar. Bu model, 2B görüntü düzlemi ile 3B obje uzayı arasındaki ilişkiyi tanımlar. Görüntüleme yaygın olarak kullanılan 2 algılayıcı modeli vardır: fiziksel algılayıcı model ve genelleştirilmiş algılayıcı model. Fiziksel model, algılayıcının konum ve dönüklük (rotasyon) bilgilerinden yararlanarak kurulan kolinerite (eş doğrusallık) eşitliklerini kullanarak çalışır. Genelleştirilmiş algılayıcı modelde ise algılayıcı konum ve dönüklük bilgileri kullanılmaz. Bu çalışmada, daha yüksek doğruluklar sağlayan fiziksel model kullanılarak görüntülerin geometrik düzeltmesi ve elde edilen düzeltmelerin doğruluk araştırması yapılmıştır. Erdoğan vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada RASAT görüntüleri ortorektifiye edilerek doğruluğu araştırılmış, X ve Y yönünde yaklaşık ±9 metre civarında doğruluklara ulaşılmıştır. Yapılan uygulamada uydu modeli tanımlamasında uydu kamera bilgileri ve kullanılan yazılım tarafından tavsiye edilen standart polinom dereceleri kullanılmıştır. Ancak özellikle RASAT uydu sisteminin yörünge bilgilerindeki eksikliklerin benzer uydu sistemlerinde elde edilen piksel altı doğrulukların elde edilmesini engellediği tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise RASAT uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesinde kullanılan algılayıcı modeli polinom derecelerinin doğruluğu etkisi araştırılmıştır. Çalışma bölgesi olarak İzmir'in kuzeyine doğru uzanan 120 X 30 kilometrelik bir şerit görüntü kullanılmıştır. Bu kapsamda öncelikle uydu kamera bilgileri tanımlanmış ve 40 adet yer kontrol noktası ölçülmüştür. Algılayıcı modelinde tanımlanan polinom dereceleri değiştirilerek dış yöneltme değerleri hesaplanmış ve görüntü ortorektifiye edilmiştir. Üretilen ortogörüntülerin doğruluğu 30 noktada kontrol edilmiştir. Yapılan çalışma, algılayıcı modeli polinom derecelerinin değiştirilmesiyle doğruluğuğun artırılabilceğini göstermiştir.

* Sorumlu Yazar: Mustafa ERDOĞAN, Tel: +90 (312) 5952286 Faks: +90 (312)3201495

1. GİRİŞ

Bilgi çağı olarak adlandırılan günümüzde, bilişim teknolojisindeki gelişmeler, ekonomik, kültürel ve toplumsal yapıları derinden etkilemekte, ticaret, eğitim ve yönetim biçimlerini farklı boyutlara taşımaktadır. Gelişmeler birey, toplum ve yönetim yapılarını değiştirmekte ve örgütleri günümüzün rekabet ortamında, yeni teknolojileri ve yöntemleri üretim sürecine uygulamaya zorlamaktadır. Avrupa Birliği ile bütünleşme sürecinde, kurum ve kuruluşların ulusal ve uluslar arası alanda rekabet edebilmesi de, sürekli değişim ve gelişme ile olası görülmektedir. Gelişmeler emek yoğunundan teknoloji yoğun yönünde olmakta, harita üretim süreci de buna paralel olarak, arazi çalışmaları ile zaman ve maliyet gerektiren diğer aşamaları azaltma ve/veya ortadan kaldırmaya yönelik olarak değişmektedir (Erdoğan, 2004). Bu çalışmada ülkemizin uzaktan algılama uydusu çalışmalarından ikincisi olan RASAT uydusunun geometrik düzeltmesi ve elde edilen sonuçlar sunulacaktır.

RASAT Araştırma Uydusu, Türkiye'nin ve TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY)'nın BİLSAT uydusundan sonra sahip olduğu ikinci uzaktan algılama uydusudur. TÜBİTAK UZAY tarafından Devlet Planlama Teşkilatı (DPT)'nin desteğiyle tasarlanıp üretilen uzaktan algılama uydusu RASAT'ın dünyanın dört bir tarafından çektiği ilk görüntüler, Enstitünün Ortadoğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ) yerleşkesinde kurulu binasındaki yer istasyonundan başarıyla indirilmeye başlanmıştır. RASAT, 17 Ağustos 2011 tarihinde Rusya'dan uzaya gönderilmiştir. Uydusu ile iletişim kurmak için Ankara'daki ana yer istasyonuna ek olarak, Norveç'in kuzeyindeki Andoya'daki geçici yer istasyonu kullanılmaktadır. Kutupsal yörüngeye sahip olan RASAT, Ankara'daki ana yer istasyonunun kapsama alanından günde 4 defa geçerken, kutup dairesine yakınlığından dolayı Andoya'daki istasyonun kapsama alanından günde 11 defa geçmektedir. Uydunun teknik bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. (RASAT, 2013)

Ağırlık	93 kg
Yörünge	700 km'de dairesel, güneşe eşzamanlı
Yörünge süresi	98.8 dakika
Ekvator geçişi yerel zamanı	10:30
Yersel çözünürlük	Pankromatik: 7.5 m
	Çok bantlı: 15 m
Spektral çözünürlük (µm)	0.42 – 0.73 (Pankromatik)
	1. Bant: 0.42 – 0.55 (Mavi)
	2. Bant: 0.55 – 0.58 (Yeşil)
	3. Bant: 0.58 – 0.73 (Kırmızı)
Radyometrik çözünürlük	8 bit
Zamansal çözünürlük	4 gün
Şerit genişliği	30 km

Tablo 1: RASAT Uydusu Teknik Özellikleri (RASAT, 2013)

RASAT'tan elde edilen uydusu görüntülerinin, şehir ve bölge planlama, ormancılık, tarım, afet yönetimi ve benzeri amaçlarla da kullanılması planlanmaktadır. RASAT uydusunun sistem mühendisliği ve sistem tasarımı Türkiye'de, yurt dışından alınmış herhangi bir danışmanlık olmadan ve mühendislik desteği alınmadan, TÜBİTAK UZAY'da görevli Türk mühendisler ve teknisyenler tarafından yapılmış ve tüm testler Türkiye'de gerçekleştirilmiştir. Görev ömrünün 3 yıl olması planlanan RASAT, Türkiye'nin bundan sonraki tüm uzay projeleri için bir mihenk taşı olarak Türkiye'de yeni bir dönemi

başlatmıştır. RASAT, gelecek nesil askeri ve bilimsel amaçlı Türk uydusu görevleri için, alt sistemlerin uzayda denenmesinde bir test ve doğrulama aracı olarak katkı sağlayacaktır (RASAT, 2013).

2. BOZULMALARIN GEOMETRİK MODELLENMESİ

Uydusu görüntülerini yönlendirmede algılayıcı modeli, görüntü ile obje uzayı arasındaki geometrik ilişkiyi tanımlar. Bu model, 2B görüntü düzlemi ile 3B obje uzayı arasındaki ilişkiyi tanımlar. Görüntüleme yaygın olarak kullanılan 2 algılayıcı modeli vardır: fiziksel algılayıcı model ve geliştirilmiş algılayıcı model. Fiziksel model, algılayıcının konum ve dönüklük (rotasyon) bilgilerinden yararlanarak kurulan kolinerite (eş doğrusallık) eşitliklerini kullanarak çalışır. Geliştirilmiş algılayıcı modelde ise algılayıcı konum ve dönüklük bilgileri kullanılmaz. Bunun yerine OGC (2013)'de tanımlanan ve algılayıcı yerine geçen 3 farklı model kullanılmaktadır: (1) Grid Enterpolasyon Modeli, (2) Rasyonel Fonksiyon Modeli (Rational Function Model - RFM) ve (3) Evrensel Gerçek Zamanlı Algılayıcı Model (universal real-time sensor model - USM). Bu modeller görüntülemenin gerçek fiziksel durumunu yansıtmayan, onu yaklaşık olarak ifade eden jenerik modellerdir. RASAT uydusu sisteminden RFM modellemeyi sağlayan katsayılar alınarak geometrik düzeltme yapılabilmektedir. Ancak bu çalışmada daha yüksek doğruluklar sağlayan fiziksel model kullanılarak görüntülerin geometrik düzeltmesi ve doğruluk araştırması yapılmıştır.

Görüntü işleme yazılımlarına uydusu/algılayıcı bilgilerini vermek istemeyen görüntü satıcıları ve kamu kurumları RFM yaklaşımının temel kullanıcılarıdır. Bu yöntemde görüntü sağlayıcıları görüntüleri 3B rasyonel fonksiyonlarının (RF) tüm parametreleri ile birlikte vermektedir. Sonuçta kullanıcı, sayısal yükseklik modeli (SYM) ile ortogörüntüler üretmek için yer kontrol noktası (YKN) olmaksızın görüntüleri RF ile doğrudan yönlendirebilmektedir. Bu yaklaşım başlangıçta yüksek çözünürlüklü görüntü sağlayan iki firma tarafından uygulanmıştır. Bunlar 3'üncü dereceden RF parametreleri kullanan, IKONOS Geo görüntülerini sağlayan Space Imaging (Grodecki, 2001) ve Quickbird-2 görüntülerini sağlayan MacDonald, Dettwiler ve Ortakları (MDA) (Hargreaves ve Robertson, 2001) firmalarıdır. RF'leri uyguladıktan sonra belli miktarlarda hatalar devam ettiğinden sonuçların hassas YKN'ler ile (en az bir) (Fraser vd., 2001) tekrar düzeltilmesi gerekir veya orijinal RF parametreleri daha hassas YKN'ler gerektiren doğrusal eşitliklerle iyileştirilir (Lee vd., 2002).

Geometrik düzeltme işlemlerinde kullanılan 2B/3B fiziksel fonksiyonlar ise algılayıcıya, platforma ve görüntü alım geometrisine bağlı olarak değişiklik gösterir:

- Anlık alım sistemleri, örneğin fotogrametrik kameralar, metrik kamera veya büyük formatlı kameralar.
- Dönen veya salınan tarama aynaları, örneğin Landsat-MSS, TM veya ETM+.
- Süpürme (Push-broom) tekniğiyle çalışan tarayıcılar, örneğin SPOT_HRV, IRS-1C/D, IKONOS veya Quickbird.
- SAR algılayıcıları, örneğin JERS, ERS-1/2, RADARSAT-1/2 veya ENVISAT.

Her algılayıcının kendine özgü özellikleri olmasına rağmen, bozulmaları düzeltmek için 2B/3B fiziksel modellerin gelişimi için geliştirmeler çıkarılabilir. Fiziksel model, matematik olarak platform (konum, hız, eğiklik ve dönüklük), algılayıcı (görüntüleme açısı, panoramik etki), dünya (elipsoit ve 3B için rölyef) ve kartografik projeksiyon bozulmalarını modellemelidir. 3B fiziksel modeli elde etmek için kullanılan matematiksel fonksiyonlar genelde iyi bilinen kolinerite (eş doğrusallık) eşitliklerini kullanılmaktadır. Algılayıcı ve

görüntüleme düzeneğinin fiziksel özelliklerini modellemelerdeki gücü nedeniyle, zengin algılayıcı model, genelde fotogrametrik uygulamalarda tercih edilen geometrik modeldir. Bu çalışmada da gerçek fiziksel model ile geometrik düzeltme yapılmıştır.

3. ÇALIŞMA BÖLGESİ

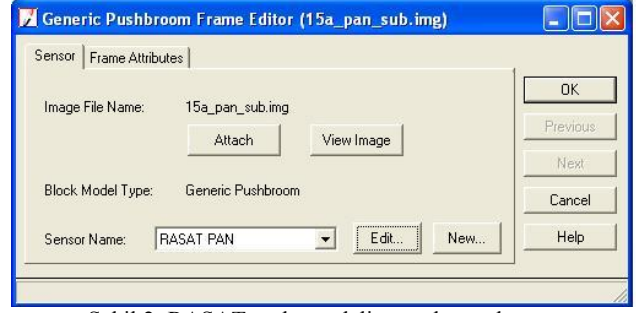
Çalışmada İzmir'in kuzeyine doğru uzanan 120 x 30 kilometrelik bir şerit görüntü kullanılmıştır. Görüntünün kapsadığı bölge yerleşim yeri, orman ve tarım arazileri gibi değişik arazi örtüsünü içermekte ve 0 ile 1497 metre arasında değişen yüksekliklere sahip düz ve dağlık alanlardan oluşmaktadır. Kullanılan uydu görüntüsü Şekil 1'de görülmektedir.



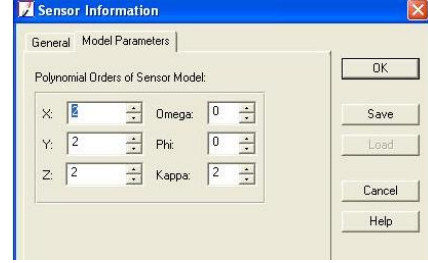
Şekil 1: Çalışmada kullanılan RASAT uydu görüntüsü.

4. RASAT UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN GEOMETRİK DÜZELTMESİ

Geometrik düzeltme amacıyla LPS (Leica Photogrammetry Suite) yazılımı kullanılmıştır. Yazılımda RASAT uydu modelinin tanımlanmamış olması nedeniyle uydu modeli olarak modelin elle tanımlanabildiği "generic pushbroom" modeli seçilmiştir. Daha sonra RASAT PAN adında bir algılayıcı tanımlanmış ve RASAT algılayıcısına ait odak uzaklığı, piksel boyutu gibi parametreler tanımlanmıştır (Şekil 2). Bu model ile tarayıcı sistemle çalışan algılayıcılarla elde edilen görüntülerin dış yöneltme elemanları polinomlar ile hesaplanabilmektedir. Diğer bir deyişle, konum (X, Y, Z) ve dönüklüklerin (kappa, phi, omega) kaçınıcı derece bir polinom ile hesaplanacağı tanımlanabilmektedir. Polinom katsayıları arttırıldıkça hesaplanacak bilinmeyen sayısı ve bu bilinmeyenleri çözmek için ihtiyaç duyulan YKN miktarı artmaktadır. Bu kapsamda polinom katsayıları ilk olarak yazılım dokümanlarında tavsiye edildiği şekilde X, Y, Z ve kappa'da 2'nci derece polinom, phi ve omega'da ise 0'inci derece polinom olarak tanımlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 2: RASAT uydu modeli tanımlama ekranı



Şekil 3: Geometrik düzeltmede kullanılan polinom katsayıları

Daha sonra 40 adet YKN ve tanımlanan polinom dereceleri kullanılarak dengeleme yapılmıştır. YKN'ler bölgeye ait sayısal hava kamerası ile alınmış hava fotoğraflarından üretilmiş 45 santimetre çözünürlüklü ve ± 2 metreden yüksek doğruluklu ortofotolardan seçilmiştir. Yükseklik bilgisi olarak bölgeye ait 30 metre çözünürlüklü SYM'ler kullanılmıştır. Daha sonra görüntüler ortorektifiye edilmiş ve üretilen ortogörüntünün doğruluğu bağımsız 30 denetleme noktasında kontrol edilmiştir. Dengeleme sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Dengeleme sonuçları santimetre doğruluğundadır ve yapılan dengelemenin iç doğruluğunun oldukça yüksek olduğunu göstermektedir. Üretilen ortofotoların 30 bağımsız noktada kontrol edilmesi sonucu elde edilen doğruluk değerleri ise Tablo 3'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar X ve Y yönünde 1 piksele yakın doğruluk elde edilebileceğini, ancak Y yönündeki hataların X yönüne göre daha yüksek olduğunu göstermiştir.

σ_x (metre)	σ_y (metre)	σ_z (metre)
0.29	0.43	0.03

Tablo 2: Dengeleme sonuçları (iç doğruluk)

Karesel Ortalama Hatalar (metre)		
X	Y	Z
6.42	12.79	14.31

Tablo 3: Ortogörüntü doğrulukları (dış doğruluk)

Çalışmada kullanılan uydu görüntüsü X yönünde 30 km, Y yönünde 120 km uzunluğundadır. RASAT sisteminde istenildiği şekilde uydu yörünge bilgileri elde edilememektedir. Bu da uzun şeritler halinde geometrik düzeltmede özellikle Y yönünde doğruluğu düşürmektedir. Erdoğan vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada bu etkiyi azaltabilmek için uzun şerit halindeki görüntü 30x40 kilometrelik bindirmeli 3 parçaya bölünerek blok halinde dengelenmiş ve Y yönündeki doğruluklarda artış sağlanmıştır. Bu çalışmada Y yönünde doğruluk artışının model polinom katsayıları değiştirilerek artırılması hedeflenmiştir. Bu nedenle öncelikle Y ve phi'nin polinom katsayıları 1 artırılarak dengeleme tekrarlanmıştır. Dengeleme sonuçlarında bir miktar iyileşme olduğu görülerek,

diğer polinom katsayıları da arttırılmış ve değişik polinom kombinasyonlarıyla dengeleme tekrarlanmıştır. Son olarak minimum yer kontrol ihtiyacı duyan en düşük polinom katsayıları ile de dengeleme yapılmıştır. Tüm bu işlemlerde YKN'ler hiç değiştirilmemiş, sadece polinom katsayıları değiştirilmiştir. Sonuçlarda ortaya çıkan farklar sadece polinom katsayılarından kaynaklanmaktadır. Tüm bu polinom kombinasyonlarından ayrı ayrı ortogörüntüler üretilmiş, üretilen ortogörüntüler yine 30 bağımsız noktada kontrol edilmiştir. Farklı polinom kombinasyonları için dengeleme sonuçları Tablo 4'de, kullanılan polinom katsayıları, dengelemede hesaplanan bilinmeyen sayıları, çözüm için gerekli minimum YKN sayıları ve ortogörüntü doğrulukları (ortalama hata (OH), mutlak

ortalama hata (MOH) ve karesel ortalama hatalar (KOH)) Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5 incelendiğinde en az YKN ihtiyacı olan polinom katsayıları (1,1,1,0,0,1) kullanıldığında doğrulukların oldukça düşük olduğu, yazılım tarafından önerilen polinom katsayıları (2,2,2,0,0,2) kullanıldığında ise doğruluklarda belirgin bir artış olduğu görülmektedir. Y ve phi'nin polinom katsayılarının 1 artırılması ise (2,3,2,0,1,2) özellikle Y yönünde doğruluğu yaklaşık 2 kat arttırmaktadır. Son üç polinom kombinasyonları (2,3,2,0,1,2; 3,3,3,1,1,3; 3,3,3,3,3,3) arasında doğruluk açısından büyük bir fark görülmemektedir. Ancak ihtiyaç duyulan YKN sayısı sırasıyla 11, 14 ve 16 olmaktadır.

Polinom Katsayıları						Dengeleme Sonuçları		
X	Y	Z	Kappa	Phi	Omega	σ_x (metre)	σ_y (metre)	σ_z (metre)
1	1	1	0	0	1	0.65	1.00	0.22
2	2	2	0	0	2	0.29	0.43	0.03
2	3	2	0	1	2	0.29	0.31	0.03
3	3	3	1	1	3	0.29	0.28	0.03
3	3	3	3	3	3	0.31	0.29	0.03

Tablo 4: Dengeleme sonuçları (iç doğruluk)

Polinom Katsayıları						Bilinmeyen Sayısı	Minimum YKN Sayısı	Ortogörüntü Doğrulukları						
X	Y	Z	Kap a	Phi	Omega			OHx (metre)	OHy (metre)	MOHx (metre)	MOHy (metre)	KOHx (metre)	KOHy (metre)	KOHs (metre)
1	1	1	0	0	1	20	7	10.23	21.00	31.43	52.33	33.91	57.91	67.11
2	2	2	0	0	2	28	10	-1.63	1.33	5.70	10.00	6.42	12.79	14.31
2	3	2	0	1	2	32	11	-1.83	2.00	5.57	5.33	6.37	7.14	9.57
3	3	3	1	1	3	40	14	-1.17	2.00	5.23	6.00	6.35	7.61	9.91
3	3	3	3	3	3	48	16	-1.90	1.00	5.63	4.33	6.58	6.62	9.33

Tablo 5: Ortogörüntü doğrulukları

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında 7.5 metre yersel çözünürlüklü RASAT uydusu görüntüsü ortorektifiye edilerek doğruluğu araştırılmıştır. Geometrik düzeltmede uydunun fiziksel modeli kullanılmıştır. Fiziksel model ile görüntünün dış yöneltme parametrelerini polinomlar ile hesaplandığından ve hesaplama için seçilen polinom dereceleri nedeniyle, çözüm için en az 7 YKN'a ihtiyaç duyulmaktadır. Seçilecek polinom derecelerine göre ihtiyaç duyulan YKN sayısı da değişmektedir.

Uygulamada uydusu görüntüsünün yöneltmesinde kullanılan model polinom katsayıları değiştirilerek ortogörüntü doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar X ve Y yönünde en fazla 7 metre civarında bir doğruluğa ulaşabileceğini, Y yönündeki hataların X yönüne göre daha yüksek olduğunu, polinom katsayıları değiştirilerek özellikle Y yönündeki doğruluğun artırılabilirliğini göstermektedir. Erdoğan vd. (2013) tarafından yapılan çalışmada Y yönündeki doğruluğu arttırabilmek için şerit halindeki görüntü parçalarına bölünerek geometrik düzeltme yapılmıştır. Bu çalışmada Y ve phi polinom katsayıları arttırılarak da Y yönünde doğruluk artışı sağlanabileceği görülmüştür. Bu yöntemin en büyük faydası görüntüleri bölerek ihtiyaç duyulan YKN sayısında bir artış olmadan doğruluğun artırılabilmesidir. Elde edilen sonuçlar polinom katsayılarını arttırma yönteminin, şerit halinde görüntüleri daha küçük parçalara ayırarak geometrik düzeltme

yapma yöntemine alternatif olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Polinom katsayılarının fazla artırılmasının ihtiyaç duyulan YKN sayısını oldukça arttırmakla birlikte doğrulukta belirgin artış sağlamadığı, ihtiyaç duyulan YKN sayısı ve elde edilecek doğruluk açısından en optimum çözümün (2,3,2,0,1,2) polinom katsayıları kombinasyonu olduğu görülmüştür.

Polinom katsayılarını arttırma yönteminin 120 km uzunluğundaki şerit bir görüntüde başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak daha sonraki çalışmalarda, kaynak tasarrufu sağlamak amacıyla daha uzun şerit görüntülerde yöntemin sağlayacağı doğruluk artışı ve bu doğruluklarda YKN sayısının etkisi test edilmelidir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan RASAT uydusu görüntülerini sağlayan TÜBİTAK UZAY'a ve uygulamada yazılım ve donanımlarını kullandığım Harita Genel Komutanlığına teşekkür ederim. Bu makale yalnızca yazarların bireysel görüşlerini yansıtmakta olup, TSK'nın görüş, konum ve strateji yada fikirlerini yansıtmamaktadır.

Kaynaklar

- Erdoğan, M., Akdeniz, H., 2004, *Uzaktan Algılama Amaçlı Uydu Sistemlerindeki Son Gelişmeler*, Harita Dergisi, Sayı 132
- Erdoğan, M., Yılmaz, A., Eker, O., 2013, *RASAT Uydu Görüntülerinin Geometrik Doğruluğu*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 14-17 Mayıs 2013, Ankara.
- Fraser, C. S., Hanley, H. B., ve Yamakawa, T., 2001, Sub-metre geo-positioning with IKONOS Geo imagery. Proceedings of Joint ISPRS Workshop on High Resolution Mapping from Space, 19–21 September (Hannover: International Society of Photogrammetry and Remote Sensing (CD ROM)), pp. 61–68.
- Grodecki, J., ve Dial, G., 2001, *Ikonos geometric accuracy*, Joint ISPRS Workshop on HRM From Space, 6-8 October, Hannover, 6 p.
- Hargreaves, D., ve Robertson, B., 2001, *Review of Quickbird-1/2 and Orbview-3/4 products from MacDonald Dettwiler Processing Systems*, Proceedings of the ASPRS Annual Conference, St Louis, Missouri, USA, 23–27 April 2001
- Lee, J.-B., Huh, Y., Seo, B., ve Kim, Y., 2002, *Improvement the positional accuracy of the 3D terrain data extracted from IKONOS-2 satellite imagery*, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Graz, Austria, September 9–13 (Institute for Computer Graphics and Vision: Graz, Austria), Vol. 34 (B3), pp. B142–B145.
- OpenGIS Consortium (OGC), 2013, The OpenGIS™ Abstract Specification Topic 7: The Earth Imagery Case Version 4, http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=7467, [Erişim 27 Ocak 2013].
- RASAT, 2013, <http://rasat.uzay.tubitak.gov.tr/>, [Erişim 27 Ocak 2013].