

# FARKLI ÖZELLİKLERİYLE YENİ NESİL DÜNYA GÖZLEM UYDULARI VE KULLANIM ALANLARI

A. Yücel ERBAY

NiK Sistem – NiK İnşaat Tic. Ltd.Şti./ İstanbul, [ayucel@nik.com.tr](mailto:ayucel@nik.com.tr)

## ÖZET

*Her yıl Dünya gözlem uydularına yeni uydular eklenmekte olup yakın gelecekte farklı özellikleri olan yeni uydular Dünyamızı gözlemlemeye başlayarak uzaktan algılama çalışmalarına katkıda bulunacaklardır. Son yıllarda uzaya gönderilen ve yakın gelecekte gönderilecek olan Dünya gözlem uydularının bir bölümü ışığın klasik dalga boyu aralıklarında görüntüleme yapan VNIR (Visible Infrared – Yakın Kızılötesi) tayflar da algılama yapsa da, yeni nesil uydularının bazıları gerek yörüngeleri gerekse sahip oldukları ek tayf algılayıcıları ile birbirlerine göre farklılıklar yaratmaktadır. Bu çalışmada, son yıllarda aktif olan ve yakın gelecekte aktive olması beklenen elektro optik uydulardan WorldView-3, Deimos-2, SkySat takım uyduları, RapidEye+ takım uyduları, TeLEOS, Asnaro, Göktürk-2, Kompsat-3A, Resurs-P, Sentinel-2 ve SAR (Yapay Açıklıklı Radar) uydularından Sentinel-1, Kompsat-5,ALOS-2 ve PAZ, gözlem uydularının özellikleri ve olası uygulama alanları konusunda bilgi verilecektir.*

**Anahtar Sözcükler:** Elektro Optik, Hiperspektral, Yapay Açıklıklı Uydular

## ABSTRACT

### NEW GENERATION EARTH OBSERVATION SATELLITES WITH THEIR SEVERAL FEATURES AND THEIR APPLICATION AREAS

*Each year new satellites are added into active Earth observation satellites and some of new EO satellites which are having different features are going to observe Earth in near future . New satellites which are launched in last few years and/or going to be launched in near future, are having similar VNIR spectral bands with the old and existing satellites but some of them are having additional spectral bands that creates differencies among the new satellites. In this document, technical information and some application information are supplied about Electro-optical WorldView-3, Deimos-2, SkySat Constallation, RapidEye+ Constallation, TeLEOS, Asnaro, Göktürk-2, Kompsat-3A, Resurs-P, Sentinel-2 satellites and Sentinel-1, Kompsat-5,ALOS-2 and PAZ SAR (Synthetic Aperture Radar) satellites.*

**Keywords:** Electro-optical, Hyperspectral, SAR.

## 1. GİRİŞ

Uzaktan Algılama çalışmalarında en büyük yardımcı kuşkusuz Dünya gözlem uydularıdır. Dünya gözlem uyduları, teknolojinin gelişmesi ile birlikte çeşitlilik kazanmış ve sayıları gün geçtikçe artmaya başlamıştır. Dünya gözlem uydularının büyük bir bölümü kamu tarafından desteklenen projeler sayesinde uzaya gönderilmektedir. Ancak son yıllarda özel sektör ve kamu işbirliğinde de büyük artış olmuştur. Örneğin, SPOT serisinin ilk uyduları Fransız Uzay Ajansı CNES tarafından finanse edilirken, serinin son uyduları olan SPOT-6 ve SPOT-7 Airbus firması tarafından finanse edilmiştir. RapidEye ve SkySAT takım uyduları ise tamamen ticari olarak finanse edilmiş az sayıdaki uydulardandır.

Uzaktan Algılama içeren projeler planlanırken, uyduların teknik özellikleri ve fiyatlarının yanı sıra, bu uyduların sipariş koşullarının da önemli olduğu gözden kaçırılmamalıdır. Bu bildiriye, yeni ve yakın gelecekte aktive olan ve olacak tüm uydular hakkında bilgi vermek mümkün olmamıştır. Bazı uyduların deneysel ve bilimsel olarak planlanması nedeni ile ilgili kurumların bu bilgileri açıkça paylaşmaması ve henüz uydunun teknik özelliklerinin kesinleşmemiş olması, bu durumun sebepleri arasında sayılabilir.

Bu bildiriye verilen teknik bilgiler, ilgili uyduların üretici veya işleticisi olan firmalardan doğrudan elde edilmiş bilgileri içermektedir ve internet ortamında uydular hakkında güvenilir bilgi sağlayan portallardan faydalanılmıştır.

## 2. DÜNYA GÖZLEM UYDULARI

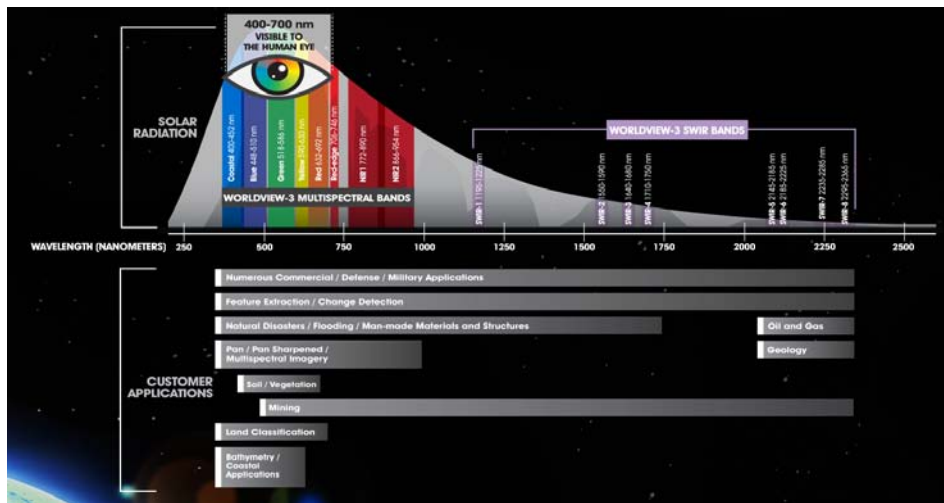
Dünya gözlem uydularının sayısı gelişen teknoloji ile birlikte artmaktadır. Bu sayı 2000-2009 yılları arasında 109 iken 2010-2019 yılları arasında bu sayının 230 olacağı Euroconsult firması analizinde bildirilmiştir.

Son yıllarda geliştirilen ve ticari olarak verileri elde edilebilen gözlem uydularının özelliklerini gözden geçirdiğimizde, özellikle Yapay Açıklıklı Radar (SAR) uydularının daha yüksek mekansal çözünürlük sağlayan X-Band'a sahip uyduların sayısında büyük artış olduğunu görebiliriz. Diğer bir gelişme olarak da uydulardaki tayf çözünürlüğünün artması olarak gösterilebilir (**Ek 3**. Uydu tayf çözünürlük değerleri (nm)). Daha fazla sayıdaki tayf kanalları, farklı uygulamalara olanak sağlamaktadır. Ancak en önemli gelişme görüntülerin mekansal çözünürlüklerinin artmasında yaşanmıştır (**Ek 1-2**. Yeni ve Yakın Gelecekteki Elektro Optik ve SAR Uyduları Teknik Özellikleri). Özellikle ABD orijinli DigitalGlobe firması, son uydusu WorldView-3 ile 30cm mekansal çözünürlüğe sahip görüntüleme yapabilecek ve bunları ticari olarak satabilecek duruma gelmiştir. Bilindiği üzere ABD hükümeti tarafından daha önceleri, ABD uydularının 50cm piksel çözünürlüğünün altındaki görüntülerinin ABD dışındaki ülkelere satışına izin verilmiyordu. Bu nedenle mekansal çözünürlüğü nadir açıda 41cm olan GeoEye-1 uydusunun görüntüleri 50cm'ye örneklenecek satışa sunulmaktaydı.

Bu yeni gelişen özellikler sayesinde, uzaktan algılama çalışmalarında yeni uygulama alanlarında çalışmalar başlamış veya var olan uygulamalar daha kolay uygulanabilir hale gelmiştir. Değişimleri daha hızlı takip edebilmek için takım uydularının diğer bir deyişle zamansal çözünürlüğün artırılmasının önemi ortaya çıkmıştır. Zamansal çözünürlüğü arttırmak sadece takım uydular ile fazla sayıdaki eşlenik uyduların yörüngelere yerleştirilmesiyle değil, farklı yörüngeler kullanılarak da artırılabilir. Örneğin Formosat-2 ve yakın gelecekte yörüngeye yerleştirilecek olan TeEOS uyduları özel yörüngesi sayesinde dünyanın belli bölgelerini sıklıkla görüntülerken, bazı bölgelerini hiç görüntüleyememekte veya görüntüleyemeyeceklerdir.

### 2.1. WorldView-3

19 Ağustos 2014 tarihinde yaklaşık 617 km yükseklikteki yörüngesine yerleşen WorldView-3, bir çok ilkleri beraberinde getirmektedir. Öncelikle Dünya'nın en yüksek mekansal çözünürlüğe sahip ticari uydusudur ve önumüzdeki bir kaç yıl için planlanmış daha yüksek çözünürlüğe sahip başka uydu bilinmemektedir (Marchisio, G., 2013). Pankromatik kanalda yüksek mekansal çözünürlüğünün (0.31m) yanı sıra, yüksek mekansal çözünürlüğe (1.24m & 3.7m) sahip süper çoklu tayf kanallarına da sahiptir. Bunların 8 adedi görünür yakın kızıl ötesi (VNIR) bölgede, 8 adedi kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgede yer almaktadır (Digital Globe, 2014). Bu görüntüleme tayflarına ilaveten CAVIS kanalları olarak adlandırılan ve 30m mekansal çözünürlüğe sahip 12 adet farklı tayf kanalı daha bulunmaktadır. Bunlar görüntülerdeki bulut, aerosol, su, kar vb özellikleri tespit için kullanılacaktır (WorldView-3, 2014). Tayf kanalları ile diğer özellikleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. WorldView-3 tayf kanalları

WorldView-3 uydusu, tek geçişte 112 x 65.5 km boyutlarında yanyana 5 şerit olarak çekim yapabilme veya 13.1 x 360 km uzunluğunda tek şerit veya 26.2 x 112 km boyutlarında stereo görüntüleme ve bir şerit içinde 680,000 km<sup>2</sup> görüntüleme kapasitesine sahiptir.

Özellikle, yükek mekansal çözünürlüğe sahip SWIR kanallarının jeolojik uygulamalarda önemli katkılarda bulunacağı tahmin edilmektedir.

## 2.2. Sentinel-2

Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından planan bu ikili takım uydularının ilki Sentinel-2A'nın, 2015 yılı içerisinde yaklaşık 786 km yükseklikteki yörüngesine gönderilmesi planlanmaktadır. Farklı mekansal çözünürlüklere sahip 13 adet tayf kanalına sahip olacak olan bu uydular 2-3 günlük zamansal çözünürlüğe sahip olacaklardır (ESA, 2014). En önemli özelliklerinden biri, 290 km uzunluğundaki şerit genişliğidir ("Sentinel-2", EOPortal, 2014).

Çoklu tayf kanallarının özellikleri ve uygulama alanları Çizelge 1'de diğer teknik özellikleri Ek-2'de verilmiştir.

**Çizelge 1. Sentinel-2 Tayf Kanallarının Özellikleri ve Uygulama Alanları**

Tayf Kanalları, Merkez Dalgaboyu (nm)	Uygulama Alanları	Ölçüm veya Kalibrasyon
B1 (443), B2 (490), B12 (2190)	Aerosol Giderimi	Kalibrasyon kanalları
B8 (842), B8a (865), B9 (940)	Su Buharı giderimi	
B10 (1375)	Circus tanımlanması	
B2 (490), B3 (560), B4 (665) B5 (705), B6 (740), B7 (775) B8 (842), B8a (865), B11 (1610), B12 (2190)	Yüzey örtüsü sınıflandırması Yaprak klorofil ve su miktarı LAI, fAPAR, buz/kar ve mineral tanımlama	Ölçüm kanalları

## 2.3. Resurs-P

TSSKB tarafından sivil amaçlı kullanımlar için geliştirilmiş ve 25 Haziran 2013 tarihinde Baikonur üssünden uzaya gönderilen bu uydu yaklaşık 475km yükseklikteki bir yörüngeye yerleştirilmiştir. Üzerinde üç farklı elektro optik sensör bulunmaktadır (Russian Space, 2014). Bunlar sırasıyla optoelektronik yüksek çözünürlüklü cihaz, ultra geniş multispektral kompleks ve hiperspektral cihazdır.

Resurs-P'nin en önemli özelliği 400 nm ile 1100 nm dalgaboyu aralığında 96 ile 255 adet tayf kanalında, 14 bit radyometrik ve 25 m mekansal çözünürlüğe sahip görüntüleme yapabilmesidir. Ayrıca 1m mekansal çözünürlüğe ve 38km şerit genişliğine sahip bir pankromatik kanalı da bulunmaktadır. Resurs-P'nin teknik özellikleri Ek 1. Yeni ve yakın gelecekteki elektro-optik uydular teknik özellikleri tablosunda gösterilmiştir.

## 2.4. SkySat

İlk Skysat mini uydusu 21 Kasım 2013 tarihinde Skybox Imaging firması tarafından uzaya gönderilmiştir. Bu firma 2014 yılı ortalarında Google tarafından satın alınmıştır.

Yüksek mekansal çözünürlüğe sahip küçük uydu takımı olarak planlanan Skysat uydularının ilk uydusu Skysat-1, pankromatik kanalda 90 cm, çoklu tayf kanallarında ise 2 m yersel örnekleme aralığına sahiptir. Uydunun şerit genişliği 8 km olup veriler 16 bit olarak teslim edilmektedir. Bu uydu saniyede 30 çerçeve görüntü elde edebilmekte ve aynı alanı 90 saniye boyunca 1.1 m mekansal çözünürlüğünde pankromatik kanalda görüntüleyebilmektedir (Skybox Imaging, 2014).

Uydunun görüntüleme kapasitesi aşağıdaki gibidir:

Uzun Şerit Çekimi: 1 x 575 km x 8 km  
Nokta Hedef Çekimi: 8 x 8 km x 8 km  
Geniş Alan çekimi: 2 x 900 km<sup>2</sup> (30km x 30 km)  
HD Video Çekimi: 2 x max. 90 san (0.88 km X 2 km)

Uydu sahibi firma el değiştirmeden önce 2018 yılına kadar 24 adet eşlenik uyduyu yörüngeye yerleştirip, günlük ziyaret sıklığını arttırmayı ve bu takım uyduların sayesinde sık görüntüleme gereken izleme uygulamaları için

en uygun servisi vermeyi planlamaktaydı. Bu bildiri yayına hazırlandığı dönem süresince, Google bu planlarda bir değişiklik olup olmayacağını henüz bildirmemiştir.

## 2.5. Kompsat-3A

G. Kore Uzay Ajansı KARI tarafından, Satrec Initiative firmasına sipariş edilen bu uydu benzerlerinden farklı olarak, yüksek çözünürlüklü 3.3µm -5.2µm dalga boyu aralığında Midwave Infrared kanala sahiptir. 2014 yılı içerisinde uzaya gönderilmesi planlanmış olsa da henüz kesin tarih verilmemiştir.

G. Kore'nin 3. Elektro-optik uydusu olması planan bu uydunun mekansal çözünürlüğü, Kompsat-3 uydusundan daha iyi olacaktır. Yaklaşık 528 yükseklikte bir yörüngeye yerleştirilmesi planan bu uydunun şerit genişliği 13 km civarında olacaktır (Satrec Initiative, 2014).

Pankromatik, VNIR bölgede 4, MWIR bölgede 1 kanala sahip olan bu uydu, 5.5 m yersel örnekleme aralığına (GSD) sahip MWIR kanalı sayesinde gece görüntüleme yapabilmesinin yanı sıra, orman yangınları gibi doğal afetlerde de oldukça faydalı bilgiler sağlayacaktır.. Kompsat-3A uydusuna ait diğer görüntüler, Ek 1. Yeni ve yakın gelecekteki elektro-optik uydular teknik özellikleri tablosunda verilmiştir.

## 2.6. Deimos-2

SSTL tarafından üretilen ve 22 m GSD, 650 km şerit genişliğine ve 3 tayf kanalına sahip olan serinin ilk uydusu Deimos-1'den çok farklı özelliklere sahip olan bu uydu, pankromatik kanalda 0,75 m mekansal çözünürlüğe sahiptir. Yaklaşık 310 kg civarında çok hafif mini bir uydu olan Deimos-2, İspanyol Elecnor Deimos firması ve G. Kore firması Satrec Initiative ile birlikte geliştirilip üretilmiştir. 19 Temmuz 2014 tarihinde, 590km yükseklikteki güneş uyumlu yörüngesine gönderilmiştir. Bu uydu Elecnor Deimos Satellite Systems tarafından işletilmektedir.

Manevra kabiliyeti oldukça esnek olan bu uydu standart olarak  $\pm 30^\circ$  açı ile acil durumlarda ise  $\pm 45^\circ$  açı ile çapraz rotada (*across-track*) görüntüleme yapabilmektedir. Yer kontrol noktası (GCP) olmadan, yaklaşık jeo-lokasyon doğruluğu 100m civarındadır. Şerit genişliği 12 km olan bu uydunun 10 bitlik radyometrik çözünürlüğe sahip bir adet, 75 cm mekansal çözünürlüğe sahip pankromatik, 3m çözünürlüğünde mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızıl ötesi tayf kanalları bulunmaktadır ("*Deimos-2*", EOPortal, 2014). Ortalama zamansal çözünürlüğü off-nadir açı ile 2 gün civarındadır. Bu uydu 2013 yılında uzaya gönderilen Dubaisat-2 uydusunun eşleniğidir.

## 2.7. ASNARO (Advanced Satellite with New system ARchitecture for Observation )

Japonya Ekonomi ve Ticaret Bakanlığı (METI) tarafından NEC Cooperation ile Japan Space Systems'e araştırma ve geliştirme projesi olarak verilmiştir (Japan Space Systems, 2014). Uydunun 2014 yılında 504 km yükseklikteki bir yörüngeye yerleştirilmesi planlanmış olsa da halen hangi tarihte uzaya gönderilebileceği bir kesinlik kazanmamıştır.

Uydunun pankromatik kanalının 50cm veya daha iyi, çok tayflı kanallarının ise 2m'den daha iyi mekansal çözünürlüğe sahip olması planlanmaktadır ("*ASNARO*", EOPortal, 2014). Şerit genişliği ise 10km olarak planlanmıştır. ASNARO uydusuna ait teknik özelliklerin özeti Ek 1. Yeni ve yakın gelecekteki elektro-optik uydular teknik özellikleri tablosunda gösterilmiştir.

## 2.8. Göktürk-2

6 Kasım 2012 tarihinde Çin'deki Juan Fırlatma üssünden uzaya gönderilmiştir. Yaklaşık 685 km yükseklikteki yörüngesine yerleştirilen bu uydu, Milli Savunma Bakanlığı, Tübitak Başkanlığı tarafından Tübitak Uzay ile TUSAŞ iş ortaklığına yaptırılmıştır (THKK, 2014). Mekansal çözünürlüğü pankromatik kanalda 2.5 m, çoklu tayf kanalında ise 5 m civarındadır. Şerit genişliği 20km olan bu uydunun mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılöteri kanalları bulunmaktadır.

Uydu, Genelkurmay Başkanlığı tarafından işletilmekte olup, verileri Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın <http://www.hvkk.tsk.tr/TR/IcerikDetay.aspx?ID=245> bağlantısındaki form ile kamu kurumlarınca ücretsiz olarak talep edilebilmektedir.



**Şekil.2.** Pansharp 2.5m Atatürk Barajı 26 Ekim 2013 Tarihli Göktürk-2 Uydusuna Ait Görüntü

## 2.9. GF-2 (Gaofen-2)

Çin hükümetinin Arazi ve Kaynaklar Bakanlığı, Çevre Koruma Bakanlığı ve Tarım Bakanlıklarının yanı sıra 10'dan fazla kamu kurumuna servis vermesi için 19 Ağustos 2014'de Long March 4B taşıma roketi ile Kuzey Çin Shanxi bölgesinden uzaya gönderilmiştir. Uydunun yörünge yüksekliği 630km'dir. Bu uyduya yeni geliştirilen hafif ve küçük boyutlu ve focal uzunluğu 7m'ye kadar olan kameralar yerleştirilmiştir.

Pankromatik tayfinin mekansal çözünürlüğü 1 m olan bu uydunun diğer benzer çözünürlüklü uydulardan farkı 45 km şerit genişliğine sahip olmasıdır. Üzerinde bulunan 2 kamera ile toplam 45 km şerit genişliğinde ve 4 m çözünürlüğünde renkli görüntüler sağlayabilmektedir. Ayrıca +/- 35 derecelik bakış/görüntüleme açısına da sahip olan bu uydunun tahmini yaşam süresi 5 yıl olarak öngörülmekte olup bunun 8 yıla çıkarılmasına çalışılacaktır. Bu süre, diğer Çin uydularından daha uzun bir süredir. Tayf kanalları hakkında henüz detaylı bir bilgiye ulaşılamasa da, GF-1 uydusu ile benzer özelliklerde olduğu varsayılmaktadır.

## 2.10. EnMap (Environmental Monitoring and Analysis Program)

İlk hiperspektral Alman gözlem uydusu olarak planlanan bu uydunun görev yönetimi Alman Uzay Ajansı (DLR) ile Alman Yer Bilimleri Araştırma Merkezi (GFZ) tarafından yürütülecektir. Kayser-Threde GmbH firması ise uydunun geliştirilmesi ve uzaya gönderilmesinden sorumludur. Her ne kadar uydunun 2014 yılı içinde uzaya gönderileceği duyurulsa da, son bilgilere göre uydunun 2017 yılında hazır olabileceği DLR tarafından açıklanmıştır.

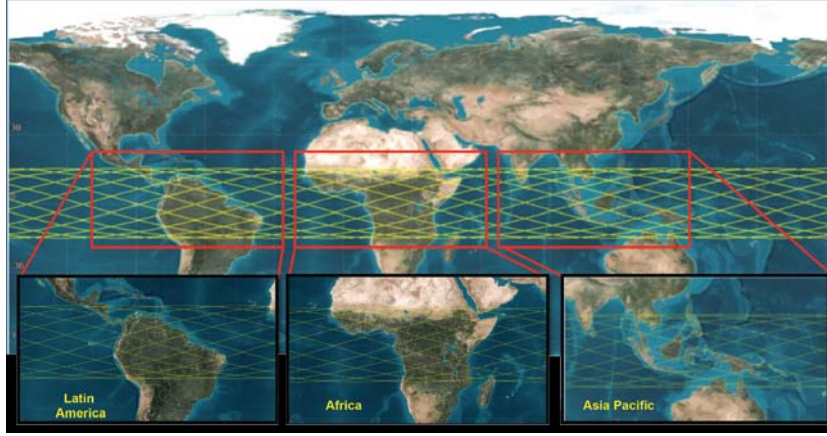
653km yükseklikteki bir yörüngeye yerleştirilmesi planlanan bu uydunun 420-2450 nm arasında tayfsal çözünürlüğe sahip olması planlanmaktadır. 420-1000 nm dalgaboyu aralığında 6.5 nm spektral örnekleme mesafesine sahip, 89 tayf kanalı ve 900-2450 nm dalgaboyu aralığında ise 10 nm spektral örnekleme mesafesine sahip 155 tayf kanalına sahip olacaktır. Radyometrik çözünürlüğü 14 bit ve şerit genişliği 30 km ve uzamsal çözünürlüğü 30 m x 30 m olarak planlanmaktadır ("EnMAP", EOPortal, 2014). Nadirden 5 derece ve altı görüntülemelerde 27 günde bir, nadirden 5 ile 30 derecelik açı ile görüntülemelerde en fazla 4 günde bir görüntüleme sıklığına sahip olacaktır. Teknik özellikleri Ek 1.'de çizgelde verilmiştir.

Bu tip bir uydunun geliştirilmesi çok geniş uygulama alanlarına sahiptir. Özellikle SWIR kanallarında sahip olması, jeolojik ve minerolojik uygulamalara olanak vererek bu konular ile ilgili çalışmalara büyük katkıda bulunacaktır. Doğal kaynaklar, iklim değişikliğinin etkileri, ürün tipi ve verimliliği takibi ve su kalitesi takibi gibi bir çok farklı uygulama için bu tür hiperspektral görüntülerden faydalanabilir.



## 2.11. TeLEOS-1

Singapur'un ilk ticari gözlem uydusu olan ve 2015 yılında yörüngeye gönderilmesi planan bu uydudur; Dünya'dan 550km yükseklikteki yakın ekvatoryal yörüngesi (NeqO) ile 12-16 saatlik ara ile ziyaret sıklığına sahip olacaktır Bkz. Şekil 3. Ancak bu yörünge nedeni ile sadece Ekvatorun yaklaşık olarak  $\pm 20$  enlemi arasında kalan bölgeyi görüntüleyebilecektir.



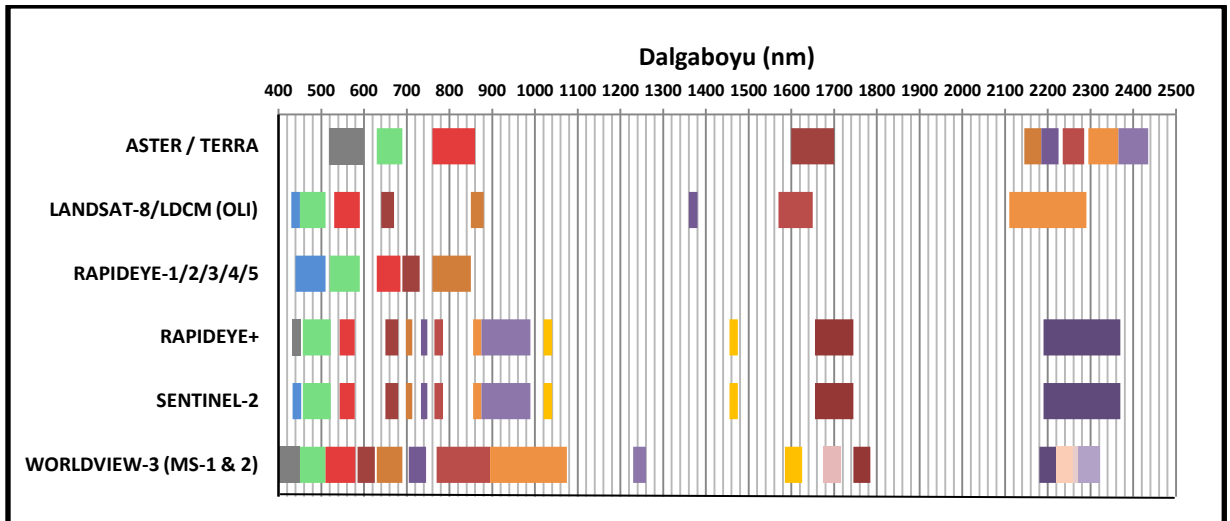
Şekil 3. TeLEOS-1 Uydusunun Yörüngesi

Uydunun 1 m mekansal çözünürlüğe ve 10 bit radyometrik çözünürlüğe sahip tek tayflı bir kanala sahip olması planlanmıştır. Şerit genişliği nadirde 12 km olarak planlanan bu uydudur  $\pm 45$  derece görüntüleme açısıyla görüntüleme yapabilme kabiliyetine sahip olacaktır (ST Electronics, 2014).

Özel yörüngesi nedeni ile Dünya yüzeyindeki kısıtlı bir alanı görüntüleyecek olmasına rağmen, görüntüleme alanı içinde zamansal çözünürlüğünün çok yüksek olması nedeniyle (günde 15 geçiş), sık görüntüleme gerektiren uygulamalar için çok ideal bir uydudur olacaktır. Bunlara örnek vermek gerekirse; sınır kontrol ve güvenliği, deniz kontrol ve güvenliği, doğal afetler, çevre kirliliği takibi, orman yangınları, hasas tarım ve şehir planlamayı sayabiliriz. Bu uydudur Singapur'daki ST Electronics (Satcom & Sensor Systems) Pte Ltd. firması tarafından geliştirilmiştir.

## 2.12. RapidEye+

RapidEye takım uydularının devam uyduları olarak planlanan RapidEye+ takım uydularının özellikleri, ESA'nın Sentinel 2 takım uyduları ile benzerlik taşımaktadır. Uydunun 2018 yılında uzaya gönderilmesi planlanmakta olup tayf özellikleri nin benzer uydular ile karşılaştırılması Şekil 4.'te verilmiştir.



Şekil 4. RapidEye+ Uydusu Tayf Özelliklerinin Benzer Uydular ile Karşılaştırılması

## 2.13. Sentinel-1A & 1B : The SAR Imaging Constellation for Land and Ocean Services

Avrupa Uzay Ajansı'nın (ESA), daha önceleri GMES olarak anılan Copernicus Dünya Gözlem Programı çerçevesinde 3 Nisan 2014 tarihinde uzaya gönderilmiştir. ESA'nın C band'a sahip iki eşlenik uydudan oluşan takım uydularındadır (ESA, 2014). ESA'nın ERS ve Envisat uydularındaki C band SAR görüntüleme görevi bu yeni takım uydular ile devam etmektedir. Aynı yörüngede yer alan iki uydu sayesinde görüntüleme sıklığı artırılmış olup zamansal çözünürlüğü 12 gün olarak bildirilmiştir (DLR, 2014).

Çizelge 2. Sentiel-1A&1B Uydusunun Teknik Özellikleri

Görüntüleme Tipleri	Merkez Frekans	Polarizasyon	Çözünürlük Range x Azimuth (m)	Yansımaya Açısı	Çerçeve Boyutu (km) Along x Cross Track
StripMap	$\lambda$ :18 cm, FRQ:5.405 GHz	Dual: VV+VH / HH+HV	5 x 5	20-45	80
Interferometric WS			5x 20	>25	240
Extra WS			25 x 40	>20	400
Interferometric WS			25 x 80		240
Wave (WM)			20 x 5 / 20 x 20	23/36.5	20 x 20

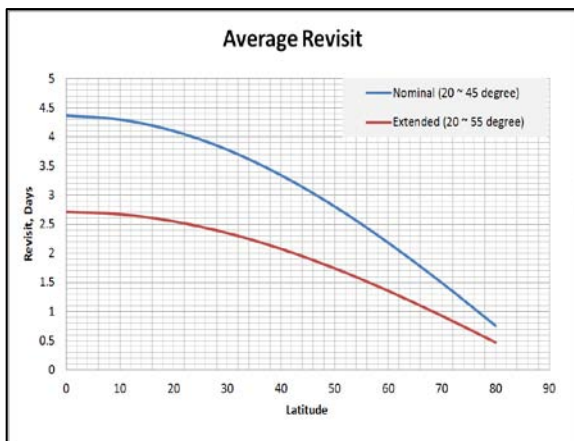
## 2.14. Kompsat-5

G.Kore Uzay Ajansı KARI tarafından işletilen bu uydu Satrec Initiative tarafından üretilmiştir. 22 Ağustos 2013 tarihinde 550km yükseklikteki yörüngesine gönderilmiş olup halen testleri devam etmektedir (SI Imaging, 2014). Kompsat-5 X-band SAR uydusu olup CosmoSky-Med uyduları ile aynı dizayna sahiptir.45 derecelik yansımaya açısına göre aşağıdaki özelliklere sahiptir.

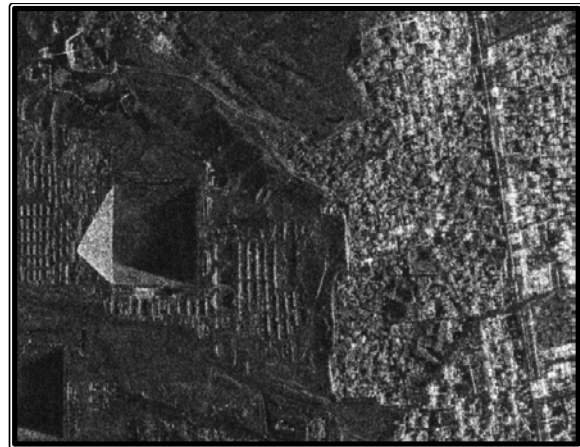
Çizelge 3. 45 Derece Yansımaya Açısına Göre Kompsat-5 Uydusu Teknik Özellikleri

Görüntüleme Tipleri	Range Çözünürlüğü	Azimuth Çözünürlüğü	Şerit Genişliği
Spotlight Mode (HR)	1m	1m	5 km
Strip Mode (ST)	3m	3m	30 km
ScanSAR (WS)	20m	20m	100 km

Farklı çekim açılarına göre zamansal çözünürlüğü aşağıdaki grafikte gösterilmiştir.



Şekil 5. Kompsat-5 Uydusu Zamansal Çözünürlüğü



Şekil 6. Kompsat-5 Görüntüsü. Piramitler - Mısır

K-5 görüntüleri hdf5 veya GeoTiff formatlarında ve XML formatındaki yardımcı veri ile birlikte kullanıcılara teslim edilecektir. Bu uydunun, Strip modda 19, Sliding Spotlight modda 31 ve ScanSAR modunda da 5 farklı ışın tipinde görüntüleme yapması planlanmıştır. Ek 2.'de Uydunun Teknik Özellikleri verilmiştir.

## 2.15. PAZ

PAZ uydusu, X-Bant SAR uydusu olarak TerraSAR-X uydusunun eşleniği olarak İspanyol Dünya Gözlem Programı kapsamında planan ve tahminen 2015 yılında uzaya gönderilecek bir uydudur ("PAZ SAR", EOPortal, 2014). TerraSAR-X uydusu ile uyumlu bir yörüngeye yerleştirilerek, ikisinin birlikte takım uydular olarak çalıştırılacaktır. Bu şekilde uyduların zaman çözünürlüğü artırılmış olacaktır. Uydunun teknik özellikleri Ek 2.'de verilmiştir.

## 2.16 ALOS-2 (PALSAR-2): The Advanced Land Observing Satellite-2

Bu uydu 2006 yılında yörüngeye gönderilen ve 2011 yılında kullanım dışı kalan ALOS-1 (Daichi misyonu) uydusunun devam uydusu olup, ondan farklı olarak yapay açıklıklı radar (SAR) ve deneysel kompakt kızılötesi kamera (CIRC) sensörlerine sahiptir. Genellikle uydu SAR sensörünün adı ile PALSAR-2 olarak da anılmaktadır. CIRC sensörü 200 m uzamsal, 8-12 µm tayfsal çözünürlüğe sahiptir (JAXA, 2014). ALOS-2 uydusu 24 Mayıs 2014 tarihinde yörüngeye gönderilmiştir. Yörünge yüksekliği 628 km olup, zamansal çözünürlüğü 14 gündür. En önemli özelliği, 2014 yılı itibari ile ticari olarak verileri elde edilebilen L band'a sahip tek uydu olmasıdır. Uydunun testleri tamamlanmak üzere olup 2014 yılı sona ermeden görüntülerinin ticari satışına başlanacaktır. SAR sensörü PALSAR-2 üç ana görüntüleme tipine sahip olacaktır. Bunlar SpotLight, StripMap ve ScanSAR olarak adlandırılmaktadır. Görüntüleme tiplerine göre uzamsal çözünürlükler aşağıdaki çizelgede verilmiştir.

Çizelge 4. PALSAR-2 Uydusu Teknik Özellikleri

Görüntüleme Tipleri	Merkez Frekans	Polarizasyon	Çözünürlük range x azimuth (m)	Yansımaya Açısı	Çerçeve Boyutu (km) Along x Cross track
SpotLight	λ: 22.9 cm FRQ: 1.26 GHz	Single: HH/VV/HV	3 x 1	8-70	25 x 25
Ultra Fine SM		Single / Dual	3		50
High Sensitive SM		Single/Dual/Quad/Compact	6		50
Fine SM		Single/Dual/Quad/Compact	10		70
ScanSAR		Compact Polarimetry	100		350/490

## 2.17. NovaSAR-S

Bu uydu, İngiliz SSTL (Surrey Satellite Technology Ltd.) firması ile Airbus firmasının ortak olarak çalıştığı bir proje olup, uydunun 2016 veya 2017 yılında uzaya gönderilmesi planlanmaktadır (Beard, D., 2013). Aşağıdaki çizelgede teknik özellikleri listelenmiştir. Bu uydunun özellikle geniş görüntüleme yüksek çözünürlüğü ile gemi takibi uygulamaları için kullanılması planlanmaktadır ("NovaSAR-S", EOPortal, 2014). Bu tür uygulamaların daha kolaylıkla yapılabilmesi için uydu AIS intercept özelliğe sahip olup böylelikle görüntülerdeki gemilerin kimlik bilgilerine çok hızlı bir şekilde ulaşılabilecektir.

Çizelge 5. NovaSAR-S uydusu teknik özellikleri

Görüntüleme Tipleri	Merkez Frekans	Polarizasyon	Çözünürlük (m)	Yansımaya Açısı	Şerit Genişliği (km)
ScanSAR	λ: 10 cm FRQ: 3.1-3.3 GHz	Dual: HH+VV / VV+HH	20	16-30	1000
Maritime Surveillance		Triple: HH+VV+HV/ VH Quad: HH+VV+HV	30	48 - 73	750
StripMap		Single: HH/VV	6	16 - 34	15-20
ScanSAR (wide)			30	15 - 31	150

## 3. SONUÇLAR

Yeni nesil gözlem uyduları, gerek elektro-optik gerekse SAR tipi uydularda, daha yüksek mekansal çözünürlüğü hedeflemektedir. Daha yüksek mekansal çözünürlük sağlayan X-band SAR tipi uyduların sayısında belirgin bir artış olmuştur. Elektro-optik uydularda ise mekansal çözünürlüğün yanı sıra tayf çözünürlüğünün artırılarak daha fazla sayıda tayf kanalına sahip uydular planlanmakta ve yörüngeye yerleştirilmektedir.



**Ek 1. Yeni ve Yakın Gelecekteki Elektro-Optik Uydular ve Teknik Özellikleri**

Sensör / Uydu	Operatör / Ülke	Başlangıç Tarihi	Sensör Tipi	Çözünürlük			Şerit Genişliği (km)	Ziyaret sıklığı (gün)
				Tayfsal çözünürlük (μm)	Uzamsal (YÖA) (m)	Radyometrik (bits)		
<b>ASNARO</b>	JSS/Japan	2015(?)	PAN MS	0.45-0.86 0.40-0.45,0.45-0.52,0.52-0.60,0.63-0.69,0.70-0.74,0.76-0.86	≤ 0.5 ≤ 2	12	10	(?)
<b>DEIMOS-2</b>	Elecnor/Spain	2014	PAN MS	0.45-0.90 (S) 0.42-0.51, 0.51-0.58, 0.60-0.72, 0.76-0.89	0.75 3	10	12	/1-2
<b>DUBAISAT-2</b>	EIAST/UAE	2013	PAN MS	0.42 -0.89 (?) 0.42-0.51, 0.51-0.58. 0.60-0.72. 0.76-0.89 (?)	1 4	11(?)	(?)	(?)
<b>ENMAP</b>	DLR/ Germany	2017 (?)	HSI	VNIR (0.42-1.0) @6.5 nm intervals 89 bands SWIR (0.9-2.45) @10nm interval155 bands	30	14	30	21 / 4
<b>GAOFEN-2 (GF-2)</b>	Çin	2014	PAN MS	0.45-0.90 (?) 0.45-0.52, 0.52-0.59, 0.63-0.69, 0.77-0.89 (?)	1 4	10 (?) 10(?)	45	/4
<b>GÖKTÜRK-2</b>	TUAF/Turkey	2012	PAN MS	0.45- 090 (S) 0.45-0.52, 0.52-0.60, 0.63-0.69, 0.76-0.90, SWIR: 1.0-2.4	2.5 5 - SW:20(?)	8 11	20	2.5
<b>KOMPSAT-3A</b>	KARI-Satrec/S.Korea	2014	PAN MS /IR	0.45 - 0.90 0.45-0.52, 0.52-0.60, 0.63-0.69, 0.76-0.90 / 3.30-5.20	0.55 2.2 /5.5	14(?)	13	28 / 3
<b>LANDSAT-8/LDCM</b>	NASA-USGS /USA	2013	PAN OLI TIR	0.50-0.88 0.43-0.45,0.45-0.51, 0.53-0.59,0.64-0.67,0.85-0.88,1.57-1.65, 2.11-2.29, 1.36-1.38 10.6-11.19, 11.50-12.51	15 30 100	12	185	16
<b>RESURS-P</b>	Roscosmos - NTs OMZ/Rus	2013	OE-High UltraWide MS Hyperspectral	0.58-0.80 /0.45-0.52, 0.52-0.60, 0.61-0.68, RE:0.72-0.80, 0.80-0.90 0.43-0.70 /0.43-0.51, 0.51-0.58, 0.60-0.70, 0.70-0.90, 0.80-0.90 0.40 - 1.10 : 96 -255 bands	1 /4 12 /60 - 24/120 25	10 12 14	38 96 /44 30	3-5
<b>SENTINEL-2A &amp;B</b>	ESA/EU	2015/2016	MSI-1 MSI-2 MSI-3	B2:0.457-0.522, B3:0.543-0.578, B4:0.650-0.680, B8: 0.785-.899 B5:0.698-0.713, B6:0.733-0.748, B7:0.765-0.785, B8a: 0.855-0.875, B11:1,565-1.655, B12: 2.100-2.280, 6 B1:433-453, B9: 0.930-0.950, B10: 1,365-1,385	10 20 60	12	290	2-5
<b>SkySat-1</b>	SkyBox Imaging	2013	PAN MS VIDEO	0.45-0.90 0.45-0.515, 0.515-0.595, 0.605-0.695, 0.74-0.90 Panchromatic: Max. 90 sec x 30 frames/sec	<1m (0.90) <2 (2.0) 1.1	8 2 x1.1	16 -	? -
<b>SPOT-6/7</b>	Astrium/EU	2012/2013	PAN MS	0.450-0.745 (S-Triplet) 0.450-0.520, 0.530-0.590,0.625-0.695, 0.760-0.890	2 8	12	60	26 /1-5
<b>TeLEOS-1</b>	STE/ Singapore	2015	PAN	0.50-0.90	1	10	12	12-16 hrs
<b>WORLDVIEW-3</b>	Digital Globe / USA	2014	PAN MS-1 MS-2 CAVIS	0.45-0.80 0.40-0.452, 0.448-0.51, 0.516-0.586, 0.59-0.63, 0.632-0.692, 0.706-0.746, 0.772-0.890, 0.866-0.954 (S) 1.195-1.225, 1.550-1590, 1,640-1.680, 1.710-1.760, 2, 146-2.186, 2.186-2.226, 2.235-2.285, 2.295-2.365 12 bands 405-2105	0.31 1.24 3.7 30.0	11 11 14 11	13.1	(1)

**Ek 2. Yeni ve Yakın Gelecekteki SAR Uyduları Teknik Özellikleri**

<b>Sensör/Uydu</b>	<b>Operatör / Ülke</b>	<b>Başlangıç Tarihi</b>	<b>Görüntüleme Tipi</b>	<b>Band Tipi</b>	<b>Polarizasyon</b>	<b>Çözünürlük (m) Cross x Along Track)</b>	<b>Geliş Açısı Incidence Angles</b>	<b>Şerit Genişliği Along x Cross track</b>	<b>Ziyaret Sıklığı (gün)</b>
<b>KOMPSAT-5</b>	KARI-Satrec/S.Korea	2013	SpotLight (HR) Strip Mode (ST) ScanSAR (WS)	X-Band	Single:HH, HV, VH , W	1x1 3x3 20 x20	20-45 (nominal) 45-55 (extended)	5 x5 30 100	28
<b>NOVASAR-S</b>	SSTL-EADS/UK	2015 (?)	StripMap ScanSAR ScanSAR-Wide Maritime Surveillance	S-Band	Single: HH/VV Dual:HH +HV / VV+VH ? Tri: HH+VV+HV /VH Quad:HH+VV+HV +VH)	6 20 30 30	16-31,16-34 16-26, 25-30 15-29, 22-31 48-73	15-20 100, 50 150, 100 750	14
<b>PALSAR-2 / ALOS-2</b>	JAXA / Japan	2014	SpotLight Ultra Fine SM High Sensitive SM Fine SM ScanSAR	L-Band	Single: HH/VV/HV Single / Dual Single/Dual/Quad/Compact Single/Dual/Quad/Compact Compact Polarimetry	3 x 1 3 6 10 100	8-70	25 x 25 50 50 70 350/490	14
<b>PAZ</b>	HISDESAT-Astrium / Spain	2014?	HR SpotLight SpotLight StripMap ScanSAR	X-Band	Single: HH/VV- Dual:HH +HV / VV+VH Single: HH/VV- Dual:HH +HV / VV+VH Single: HH/VV- Dual:HH +HV / VV+VH Single: HH/VV	<1 x1 - <2 x2 1 x 1- 2 x 2 3 x 3 - 6 x 6 16 x 6	15-60	5 x 5 10 x 10 15 x2000 / 30 x2000 100 x2000	11
<b>RISAT-1</b>	ISRO / India	2012	HRS	C Band	Single: HH/HV/VV/VH Dual:HH+HV/VV+VH Circular: TX:CP	0.67 x 1 2 x 3	12-55	10 x 10 25	25
			FRS-1		Circicular:TX:CP,Quad:HH+HV+VV+VH	4 x 3 / 4 x 9		25	
			FRS-2		Single: HH/HV/VV/VH Dual:HH+HV/VV+VH Circular: TX:CP	8 x 21-23 8 x 41-55		115	
			MRS CRS			223			
<b>SENTINEL-1A &amp; B</b>	ESA /EU	2014	StripMap Interferometry WS Extra WS Wave (WM)	C Band	Dual: VV+VH / HH+HV Single: HH / VV	5 x 5 5 x 20 25 x 40 20 x 5 / 20 x20	20-45 >25 >20 23/36.5	80 250 400 20 x 20	12



Ek 3. Bazı uyduların tayf kanallarının 400 nm ile 2500nm arasındaki dalgaboyu aralıkları

## KAYNAKÇA

- “*ASNARO*”, **EOPortal**, 2014. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/a/asnaro>.
- Beard, D.**, 2013. Utility of NovaSAR for UK Maritime Surveillance Applications, *UK Ministry of Defence, DMC and NovaSAR Conference*, London, UK.
- “*Deimos-2*”, **EOPortal**, 2014. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/d/deimos-2>.
- Digital Globe**, 2014. *WorldView-3* [Broşür], A.B.D.
- DLR**, 2014. *EnMAP*. [http://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-5514/9217\\_read-17744](http://www.dlr.de/eoc/en/desktopdefault.aspx/tabid-5514/9217_read-17744).
- “*EnMAP*”, **EOPortal**, 2014. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/e/enmap>.
- ESA**, 2014. [http://www.esa.int/Our\\_Activities/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-2](http://www.esa.int/Our_Activities/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2). Erişim tarihi: 18.09.2014
- Japan Space Systems**, 2014. *ASNARO Advanced Satellite with New System Architecture for Observation*. [http://www.jspacesystems.or.jp/en\\_project\\_asnaro/](http://www.jspacesystems.or.jp/en_project_asnaro/).
- JAXA**, 2014. *Advanced Land Observing Satellite -2*. <http://global.jaxa.jp/projects/sat/alos2/>.
- Marchisio, G.**, 2013. European Space Imaging Partner Meetings, Münih.
- “*NovaSAR-S*”, **EOPortal**, 2014. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/n/novasars-s>.
- “*PAZ SAR*”, **EOPortal**, 2014. *PAZ SAR Satellite Mission of Spain*. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/p/paz>.
- Russian Space**, 2014. *Resurs-P*, [http://www.russianspaceweb.com/resurs\\_p.html](http://www.russianspaceweb.com/resurs_p.html).
- Satrect Initiative**, 2014. *Kompsat-3A* [Broşür], Korea.
- “*Sentinel-1*”, **EOPortal**, 2014. *Copernicus: Sentinel-1 - The SAR Imaging Constellation for Land and Ocean Services*. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-1>.
- “*Sentinel-2*”, **EOPortal**, 2014. *Copernicus: Sentinel-2 — The Optical Imaging Mission for Land Services*. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/c-missions/copernicus-sentinel-2>.
- SI Imaging**, 2014. *Kompsat-5 Satellite Information*. [http://kompsat.satreci.com/ds2\\_4\\_1.html](http://kompsat.satreci.com/ds2_4_1.html).
- Skybox Imaging**, 2014. <http://www.skyboximaging.com/products>. Erişim tarihi: 18.09.2014.
- ST Electronics**, 2014. *ST Electronics to Launch TELEOS-1 the First Made-in-Singapore Commercial Remote Sensing Satellite*. <http://www.stengg.com/press-centre/press-releases/st-electronics-to-launch-teleos-1-the-first-made-in-singapore-commercial-remote-sensing-satellite>.
- THKK**, 2014. *Göktürk-2*. <http://www.hvkk.tsk.tr/TR/IcerikDetay.aspx?ID=224>.
- WorldView-3**, 2014. <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/v-w-x-y-z/worldview-3>. Erişim tarihi: 18.09.2014.