

Türkiye'nin yer gözlem uydu sistemleri ve ormancılık uygulamalarında kullanılabilirliği

H. Oğuz Çoban

Özet: Uzay çağına başlaması uzaktan algılamanın gelişiminde bir dönüm noktası olmuştur. Günümüzde kullanılan yer gözlem uydularının ataları kabul edilen Rus uydusu Sputnik 1 1957 yılında ve Amerikan uydusu Explorer 1 ise 1958 yılında uzaya fırlatılmıştır. Bu tarihlerde başlayan uzay yarışı uzaktan algılama bilim ve teknolojisine hızla gelişmesine neden olmuştur. İlk sivil yer gözlem uydusu olarak anılan ERTS-1 (Landsat-1) de 1972 yılında uzaya fırlatılmıştır. Bu gelişmeler iletişim ve küresel konumlama sistemleri de dahil olmak üzere 50'nin üzerinde ülkenin 1000'den fazla deneysel veya ticari uyduyu uzaya fırlatması sonucunu doğurmuştur. Türkiye 2003 yılında Bilsat projesi ile yer gözlem uydu teknolojisinde başarılı bir adım atmıştır. Kazanılan tecrübelerle Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusu olan Rasat, 2011 yılında uzaya gönderilmiştir. Yaklaşık bir yıl sonra da, 2012 yılı sonlarında, yüksek yersel çözünürlüğe sahip Göktürk-2 uydusu yörüngesine oturtulmuştur. Rasat pankromatik bandı 7.5 m ve multispektral bantları (mavi, yeşil ve kırmızı bant) 15 metre yersel çözünürlüğe sahiptir. Göktürk-2 ise pankromatik bantta 2.5 m ve multispektral bantlarda (mavi, yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi bant) 5 metre yersel çözünürlüğe sahip görüntü alımı yapabilmektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin yer gözlem uydu sistemlerinin özellikleri tanıtılmıştır. Ayrıca orman ekosistemini ilgilendiren çalışmalarda bu sistemlerden elde edilen uydu görüntülerinin kullanılabilirliği değerlendirilmiştir. Türkiye'nin uzaya göndermeyi planladığı uydu sistemlerinin başarısı üniversitelerin, kamu ve özel sektör kuruluşlarının katkılarına, elde edilen deneyim ve görgünün inovatif etkilerine bağlıdır.

Anahtar kelimeler: Bilsat, Rasat, Göktürk-2, Yer gözlem uydusu, Ormancılıkta uzaktan algılama

Earth observation satellite systems of Turkey and their availability for forestry applications

Abstract: The start of space age was a milestone in the development of remote sensing. Sputnik 1, Russian satellite and Explorer 1, USA satellite which were considered as the ancestors of earth observation satellites used today were launched into space in 1957 and 1958, respectively. The space race that started in those years led to the rapid development of remote sensing science and technology. ERTS-1 (Landsat-1) which was referred to as the first civilian earth observation satellite was launched into space in 1972. These developments including communication and global positioning systems have resulted in the launch of more than 1000 experimental or commercial satellites into space by over 50 countries. Turkey took a successful step in the earth observation satellite technology through Bilsat project in 2003. Based on the experience gained from the Bilsat project, Rasat that was the first earth observation satellite designed and manufactured in Turkey was launched in 2011. About a year later, Göktürk-2 satellite with high spatial resolution was launched into orbit by the end of 2012. Rasat has one panchromatic band with a spatial resolution of 7.5 m and three multispectral bands (blue, green and red bands) with a spatial resolution of 15 m. Göktürk-2 has a spatial resolution of 2.5 m and 5 m in panchromatic band and multispectral bands (blue, green, red and near-infrared band) respectively. In this paper, the characteristics of the earth observation systems of Turkey are presented. Moreover, the availability of the satellite images acquired from these systems for the studies related to forest ecosystem are evaluated. The success of new satellite systems that Turkey plans to launch into space in the future depends on the contributions of the universities, public and private sector organizations and the innovative impacts of the resulting experience and the observations.

Keywords: Bilsat, Rasat, Göktürk-2, Earth observation satellite, Remote sensing in forestry

1. Giriş

Ruslar tarafından 4 Ekim 1957 yılında uzaya gönderilen Sputnik 1, bilim kurguyu ve uzaya çıkma hayallerini gerçeğe dönüştüren dünyanın ilk yapay uydusudur. Uzaya uydu gönderme hayalleri çok uzun yıllar öncesine uzansa da bunun gerçekleşmesi için ilk adımlar Uluslararası Bilim Konseyi'nin 1952 yılında aldığı bir kararla atılmıştır. Bu kararda, güneş aktivitelerinin en yüksek noktaya ulaşacağı zamanın öncesindeki 1 Temmuz 1957 ve 31 Aralık 1958

tarih aralığı Uluslararası Jeofizik Yılı (UJY) olarak belirlenmiştir. Amerika Birleşik Devletleri (ABD) bu kararın ardından uzay çalışmalarını hızlandırmış ve Beyaz Saray 1955 yılının ortalarında aldığı kararla UJY içinde bir uydunun dünya üzerindeki yörüngesine fırlatılacağını duyurmuştu. Ancak henüz UJY'nin başlarında ABD'yi şaşırtan bir gelişme yaşanacaktı. Ruslar, UJY'nin ilk çeyreğinde ve Bolşevik Devrimi (Ekim Devrimi)'nin 40. yıldönümünde Rusça'da yoldaş anlamına gelen Sputnik

✉ Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta

@ **Corresponding author** (İletişim yazarı): oguzcoban@sdu.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 10.07.2015, **Accepted** (Kabul tarihi): 07.10.2015



Citation (Atıf): Çoban, H.O., 2016. Türkiye'nin yer gözlem uydu sistemleri ve ormancılık uygulamalarında kullanılabilirliği. Turkish Journal of Forestry, 17(1): 99-107. DOI: [10.18182/tjf.92256](https://doi.org/10.18182/tjf.92256)

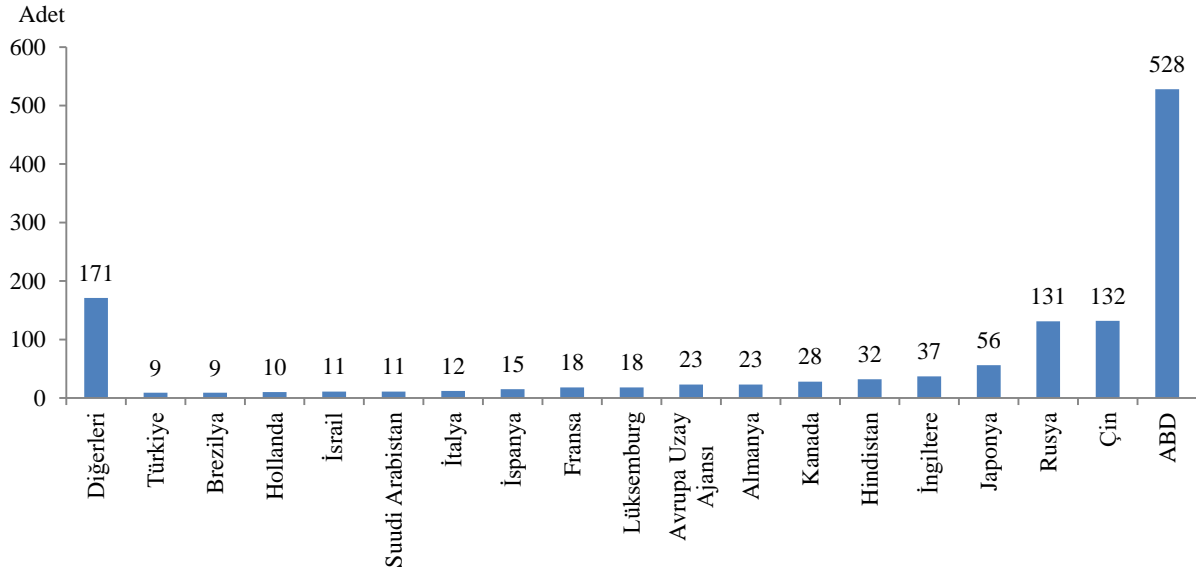
adını verdikleri uyduyu yörüngeye oturtmayı başarmışlardı (NASA, 2015a; 2015b).

Ruslar 83.6 kg ağırlığındaki Sputnik 1 uydusunun hemen ardından, 30 gün sonra, 3 Kasım 1957'de yaklaşık yarım tona ulaşan ağırlığa sahip Sputnik 2 uydusunu da dünya yörüngesine başarıyla göndermişlerdi. Sputnik 2 uzaya gönderilen ikinci yapay uydu olma özelliğinin yanı sıra Rusça'da "Çığırkırı" anlamına gelen Terrier cinsi Laika adlı bir köpek yolcu taşımaktaydı (NASA, 2015c).

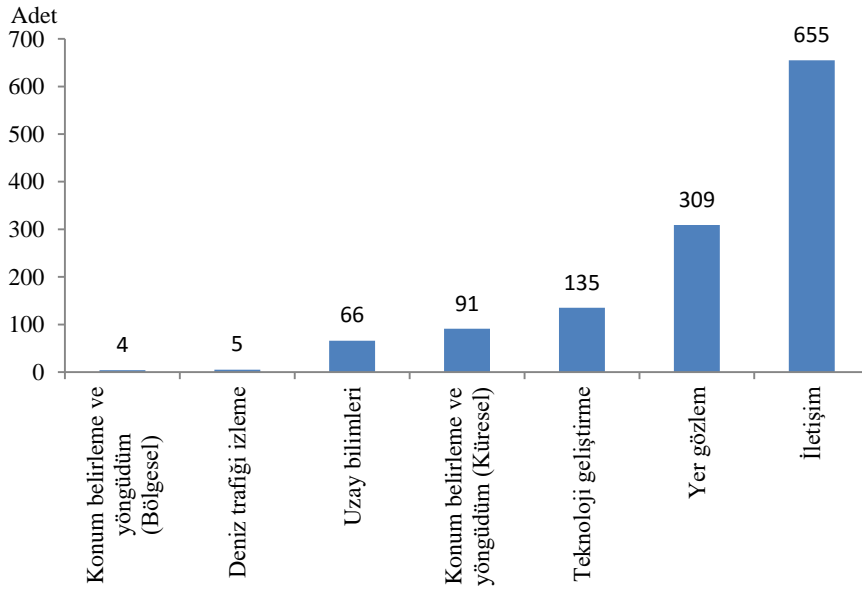
ABD Rusya'nın uzaya gönderdiği uydulara karşı cevabını 31 Ocak 1958 günü fırlatılan ve ABD'nin ilk uydusu olan Explorer 1 ile verebilmiştir. Kâşif anlamına

gelen ve sadece 14 kg ağırlığındaki bu uydu, taşıdığı kozmik ışın detektörünün yapmış olduğu ölçümler sonucunda, dünya yörüngesinde Van Allen Kuşakları olarak anılan radyasyon kuşaklarının varlığını kanıtlamıştır (NASA, 2015d).

Sputnik ve Explorer uydu sistemleri ile 1950'li yıllarda başlayan uzay yarışı günümüzde büyük bir hızla devam etmektedir. 2015 yılının ocak ayı itibarıyla 51 ülke 1265 uyduyu dünya üzerindeki yörüngesine göndermiş bulunmaktadır (Şekil 1; UCS, 2015). İletişim başta olmak üzere farklı amaçları olan bu uydu sistemlerinin %42'si ABD'ye aittir (Şekil 2).



Şekil 1. Uydu sistemlerinin ülkelere göre dağılımı (UCS, 2015)



Şekil 2. Uydu sistemlerinin kullanım amaçları (UCS, 2015)

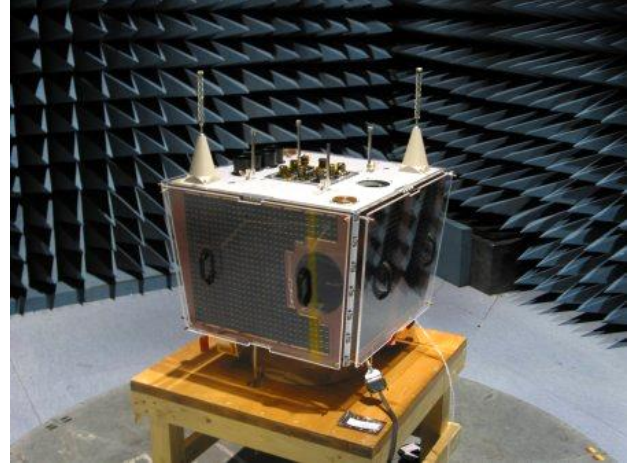
Yer gözlem uydu sistemleri dünya üzerindeki obje ya da olayların onlara temas etmeksizin algılanmasına, elde edilen veri ve bilgilerin bilimsel ve ticari amaçlarla kullanımına yönelik olarak üretilmişlerdir. Sivil amaçlarla fırlatılan ilk yer gözlem uydusu olan ERTS-1(Landsat-1)'in 1972 yılında dünya üzerindeki yörüngesine başarıyla oturtulması iki önemli sonucu ortaya çıkarmıştır. Bunlardan ilki, uydu görüntülerinden elde edilen ve yersel çalışmalarla elde edilmesi neredeyse imkânsız olan veriler yardımıyla, pek çok soruna bölgesel veya küresel çözümlerin üretilmesidir. Diğer sonuç ise, uydu teknolojilerinin ticari anlamda ülke ekonomisine yapacağı değerli katkılarıdır. Bu nedenlerle, yer gözlem uydu sistemlerinde son 40 yıl içinde çok hızlı değişimler ve önemli gelişmeler kaydedilmiş ve ülkeler uzayda var olabilmek için yüksek bütçeler ayırmışlardır.

Türkiye'nin uzayda var olma düşüncesi, 1960'lı yılların sonlarında belirginleşmektedir. Ancak, o dönemde uydulardan öncelikli olarak iletişim amaçlı olarak yararlanılması düşünülüyordu (Turksat, 2015). 1995 yılında Bilgi Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (BİLTEN) adını alan Bilgi Teknolojileri ve Elektronik Araştırma Enstitüsü'nün 1985 yılında kurulması, uydu teknolojilerine sahip olma isteğini keskinleştirmiş ve çalışmaların ilk temelleri atılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda, 2003 yılında Bilsat projesi ile yer gözlem uydu teknolojisinde başarılı bir adım atılmıştır. BİLTEN 2006 yılında uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY) adını almış ve uydu sistemleri ile ilgili çalışmaların planlanması ve yönetilmesi sorumluluğunu üstlenmiştir. Bilsat Projesi'nden kazanılan tecrübelerle Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusu olan Rasat, 2011 yılında başarıyla uzaya gönderilmiştir. Yaklaşık bir yıl sonra da, 2012 yılı sonlarında, yüksek yersel çözünürlüğe sahip Göktürk-2 uydusu yörüngesine oturtulmuştur (Çoban, 2015). Bu gelişmelerle birlikte Türkiye, yer gözlem uydu sistemlerinde dünyada belirli bir seviyeye yükselmiş bulunmaktadır.

Uzaktan algılama veri ve yöntemlerinin ormancılık meslek disiplini içinde kullanımının yaygınlaşması ve gelişmesi ile ormancılık sorunlarına hızlı, kolay ve etkin çözümler üretilebileceği görülmektedir. Bu çalışmada Bilsat, Rasat ve Göktürk-2 uydu sistemlerinin özellikleri tanıtarak ormancılık disiplini içinde bu uydu görüntülerinden yararlanma olanakları irdelenmiştir.

2. Bilsat Uydusu

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) bünyesindeki Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü (TÜBİTAK UZAY) ve merkezi İngiltere'deki SSTL (Surrey Satellite Technology Limited) şirketi ile ortak bir çalışma yürütülmüştür (TÜBİTAK, 2015a). Bilsat Türkiye'nin ilk yapay yer gözlem uydusudur (Şekil 3). Bilsat projesinin amacı sadece küçük çaplı bir uyduya sahip olmak değildi. Bundan çok daha önemli olan hedefler vardı. Bu hedefler arasında uydu tasarımı, üretimi, fırlatılması, işletilmesi, alt yapı ihtiyaçlarının belirlenmesi, yer istasyonlarının kurulması ve kullanımı gibi aşamaların öğrenilmesi bulunmaktadır. Bunlara ek olarak, teknik personelin uzmanlaşmasının sağlanması ve milli uydu teknolojileri konusunda operasyonel bilgi sağlanması da beklentiler arasındaydı.



Şekil 3. Bilsat uydusu (SSTL, 2015a)

Ayrıca üniversite ve yerli sanayinin süreçlere dahil edilmesiyle gerekli yazılım ve donanım ihtiyaçlarının baştan sona öz kaynaklar kullanılarak yapılabilmesinin temelleri atılmıştır.

Bilsat projesi ile ilgili çalışmalar 2001 yılında başlatılmış ve uydu 27 Eylül 2003 günü Rusya'nın Plesetsk Kosmodrome üssünden uzaya fırlatılmıştır. Biri pankromatik diğer dördü kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi olmak üzere beş yer gözlem kamerası, GPS (Global Positioning System- Küresel Konumlama Sistemi), GPS konum kaydedici, konum kontrol sistemi ve itki sistemi taşıyan uydu, TÜBİTAK UZAY tarafından geliştirilen ÇOBAN ve GEZGİN adlı iki yararlı yükü de taşımaktaydı (SSTL, 2015b). ÇOBAN, 8 bantlı ve 120 m düşük yersel çözünürlüğe sahip çok bantlı bir görüntüleyici, GEZGİN ise JPEG2000 algoritmasını kullanarak yüksek hızlı çok bantlı görüntü sıkıştırması yapan bir görüntü işlemcisiydi (Çizelge 1).

Bilsat uydusunun aktif görevi 2006 yılının Ağustos ayında sona ermiştir. Planlanandan önce pasif duruma geçen uydu, Türkiye'deki uzay çalışmalarında çok önemli tecrübelerin ve gözlemlerin elde edilmesini sağlamıştır.

3. Rasat Uydusu

Rasat uydusu Türkiye'de tasarlanıp üretilen ilk yer gözlem uydusudur (Şekil 4). TÜBİTAK UZAY öncülüğünde 2006 yılında ilk adımları atılan uydu 17 Ağustos 2011 günü Rusya'nın Yasny üssünden uzaya fırlatılmıştır (TÜBİTAK, 2015b). Bilsat uydusunda kazanılan bilgi ve tecrübeler Rasat uydusunun üretim ve işletim aşamalarında kullanılmıştır. Rasat projesi ile daha çok sayıda teknik elemanın uzmanlaşması sağlanmıştır. Ayrıca uydu sistemlerinde kullanılacak yazılım ve donanımın milli kaynaklar dahilinde temini ve geliştirilmesi mümkün olmuştur (İslamoğlu, 2014). Böylece uzay çalışmaları ile ilgili yazılım ve donanım olanaklarının yanı sıra insan kaynakları açısından da bir kronoloji oluşmuştur.



Şekil 4. Rasat uydusu (TÜBİTAK, 2015c)

Rasat uydusu biri pankromatik diğer üçü mavi, yeşil ve kırmızı olmak üzere dört yer gözlem kamerası, GPS ve diğer elektronik sistemlerin yanında TÜBİTAK UZAY tarafından geliştirilen BİLGE, GEZGİN-2 ve T-REKS olarak adlandırılan üç yararlı yükü de taşımaktaydı (Özalp,

2012). Teknik özellikleri açısından gelişmiş özellikler gösteren Rasat üzerindeki Gezgin-2, Bilsat projesinde kullanılan Gezgin görüntü işlemcisinin geliştirilmiş bir modeli, Bilge, uçuş bilgisayarı, T-REKS ise X-Bant iletişim sistemi olarak görev yapmak üzere tasarlanmışlardı (Çizelge 2).

TÜBİTAK UZAY'ın yürüttüğü Uydu Görüntü İşleme Merkezi ve GEOPORTAL Oluşturma Projesi, Rasat uydu görüntülerinin kamu kuruluşları ve üniversitelerle paylaşılmasını sağlamıştır. Radyometrik ve geometrik düzeltme işlemleri yapılan Rasat uydu görüntüleri "https://www.gezgin.gov.tr" adresinden aranabilmekte ve indirilebilmektedir.

TÜBİTAK UZAY'ın Veri ve Görüntü İşleme Grubu tarafından işlenen Rasat görüntülerinin son kullanıcıya istenilen seviyede sunulması planlanmıştır (Çizelge 3). Gezgin portalından 1., 2., 3. ve 4. seviye görüntüler elde edilebilmektedir. Rasat uydusu uzaydaki aktif görevine devam etmektedir.

Çizelge 1. Bilsat uydusunun teknik özellikleri (Yener vd., 2006; Eomag, 2015)

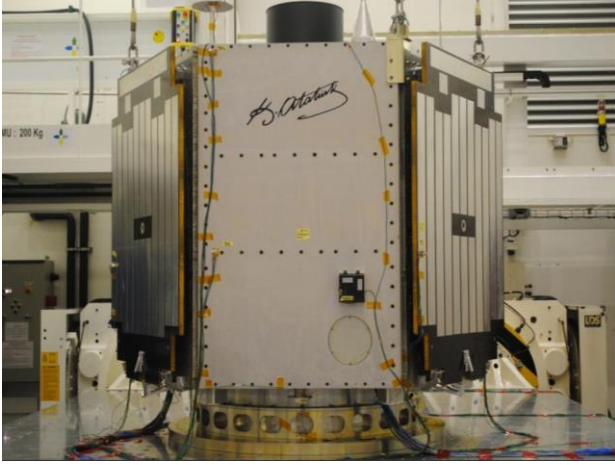
Teknik özellik	Açıklama
Ağırlık	129 kg
Yörünge	686 km, güneş uyumlu
Konumsal çözünürlük	Pankromatik bant : 12.6 m Multispektral bantlar : 27.6 m
Spektral çözünürlük	Pankromatik bant : 0.45 – 0.90 µm Mavi bant (Bant1) : 0.45 – 0.52 µm Yeşil bant (Bant 2) : 0.52 – 0.60 µm Kırmızı bant (Bant 3) : 0.63 – 0.69 µm Yakın kızılötesi bant (Bant 4) : 0.76 – 0.90 µm
Radyometrik çözünürlük	8 bit
Zamansal çözünürlük	4 gün
Şerit genişliği	55 km
Görev yükü	Gezgin (görüntü işlemci) Çoban (çok bantlı görüntüleyici) 375-425 nm 410-490 nm 460-540 nm 510-590 nm 560-640 nm 610-690 nm 660-740 nm 850-1000 nm
Planlanan ömür	5 yıl

Çizelge 2. Rasat uydusunun teknik özellikleri (TÜBİTAK, 2015b)

Teknik özellik	Açıklama
Ağırlık	93 kg
Yörünge	689 km, güneş uyumlu
Konumsal çözünürlük	Pankromatik bant : 7.5 m Multispektral bantlar : 15 m
Spektral çözünürlük	Pankromatik bant : 0.42 – 0.73 µm Mavi bant (Bant1) : 0.42 – 0.55 µm Yeşil bant (Bant 2) : 0.55 – 0.58 µm Kırmızı bant (Bant 3) : 0.58 – 0.73 µm
Radyometrik çözünürlük	8 bit
Zamansal çözünürlük	4 gün
Şerit genişliği	30 km
Görev yükü	Bilge (uçuş bilgisayarı) Gezgin-2 (görüntü işlemci) T-Reks (X-bant iletişim sistemi)
Planlanan ömür	3 yıl

4. Göktürk-2 Uydusu

Türkiye'nin üçüncü nesil yer gözlem uydusu Göktürk-2, T.C. Milli Savunma Bakanlığı, TÜBİTAK ve Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TUSAŞ)-TÜBİTAK UZAY iş ortaklığı arasında 1 Mayıs 2007'de yürürlüğe giren sözleşme ile desteklenmiştir (HVKK, 2015). Ülkemizin ilk yüksek yersel çözünürlüklü uydusu olan Göktürk-2 18 Aralık 2012 günü Çin'in Jiuguan üssünden uzaya fırlatılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Göktürk-2 uydusu (HVKK, 2015)

Göktürk-2'nin tasarımı, üretimi ve test süreçleri için gerekli tüm teknik işlemler milli olanaklar kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Göktürk-2 projesi ile uzay ve uydular sistemlerine yönelik elde edilmiş operasyonel bilgi ve tecrübenin iyileştirilmesi, yazılım ve donanım teknolojisinin geliştirilmesi, uzman insan gücünün yetiştirilmesi, geliştirilmesi ve sayısının artırılması, uzay teknolojilerinde kullanılacak alt yapının geliştirilmesi, kamu kurum ve kuruluşlarının gözlem ve araştırma ihtiyaçlarının öz kaynaklarımızla giderilmesi hedeflenmiştir (TUSAŞ, 2015a).

Bilsat ve Rasat uydular sistemlerinde kazanılan tecrübe sonucunda üretilen Göktürk-2 üzerinde KUZGUN adı verilen bir deneysel kamera bulunmaktadır. Kuzgun, 20 m yersel çözünürlükte ve 15 km genişliğinde görüntü alma yeteneğine sahip olup elektromanyetik spektrumun kısa dalga kıvrım bölgesi (SWIR) kesimindeki 0.8-1.7 µm aralığında algılama yapabilmektedir. Bilge ana uçuş bilgisayarı olarak görev yaparken Bilge Router 0 ve Bilge Router 1 isimli modüller hem veri depolama hem de X-Bant verici aracılığıyla veri transferi görevlerini gerçekleştirmektedir. Gezgin-2 modülü elde edilen görüntülerin JPEG2000 algoritması kullanılarak sıkıştırılması ile görevlidir (Çizelge 4).

Çizelge 3. Rasat görüntü işleme seviyeleri (TÜBİTAK, 2015d)

Seviye	Açıklama
Seviye 0	Ham görüntü TIF formatında üretilir ve kaydedilir.
Seviye 1	Radyometrik düzeltme (Dedektör hatalarının giderilmesi, atmosferik hataların düzeltilmesi, gölge, gürültü ve bulanıklığın giderilmesi)
Seviye 2	Geometrik düzeltme (Bantlar arası kayıt)
Seviye 3	Ortorektifikasyon (Yer kontrol noktaları ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak görüntülere ortorektifiye uygulanır.)
Seviye 4	Pankromatik görüntüler kullanılarak çözünürlük birleştirme (Ortorektifiye yapılmış renkli bantlar pankromatik bant kullanılarak keskinleştirilir.)
Seviye 5	Mozaik oluşturma
Seviye 6	Sayısal yükseklik modelinin üretimi (Stereo görüntülerden sayısal yükseklik modeli üretilir.)

Çizelge 4. Göktürk-2 uydusunun teknik özellikleri (Çınar, 2014; TÜBİTAK, 2015e)

Teknik özellik	Açıklama
Ağırlık	409 kg
Yörünge	686 km, güneş uyumlu
Konumsal çözünürlük	Pankromatik bant : 2.5 m Multispektral bantlar : 5 m
Spektral çözünürlük	Pankromatik bant : 0.420 – 0.750 µm Mavi bant (Bant 1) : 0.422 – 0.512 µm Yeşil bant (Bant 2) : 0.500 – 0.584 µm Kırmızı bant (Bant 3) : 0.596 – 0.750 µm Yakın kızılötesi bant (Bant 4) : 0.762 – 0.894 µm
Radyometrik çözünürlük	11 bit
Zamansal çözünürlük	2.5-5 gün
Şerit genişliği	20.4 km
Görev yükü	Bilge (Ana uçuş bilgisayarı) Bilge router 0 (Yedek uçuş bilgisayarı) Bilge router 1 (Yedek uçuş bilgisayarı) Kuzgun (Deneysel kamera) Gezgin-2 (Görüntü işlemci) TREKS (X-bant iletişim sistemi)
Planlanan ömür	3 yıl

Göktürk-2 test sürecinin ardından 2014 yılı başında Hava Kuvvetleri Komutanlığı'nın envanterine girmiştir (Atak vd., 2015). Göktürk-2 gibi askeri amaçlar için kullanımı planlanan milli uydu sistemlerinin koordinasyonu ve gerekli operasyonların yürütülebilmesi için Hava Kuvvetlerine bağlı Keşif Uydu Tabur Komutanlığı oluşturulmuştur. Bu birim uydu verilerine 1.ve 2. seviyede görüntü işleme işlemlerini uygulamaktadır (Çizelge 5). Ayrıca uydunun askeri keşif amaçlı olarak kullanımının icra edilmesi, kamu kurum ve kuruluşları ile üniversiteler ve diğer eğitim kurumlarının uydu görüntüsü taleplerinin normal koşullar altında bedelsiz olarak karşılanması süreçlerini yürütmektedir. Bu bağlamda uydu görüntüsü talepleri bir talep formu ile birlikte ksfuydugid@hvkk.tsk.tr e-posta adresine gönderilmektedir.

Göktürk-2 uydusu herhangi bir kısıtlama olmaksızın Türkiye ve dünyanın her yerinden görüntü alma ve bunları yer istasyonlarına ulaştırma kabiliyetindedir. Planlandığı şekilde halen uzaydaki aktif görevine devam etmektedir.

Göktürk serisinin çok yakın bir gelecekte uzaya fırlatılması planlanan ve yüksek yersel çözünürlüklü görüntü elde etme kabiliyetindeki Göktürk-1 uydusu ile ilgili proje çalışmaları, Türkiye Milli Savunma Bakanlığı Savunma Sanayi Müsteşarlığı, İtalyan TELESPAZIO ve Fransız Thales Alenia Space şirketleri arasında 13 Temmuz 2009 yılında imzalanan anlaşma ile başlatılmış ve devam etmektedir. Göktürk-1 2015 yılı mayıs ayının başlarında Ankara'ya fırlatma öncesi son testlerinin yapılması amacıyla gönderilmiştir ve 2016 yılının ilk yarısında fırlatılması planlanmıştır (TUSAŞ, 2015b; Telespazio, 2015).

Çizelge 5. Göktürk-2 görüntü işleme seviyeleri (Filiz, 2014)

Seviye	Açıklama
Seviye 0 (L0)	Ham görüntü
Seviye 1 (L1)	Radyometrik düzeltme
Seviye 2 (L2)	Geometrik düzeltme
Seviye 3 (L3)	Ortorektifikasyon
Seviye 4 (L4)	Sayısal yükseklik modelinin üretimi
Seviye 5 (L5)	Mozaik oluşturma
Seviye 6 (L6)	Tematik harita (sınıflandırma)

5. Milli uydu sistemlerinin ormancılık uygulamalarında kullanılabilirliği

Bilsat uydu projesinin esas amacı uydu teknolojisinin transfer edilmesi ve böylece bu teknolojinin öğrenilmesi, bu konudaki bilimsel bilgi ve görgünün kazanılması, gerekli alt yapı, yazılım, donanım ve ekipman gereksinimlerinin belirlenmesiydi. Bu bağlamda Bilsat uydusu ticari bir durum içermediğinden beklenenden önce uzayda pasif duruma geçmiş olsa bile görevini başarıyla tamamlamış olarak değerlendirilebilir.

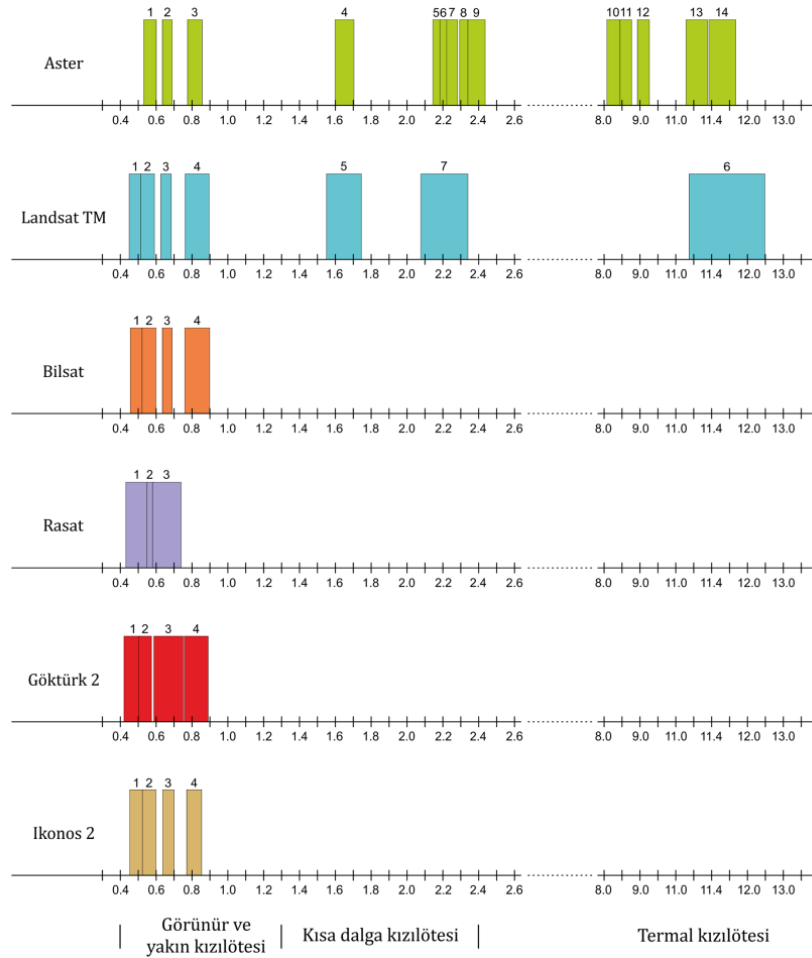
Bilsat, Rasat ve Göktürk-2'nin pankromatik ve multispektral bantlarının algılayabildikleri elektromanyetik spektrum bölgeleri yaygın olarak kullanılan diğer uydularla kıyaslandığında, karşılıklı bantların benzer spektrum bölgelerini algılayabildikleri görülmekle birlikte bant sayısının Bilsat ve Rasat'ta daha az olduğu anlaşılmaktadır. Göktürk-2'nin ise yine bilinen ve sıkça tercih edilen Ikonos-2 ile yapılan karşılaştırmalarında karşılıklı bantlar birbiriyle benzer olmakla birlikte yersel çözünürlük Göktürk-2'de düşüktür (Şekil 6, Şekil 7).

Rasat uydusunun üretimi ve işletilmesi aşamalarında Bilsat projesi ile kazanılan bilgi ve tecrübelerden yararlanılmıştır. TÜBİTAK UZAY bünyesindeki görüntü işleme grubu ve diğer ilgili grup personeli, elde edilen görüntülere son kullanıcı öncesinde radyometrik düzeltmelerin uygulanması ve görüntülerin farklı seviyelerde işlenebilmesi için gerekli yazılımların üretimini ve bunların görüntülere uygulanmasını sağlamaktadır. Görüntü düzeltme ve işleme aşamalarından sonra gezgin adı verilen internet portalı (www.gezgin.gov.tr) aracılığıyla görüntüler istenilen seviyede kullanıcılara ulaştırılmaktadır.

Rasat projesinde ulaşılan sonuçlar planlanan hedeflere yakındır. Konumsal çözünürlüğü düşünüldüğünde ormancılık çalışmalarında bu görüntülerden yararlanma olanaklarının bulunduğu söylenebilir. Spektral çözünürlüğü düşünüldüğünde bitki örtüsünün ayırt edilmesi ve tanımlanması çalışmalarında sıkça kullanılan yakın kızılötesi (NIR) bandının olmayışı büyük bir dezavantaj yaratmaktadır. Mavi, yeşil ve kırmızı bantların bazı ormancılık çalışmalarında kullanımı mümkündür. Bunlar arasında orman yangını zararlarının haritalanması, temel arazi örtüsü tiplerinin sınıflandırılması, orman örtüsündeki kayıpların haritalandırılması, sel, su baskını ve heyelan gibi afetlerin tespiti, detaylı olmayan değişim analizleri, orman ve ekosistemin diğer bileşenleri konusunda çalışmalar yapan bilim insanlarının uydu görüntülerine duyduğu ihtiyaçların giderilmesi gibi konular bulunmaktadır.



Şekil 6. Bilsat, Rasat ve Göktürk-2'nin pankromatik bandının spektral çözünürlüğü



Şekil 7. BilSAT, Rasat ve Göktürk-2'nin multispektral bantlarının spektral çözünürlüğü

Göktürk 2 projesinde ulaşılan sonuçlar, ülkemiz açısından önemli kazanımların olduğunu göstermektedir. Pankromatik ve multispektral bantların yersel çözünürlüğü yüksek olduğundan, orman kadastrosu dışında çizgisellik gerektirebilen pek çok çalışmada kullanım olanakları bulunmaktadır. Rasat görüntülerine nazaran hem daha yüksek yersel çözünürlük sunması hem de yeşil vejetasyona yönelik çalışmalarda sıkça kullanılan yakın kızılötesi bandının bulunması (Çoban vd., 2010; 2014) nedeniyle, Göktürk 2 görüntüleri bitki örtüsü ile ilgili çalışmalarda tercih edilebilecektir. Göktürk-2 uydurularından yararlanılarak arazi örtüsü tiplerinin tanımlanması, ayırt edilmesi ve sınıflandırılması, orman örtüsünü oluşturan meşcerelerin tespit edilmesi, ağaç türlerinin tanımlanması ve ayırt edilmesi, orman örtüsündeki değişimlerin detaylı incelemelerinin yapılması, orman envanterinde kullanılan bazı meşcere değişkenlerinin tahmin edilmesi, doğal afetler ve orman içi maden ocakları zararlarının tespit edilmesi, orman ekosistemindeki unsurlar arasındaki ilişkilerin sezilmesi ve planlama faaliyetlerinde bu bilgilerden yararlanılması mümkün olabilir.

6. Sonuç ve öneriler

Uydu görüntülerinin kullanım alanları oldukça geniş kapsamlıdır. Coğrafi bilgi sistemleri ile bütünleştirilerek kullanılması onu çok güçlü bir veri kaynağı haline getirmektedir. Çünkü tıptan tarıma, kentten ormana,

enerjiden doğal kaynaklara kadar pek çok alanda uzaktan algılama ve uydu görüntülerinden yararlanma olanakları vardır. Bu geniş yelpazede, kamu kurum ve kuruluşları ile üniversitelerde bu teknolojileri hem bilimsel bilgi üretmek amacıyla kullanan hem de uygulamalı çalışmalar yapan personelin veri ihtiyacının karşılanması son derece önemlidir. Ancak bu süreçte bu konuda dünyada lider konumda bulunan ülkelere olduğu gibi belli eşikler aşılabilecek ve uzun bir yol izlenecektir. Türkiye'nin uydu sistemlerinin geleceğinde iletişim ve yer gözlem uydularının yanında küresel konumlama ve erken uyarı sistemleri de bulunmaktadır (Şekil 8).

Ülkemizin öz kaynaklarıyla tasarladığı, ürettiği, işlettiği ve yönettiği uydu sistemlerinin hem ekonomik hem de stratejik önemi çok büyüktür. Ayrıca,

- Uydu alt yapı tesislerinin kurulması,
- Yazılım imkân ve yeteneklerinin geliştirilmesi,
- Donanım gereksiniminin tasarımı ve üretilmesi,
- Uzman personelin yetiştirilmesi,
- Ormanlık meslek disiplini gibi çalışma objesi ve görevleri itibarıyla uzaktan algılama veri ve tekniklerinden, özellikle uydu görüntülerinden yararlanılması kaçınılmaz olan kesimlerin veri temini hususundaki sorunlarına hızlı, dinamik ve ekonomik çözümler üretilmesi açısından yadsınmaz yararları bulunmaktadır.

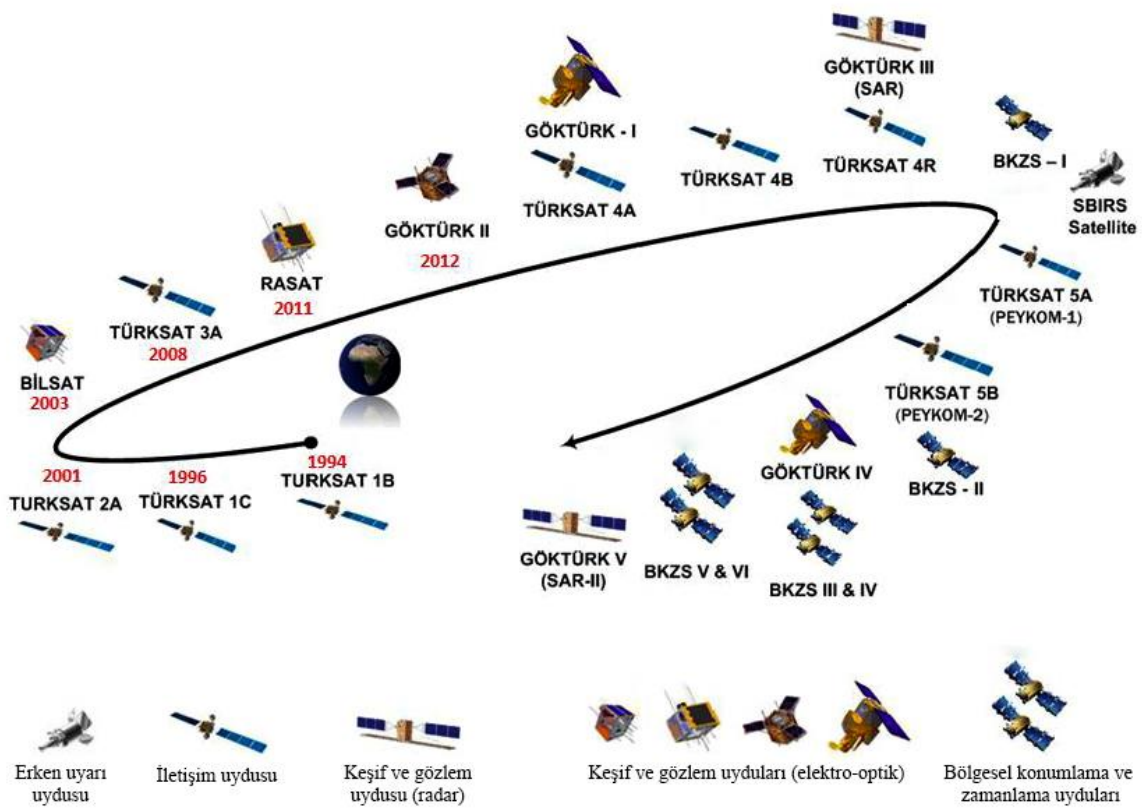
Milli uydu sistemleri ve bunlardan elde edilen görüntülerle ilgili olarak;

- Geometrik doğruluğun yükseltilmesi,
- Radyometrik düzeltmelerin şeffaflaştırılması ve bantlara uygulanan işlemlerin açıklanması,
- Görüntü alımı-son kullanıcı arasındaki süreçlerde profesyonel yaklaşımın sağlanması,
- Görüntü kimlik bilgilerinin (metadata) tanımlanması,
- Görüntülerin dünya çapındaki ticari görüntü işleme yazılımları tarafından tanınırlığının sağlanması,
- Geniş çaplı bilgi içeren internet sitelerinin hazırlanması,
- Milli uydu sistemleri hakkında yazılı basının, görsel ve sosyal medyanın kullanılması ile farkındalık oluşturulması gereklidir.

Türkiye'nin uzay yarışına devam edebilmesi ve gelişerek ilerleyebilmesi için; kazanılan bilgi ve tecrübeler ve uzman personel kalıcılaştırılmalı; bu alanda lider çalışmalar yapan kurumlardaki kazanımların sürdürülebilirliği olmalı; öz kaynakların kullanımına özen gösterilmeli, sabit ve kararlı bir politika belirlenerek üniversitelerin ve ilgili kuruluşların desteği sağlanmalıdır.

Açıklama

Bu çalışmanın bir kısmının özeti, "Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu"nda sözlü bildiri olarak sunulmuş ancak özeti haricinde bildiriler kitabında veya başkaca bir yerde yayımlanmamıştır.



Şekil 8. Türkiye'nin uydu sistemleri (Ulutaş, 2014)

Kaynaklar

- Atak, V.O., Erdoğan, M., Yılmaz, A., 2015. Göktürk-2 uydu görüntü testleri. *Harita Dergisi*, 153:18-33.
- Çınar, E., 2014. Göktürk-2 uydu sisteminin operasyonel kabiliyetleri. *Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı*, 19-20 Mart 2014, Ankara.
- Çoban, H.O., 2015. Türk yer gözlem uydu sistemleri ve ormancılık uygulamalarında kullanım olanaklarının değerlendirilmesi. *Üretim İşlerinde Hassas Ormancılık Sempozyumu*, 4-6 Haziran 2015, Ilgaz-Kastamonu, *Bildiri Özetleri Kitabı*, s.19.
- Çoban, H. O., Özçelik, R., Avcı, M., 2014. Monitoring of damage from cedar shootmoth *Dichelia cedricola* Diakonoff (Lep.: Tortricidae) by multi-temporal Landsat imagery. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 7(2): 126-131.
- Çoban. H. O., Koç, A., Eker, M., 2010. Investigation on changes in complex vegetation coverage using multi-temporal Landsat data of Western Black Sea region- A case study. *Journal of Environmental Biology*, 31(1/2): 169-178.
- Eomag, 2015. TÜBİTAK UZAY ve uzaktan algılama faaliyetleri. Eomag, EARSC (The European Association of Remote Sensing Companies) bülteni, Belçika, <http://eomag.eu/articles/521/TUBITAKUZAYandRemotensingActivities>, Erişim: 30.05.2015.
- Filiz, B.G., 2014. Göktürk-2 uydu görüntülerinin elde edilmesi ve dağıtımı. *Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı*, 19-20 Mart 2014, Ankara.
- HVKK, 2015. Göktürk-2. Türk Hava Kuvvetleri Komutanlığı, Ankara, <http://www.hvkk.tsk.tr/tr/IcerikDetay.aspx?ID=224>, Erişim: 31.05.2015.
- İslamoğlu, N., 2014. Bilsat ve Rasat Uydu Projeleri. *Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı*, 19-20 Mart 2014, Ankara.
- NASA, 2015a. Sputnik 1 tanıtımı. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi, ABD, <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1957-001B>, Erişim: 28.05.2015.
- NASA, 2015b. Sputnik ve uzay çağı şafağı. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi, ABD, <http://history.nasa.gov/sputnik/>, Erişim: 28.05.2015.
- NASA, 2015c. Sputnik 2 tanıtımı. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi, ABD, <http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1957-002A>, Erişim: 28.05.2015.
- NASA, 2015d. Explorer 1'e genel bakış. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi, ABD, http://www.nasa.gov/mission_pages/explorer/explorer-overview.html, Erişim: 28.05.2015.
- Özalp, T., 2012. The status of Turkish national earth observation missions. *GSCB Workshop*, 6-7 June 2012, ESA/ESRIN, Frascati, Italy.
- SSTL, 2015a. Bilsat-1 projesi. Surrey Satellite Technology Limited, İngiltere, <http://www.sst-us.com/missions/bilsat-1--launched-2003>, Erişim: 30.05.2015.
- SSTL, 2015b. Bilsat-1 görevi. Surrey Satellite Technology Limited, İngiltere, <http://www.sst-us.com/missions/bilsat-1--launched-2003/bilsat-1/bilsat-1--the-mission>, Erişim: 30.05.2015.
- Telespazio, 2015. Turkey's Göktürk-1 satellite has been shipped to Ankara to undergo environmental tests. Telespazio, Italy, <http://www.telespazio.com/-/gokturk-ait>, Erişim: 01.06.2015.
- Turksat, 2015. Uydu tarihçesi. Türksat Uydu Haberleşme Kablo TV ve İşletme A.Ş., Ankara, <http://www.turksat.com.tr/uydu-tarihcesi>, Erişim:09.07.2015
- TUSAŞ, 2015a. Göktürk-2. Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TUSAŞ), Ankara, <https://www.tai.com.tr/tr/proje/gokturk-2>, Erişim: 31.05.2015.
- TUSAŞ, 2015b. Göktürk-1. Türk Havacılık ve Uzay Sanayi A.Ş. (TUSAŞ), Ankara, <https://www.tai.com.tr/tr/proje/gokturk-1>, Erişim: 01.06.2015.
- TÜBİTAK, 2015a. Bilsat projesi. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, <http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/bilsat>, Erişim: 30.05.2015.
- TÜBİTAK, 2015b. Rasat projesi. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, <http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/rasat>, Erişim: 30.05.2015.
- TÜBİTAK, 2015c. Rasat uzaya gönderiliyor. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, <http://www.tubitak.gov.tr/tr/haber/rasat-firlatilmak-uzere-yola-cikti>, Erişim: 30.05.2015.
- TÜBİTAK, 2015d. Geoportal. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, <http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/uydu-uzay/geoportal>, Erişim: 30.05.2015.
- TÜBİTAK, 2015e. Göktürk-2. Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, Ankara, <http://uzay.tubitak.gov.tr/tr/projeler/gokturk-2>, Erişim: 31.05.2015.
- UCS, 2015. Uydu veri tabanı. Union of Concerned Scientists, USA, http://www.ucsusa.org/nuclear_weapons_and_global_security/solutions/space-weapons/ucs-satellite-database.html#.VWcQbs_t1Bd, Erişim: 28.05.2015.
- Ulutaş, S., Uydu sistemleri alt yapı projesi. *Yer Gözlem Uydu Teknolojileri ve Veri Kıymetlendirme Çalıştayı*, 19-20 Mart 2014, Ankara.
- Yener, H., Koç, A., Çoban, H.O., 2006. Uzaktan Algılama Verileri ve Teknik Özellikleri. *İÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 56(1): 33-48.