

TÜBİTAK-UZAY yer gözlem uydusu çalışmaları ve görüntü temin politikaları

Gökhan YÜKSEL^{1*}, Erol TUNALI¹, Selime GÜROL¹, Uğur Murat LELOĞLU¹

¹ TÜBİTAK Uzay Teknolojileri Araştırma Enstitüsü, P.K. 06531, ODTU, Ankara

Özet

TÜBİTAK UZAY, eski adıyla TÜBİTAK BİLTEN, coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama konularında çalışmaya daha erken başlamış olmasına rağmen, uydu teknolojileri konusundaki çalışmaları 1998 yılında başlamış, hemen ardından Uydu Teknolojileri Grubu kurulmuştur. Daha sonra bir uluslararası ihaleye çıkılarak BiLSAT için teknoloji transferi ve altyapı sağlanmıştır. Bu proje çerçevesinde BiLSAT uydusu SSTL ile birlikte çalışılarak yapılmış, uydu yapım altyapısı sağlanmış, personel eğitilmiş ve kimi uydu parçalarının fikri mülkiyeti için kullanım hakkı elde edilmiştir. Yine bu proje çerçevesinde BiLSAT 23 Eylül 2003 tarihinde uzaya fırlatılmıştır. TÜBİTAK UZAY'ın tamamen kendi yetenekleriyle üreteceği ilk uydu olan RASAT'ın çalışmaları 2004 yılında başlamıştır. DPT'den kaynak sağlanmasıyla birlikte, çalışmalar hız kazanmıştır. Halihazırda RASAT uydusunun kimi kısımları tasarlanma aşamasında, tasarımı bitmiş kimi modülleri de üretim aşamasındadır. RASAT'ın 2008 yılında fırlatılması hedeflenmektedir. Bu hedef gerçekleştirildiğinde, 10 yıl içerisinde, bir kavram projesinden, Türkiye kendi uydusunu yapar duruma gelmiş olacaktır. Bunun yanında, her ne kadar BiLSAT bir eğitim ve deneme uydusu ise de, aldığı görüntülerden kullanıcıların yararlandırılması yoluna da gidilmiştir. Öncelikle akademik kullanıcıların görüntüleri kullanmaları hedeflenmiştir. Şu anda, uydu arşivi olduğu şekliyle tüm kullanıcılara açılmıştır ve kullanıcılar yaptıkları yayınlarda verilerin kaynağını belirtmek kaydıyla görüntüleri istedikleri gibi kullanabilmektedirler.

Anahtar Kelimeler: TÜBİTAK-UZAY, Uzay teknolojileri, küçük uydu, uzaktan algılama

TÜBİTAK-UZAY studies on Earth observation satellites and data dissemination policies

Abstract

Although studies of TÜBİTAK UZAY, formerly known as TÜBİTAK BİLTEN, on geographic information system and remote sensing started earlier, studies on satellite technologies was started on 1998 and immediately after that Satellite Technologies Group was founded. After that via an international tender, the necessary infrastructure for BiLSAT and technology transfer has been obtained. Within this project framework; BiLSAT satellite was designed and manufactured in cooperation with SSTL, infrastructure for satellite construction was obtained, engineers were trained and intellectual property rights were gained for some satellite sub-systems and components. Again within this framework, BiLSAT was launched on 23th September, 2003. The studies for the production of RASAT, which will be the first satellite to be manufactured totally by TÜBİTAK UZAY, using the capability in Turkey, was started in 2004. RASAT project gained speed with the finance provided from State Planning Department (DPT). At present, some parts of RASAT satellite are in design phase and some are in the production phase. RASAT is expected to be launched in 2008. After the realization of this target, Turkey will have reached to a position, capable of

*Yazışmaların yapılacağı yazar: Gökhan YÜKSEL.gokhan.yuksel@uzay.tubitak.gov.tr; Tel: (312) 210 13 10/1201.

building its own satellite from a concept project, in ten years. Furthermore; although BiLSAT is a training and experimentation satellite, use of imagery by users was one of the side benefits. The usage of images in academic community was preferred first. Currently, satellite image archive is open access of all users and images can be used freely, as long as the source of the images are specified in publications.

Key words: TÜBİTAK-UZAY, Space Technologies, small satellite, remote sensing

BiLSAT Projesi

TÜBİTAK UZAY, içinde elektronik sistem tasarımından iletişime, yazılım geliştirmeden güç elektroniğine, görüntü işlemeden tümdevre tasarımına, içinde bir uydunun yapılması için ihtiyaç duyulan bir çok teknolojiyi barındıran bir enstitü olmuştur. Bu yeteneklerin bir uydu yapılmasına yönlendirilmesi amacıyla ilk önçalışmalar 1998 yılında başlamıştır. Türkiye’de tasarım aşamasından üretim ve test aşamasına varacak bütün safhaları içeren bir uydu projesini gerçekleştirecek yeteneğe sahip olmak amacı ile BiLSAT projesi başlatılmıştır. Bu yeteneği kazanmak için, uluslararası bir ihale yapıлып, bu konuda bilgili bir firma ile beraber çalışma kararı alınmıştır. Bu amaçla gerekli hazırlıklar yapılarak uluslararası bir ihaleye çıkmıştır. Yapılan ihale Surrey Satellite Technology Limited (SSTL) şirketinde kalmıştır.

Proje, temel olarak aşağıdaki başlıkları içermektedir:

- BiLSAT uydusunun üretilmesi ve yörüngeye yerleştirilmesi (fırlatma)
- Fırlatma sigortası
- TÜBİTAK UZAY bünyesinde uydu üretimine yönelik altyapının kurulması (temiz oda ve gerekli teçhizat)
- SSTL sahipliğinde bulunan ve BiLSAT uydusunda kullanılacak kimi fikri mülkiyetin 10 yıl süreli kullanım hakkının elde edilmesi
- TÜBİTAK UZAY personelinin uydunun mühendislik modelinin yapılması yoluyla proje içerisinde aktif rol alması ve bu yolla teknoloji transferi

Bu amaçla, 15 kişilik bir ekip yaklaşık iki yıllığına olmak üzere, toplam 22 kişilik bir ekip çeşitli sürelerde Surrey şehrindeki proje çalışmalarına katılmıştır. Böylelikle, projeye katkısı bulunabilecek tüm personelin gerekli eğitim ve görgüyü almış olmaları sağlanmıştır.

Bunun dışında TÜBİTAK UZAY içerisinde uydu üretiminde kullanılmak üzere 1000 sınıfı bir temiz oda ve bir uydu yer kontrol istasyonu kurulmuştur. Temiz oda kapsamında ısıl test odası, katmanlı akış kabini, üretim için gerekli lehim istasyonları, çeşitli el aletleri, üretim tezgahları yer almaktadır.

Sözleşmede bulunan en önemli maddelerden birisi, SSTL tarafından BiLSAT uydusunda kullanılacak parçaların tamamının 10 yıl süreyle, TÜBİTAK UZAY tarafından ticari olmayan projelerde kullanım hakkının verilmesi olmuştur. Bir uydu yapımında daha önce denenmiş, uzayda uçmuş sistemlerin kullanılması uydu sektöründe oldukça önemlidir. Bu sayede TÜBİTAK UZAY, sonraki projelerinde riski kabul edilebilir noktada tutarak projeler geliştirebilecekti.

Bunun yanında, uydu üzerine yerleştirilecek iki adet faydalı yük de tamamen yurtiçinde yapılarak uyduya yerleştirilmiştir. Bunlardan birisi çok bantlı görüntüleyici olan ÇOBAN diğeri ise gerçek zamanda görüntü işleme yeteneğine sahip, JPEG 2000 formatında sıkıştırma yapan bir görüntü işleme kartı olan GEZGİNDİR. Bu proje içerisinde, bu sistemler tamamlanmış ve uzayda çalıştırılmışlardır. Halihazırda çalışır durumdadırlar.

TÜBİTAK UZAY yer gözlem uydusu çalışmaları ve görüntü temin politikaları

Daha sonra, BiLSAT uydusu 23 Eylül 2003 tarihinde Rusya'nın Plesetsk kentindeki fırlatma üssünden UK-DMC ve Nigersat uyduları ile birlikte fırlatılarak yörüngeye oturtulmuştur. Yörüngeye oturma işleminden sonra devreye alma (comissioning) aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada uydunun tüm alt sistemlerinin çalışırılığı test edilmiş, uydu yuvarlanma durumundan çıkarılarak, güneşe göre uygun şekilde konumlandırılmıştır. Bundan sonra uydunun normal çalışma aşamasına geçilmiştir.

BiLSAT halihazırda, Disaster Monitoring Constellation (DMC) adı verilen ve içinde İngiltere, Cezayir, Nijerya ve Çin'in yer aldığı bir takım uydu sisteminin bir üyesidir. DMC'nin ana fikri, benzer yörüngedeki bu uyduları uygun şekilde yerleştirerek, dünyanın her yerini günde en az bir kez görüntüleyebilmektir. Bu sistem sayesinde, bir afet halinde, en uygun durumdaki uydu ilgili alanı görüntülemekte ve görüntüler hızla ihtiyaç duyulan noktaya iletilmektedir. DMC, International Charter denilen uluslararası afet yardım kuruluşunun bir parçası olarak görüntüleri ücretsiz olarak sağlamaktadır.

BiLSAT uydusunun teknik özellikleri Tablo 1'de verilmektedir. Dikkat edildiğinde görülecektir ki, çokbantlı görüntüleyici özellikleri, Landsat TM görüntüleyicisinin ilk dört bandı ile spektral özellikler olarak aynı, yer çözünürlüğü olarak oldukça yakındır. Bu şekilde, alınan görüntülerin Landsat TM verisi kullanıcıları tarafından doğrudan kullanılması hedeflenmiştir.

Tablo 1. BILSAT uydusu özellikleri

Kütle	129kg
Yörünge	686km, güneş eşzamanlı
Stabilizasyon	3 eksen
Görüntüleyici	26.7 m MS (kırmızı,mavi,yeşil,NIR) 12.6 m PAN
İtki sistemi	Var
Faydalı yükler	ÇOBAN, GEZGİN, sakla-ilet iletişim

RASAT Projesi

BiLSAT'ın başarılı bir şekilde yörüngeye oturması ve rutin işletmeye geçmesi ile birlikte, TÜBİTAK UZAY, asıl hedefi olan yerli kaynakları kullanarak uydu yapma hedefine yönelmiştir. Bu amaçla bir kavramsal uydu projesi çalışılmış ve bu kavram yeni projenin finansmanının sağlanmasında kullanılmıştır.

Uydunun yapılması amacıyla kaynak yaratmak üzere DPT ile görüşmeler yapılmış ve bu görüşmeler sonucunda, fırlatma hariç olmak üzere, aşağıda özellikleri verilen RASAT uydusunun yapımı amacıyla, 4 yıllık bir süre için kaynak tahsis edilmiştir.

Uydunun tüm modülleri, yurtiçinde yapılacaktır. Ancak görüntüleyici, bu konunun dışında tutulmuş, temin yoluna gidilmiştir. Uydunun ve görüntüleyicinin özellikleri aşağıda verilmiştir:

Tablo 2. RASAT uydusu özellikleri

Tahmini Kütle	130 kg
Yörünge	700 km güneşe eş zamanlı
Stabilizasyon	3 eksenle kontrol
Görüntüleyici	7.5 m PAN, 15m mavi, kırmızı, yeşil
Faydalı yükleri	GEZGİN-2, BİLGE, ALP, X-Band Verici

Tablo 2’den de görüleceği üzere, RASAT uydusu, BiLSAT’dan daha yüksek çözünürlükte bir görüntüleyici taşımakla birlikte, uzaktan algılama çalışmalarında özellikle bitki izleme konusunda çalışanların çok kullandıkları, hatta olmazsa olmaz olan bir bant olan yakın kızılötesi bandı içermemektedir. Yapılan tüm çalışmalara, uğraşlara rağmen bu bandın görüntüleyiciye eklenmesi ekonomik nedenlerle mümkün olamamıştır. Yeni bir bandın eklenmesi durumunda, görüntüleyici tasarımı baştan sona değişmekte, bu da ihtiyaç duyulan bütçeyi oldukça arttırmaktadır. Bu nedenle görüntüleyicide bu banda yer verilememiştir.

Diğer Projeler

TÜBİTAK UZAY, ileriki uydularında kullanmak üzere, kendi teknolojisini geliştirmek amacıyla çeşitli uydu altsistemi projeleri üzerinde çalışmaktadır. Bu altsistemler, uydularda uygun risk almak koşuluyla denenecekler ve sonraki uydu projelerinin ana alt sistemleri haline geleceklerdir. Bu konuda çalışmak ayrıca, SSTL’den alınan altsistemlerin 10 yıl gibi kısıtlı bir süre ile kullanılabilir olması nedeniyle de zorunludur.

BİLGE (uydu bilgisayar sistemi)

Bu sistem halihazırda kullanılan 386 temelli bilgisayar sisteminin yerine geçmek üzere hazırlanmaktadır. Hem çeşitli uydu yazılımlarının koşacağı bir uydu bilgisayarı hem de veri depolama birimidir. Mevcut durumda BiLSAT’da veri depolama birimi ve uydu bilgisayarı iki ayrı (fiziksel olarak) birimdir. PowerQUICC II (TM) işlemci tabanlıdır. Üzerinde 16Mbit veya 32Mbit FLASH bellek bulunmaktadır. Bu bellekte bootcode çalıştırılır. BİLGE-uydu bilgisayarı modelindeki altsistemde SDRAM modülleri kullanılarak elde edilen 1Gbyte, 2Gbyte veya 4Gbyte veri kayıt belleği bulunmaktadır.

ALP (Akıllı Lityum Pil)

Uyduların enerji sistemleri, en kritik uydu sistemleri arasındadır. Bu nedenle, sistemin güvenilirliği garanti altına alınmalıdır. ALP sistemi ile, uydu için kullanılacak olan Lityum pillerin seçimi, şarj edilmesi ve boşaltılması ile ilgili bilgi ve sistem geliştirilmektedir. TÜBİTAK-UZAY tarafından geliştirilmiş, gerekli tüm doldurma ve boşaltma elektronik devrelerini de içeren, lityum Ion pil teknolojisine sahip pil bloğudur. 125 WattSaat/kg enerji yoğunluğuna sahip hücrelerden oluşmaktadır. %80’den daha yüksek verimliliğe sahiptir.

Yörünge hesaplayıcı

Uydu dan alınan koordinat verilerinin kullanılarak yörüngesinin tahmin edilmesi uydu operasyonları açısında oldukça önemlidir. Bu amaçla, yörünge tahmini yapma üzere bir yörünge hesaplayıcı geliştirilmiştir.

GEZGİN-2 (Gerçek zamanlı görüntü işleme kartı)

Uydu üzerindeki verilerin hızla sıkıştırılması ve iletme uygun hale getirilmesi, iletişim sisteminin en yüksek verimlilikle kullanılması açısından oldukça önemlidir. Daha önce BiLSAT üzerinde denenmiş olan GEZGİN sistemi, bu proje ile geliştirilerek daha gelişkin yeteneklerle donatılmaktadır. Bu sistem temel olarak DSP işlemcisi JPEG 2000 sıkıştırma yapmakta, sıkıştırma kayıplı ya da kayıpsız olacak şekilde seçilebilmektedir. Sistem çok yüksek sıkıştırma oranına sahiptir. GEZGİN Görüntü Sıkıştırma Sisteminin daha gelişmiş, yetenekli ve hızlı sürümü olarak nitelenebilir. JPEG2000 algoritması tamamen tümleştirilmiştir. Gerçek zamanda görüntü şifreleme yeteneği kazandırılmıştır. Gerçek zamanda görüntü ön-işleme (bulut saptama/giderme, bant dönüşümü, vb) işlemi yapabilmektedir. Görüntü işleme / sıkıştırma parametreleri kullanıcı tarafından yerden ayarlanabilir. Bu konuda ayrıntılı bilgi için İsmailoğlu vd. 2006, İsmailoğlu vd. 2005 ve İsmailoğlu vd. 2003 kaynaklarına başvurulabilir.

Görüntü arşiv ve işleme sistemi

Uydu görüntüleri alındıktan sonra kullanıcıya ulaştırılana kadar bir dizi işlemden geçmektedir. Bunların başında, alınan uydu verisinin içine eşlik eden meta verinin gömülmesi gelmektedir. Daha sonra veri çok yüksek olasılıkla format değişikliğine uğramakta ve gerekiyorsa, pul görüntü çıkarma, radyometrik ve geometrik düzeltme gibi işlemler uygulanabilmektedir. En son aşama ise verinin kullanıcıya sunulmasıdır. Bu amaçla NETCAD Yazılım Bilgisayar Hizmetleri Proje Müh.Ltd. Şti. ile yapılan bir anlaşma ile, ağ arayüzlü bir sistem ortaklaşa geliştirilerek kullanıcıların kullanımına açılmıştır.

X-Band İletişim sistemi

İletişim sistemi de uydunun veri toplama yeteneklerini belirleyen sistemlerden birisidir. Özellikle, uyduların gittikçe daha yüksek miktarda veri oluşturdukları dikkate alındığında, iletişim sisteminin başarımının önemi çok daha iyi anlaşılmaktadır. Bu projenin amacı, X-bandda çalışan, 100 MBPS hızında veri iletişimi sağlayan bir sistem geliştirilmesidir. Hızlı veri indirme ihtiyacını cevaplamak amacı ile tasarlanmıştır. Çalışma frekansı 8.23 GHz (ticari frekans) dir. Veri Hızı: 25/50/100 Mbps dir. Kullandığı modülasyon tipi QPSK/OQPSK dir. Güç isteri 28 V hattından beslenmek koşulu ile 55 W civarındadır. Daha fazla bilgi için Şen vd. 2003-1, Şen vd. 2004-1, Şen vd. 2004-2, Şen vd. 2003-2, Şen vd. 2003-3, Şen vd. 2003-4, Şen vd. 2003-5, Okan 2005 kaynaklarına başvurulabilir.

Personel

Halihazırda, TÜBİTAK UZAY'da, 27 Kasım 2006 tarihi itibarıyla, tam zamanlı olarak 120 araştırmacı, 31 teknik yardımcı personel ve 38 idari personel görev yapmaktadır. Uydu teknolojileri grubunda çalışan personel sayısı yirmidokuzdur. Bunların beşi, temiz oda ekibi (üretim ekibi) ve geri kalan yirmidördü araştırma ve tasarım ekibidir. Araştırma ve tasarım ekibinin mesleklere göre dağılımları Tablo 3'de verilmektedir.

Tablo 3. Uydu Teknolojiler Grubu araştırma ve tasarım personelinin mesleklerine göre dağılımı

Havacılık ve uzay müh.	5
Makine müh.	3
Elektrik müh.	11
Temel bilimler	2
Satınalma müh.	1
Bilgisayar müh.	1
İdari personel	1

Uydu Üretim Altyapısı

TÜBİTAK UZAY'da, yurtiçindeki olanakları da kullanarak, küçük ve orta büyüklükte uydu üretmek için gerekli altyapı büyük ölçüde bulunmaktadır. Uydu modüllerinin üretimi ve uydunun birleştirilmesi için daha önce bahsedilen bir 1000 sınıfı temiz oda bulunmaktadır. Yine uydu modüllerinin ve uydunun ısı döngü testlerini gerçekleştirmek için bir ısı döngü test odası mevcuttur. Ayrıca, ısıl vakum testlerin gerçekleştirilmesi için bir ısıl vakum test odası tedarik etmek amacı ile uluslararası bir ihale yapılmış ve ısıl vakum test odası üretimine başlanmıştır. Altyapı hazırlama çalışmaları sırasında en çok dikkat edilen hususlardan birisi, edinilen altyapının, yurtiçindeki başka bir yeteneği tekrar etmiyor olması olmuştur.

Hali hazırda TÜBİTAK UZAY binasında uydu üretimi ile ilgili aşağıda sayılan altyapı bulunmaktadır.

- Uydu parçaları üretimi ve montajı amaçlı 1000 sınıfı temiz oda.
- Laminar akış kabini
- Temiz oda vinci, 500kg kapasiteli
- Sıcaklık testlerini yapmak üzere ısıtma soğutmalı ısı döngü test odası
- Çeşitli büyüklüklerde ultrasonik temizleme banyoları
- Temiz odadaki uydunun testlerini oda dışından yapmakta kullanılan göbekbağı ve iletişim ortamını simüle eden teçhizat
- Elektronik sistemleri ve iletişim sistemleri tasarım ve imalatında kullanılan elektronik ölçüm aygıtları
- Temel testlerin yürütülmesi amacıyla kullanılan bir optik masa ve gerekli teçhizat

Hedeflerimiz

TÜBİTAK UZAY'ın uydu teknolojileri alanındaki temel hedefi, bu alanda Türkiye'yi kendi teknolojilerini geliştirebilir, kritik sistemlerin tamamını yerli yetenekler ile üretebilir hale getirmektir. Bu alanda ülke içinde öncü hale gelmek, projelere liderlik etmek, yeni teknolojiler geliştirmek, ağırlıklı olarak bilimsel uydu görevleri tasarlamak ve gerçekleştirmek de amaçlar arasında yer almaktadır,

Görüntü Temin Çalışmaları ve Politikalar

BiLSAT bir yer gözlem uydusu olmakla birlikte, uydunun ana varlık nedeni, teknoloji transferi ve bilimsel çalışmadır. Bu nedenle, kullanıcılara görüntü temin etme çalışmaları bir miktar geriden gelmiştir.

Uydu atıldıktan sonra öncelikli olarak, sistemin testleri yapılmış, ortaya çıkan sorunlar giderilmiştir. Daha sonra alınan uydu görüntüleri üzerinde, MTF belirlenmesive geometrik kalibrasyon gibi

çalışmalar TÜBİTAK UZAY içinde (Leloğlu vd. 2006), radyometrik kalibrasyon çalışmaları ise tüm DMC uyduları ile birlikte yapılmıştır (Friedrich vd. 2006).

Uydunun kullanıcılara veri sağlaması ile ilgili politika belirlenmesinde temel olarak, bu verilerin kamu kaynakları ile geliştirilmiş bir uydudan alındığı ve kamuya yararlı olması gerektiği akılda tutulmuştur. Ancak, gelebilecek büyük miktarda veri isteğinin karşılanamaması tehlikesi ve sistemin henüz denenmemiş olması nedeniyle, veriler herkese açılmamıştır. Öncelikle akademik kullanıcıların veriyi kullanması hedeflenmiştir. Bu amaçla bir şablon sözleşme hazırlanmıştır. Sözleşmenin özü, kullanıcının veri için ücret ödememesi, TÜBİTAK UZAY'ın bu sözleşmeyi imzalamakla veriyi garanti etmediği ve veri kullanılması ile ortaya çıkacak yayınlarda veri kaynağına atıfta bulunulması yer almaktadır.

Bu kapsamda bir kaç sözleşme ile kısıtlı sayıda kullanıcıya veri dağıtılmıştır. Ancak, daha önce de belirtildiği üzere, BiLSAT üzerinde koşulan deneyler ve testler nedeniyle, istenen verilerin tamamı karşılanamamıştır. Mevcut durumda, BiLSAT'ın güç sistemi ile ilgili ortaya çıkan bazı sorunlar nedeni ile bazı testler devam etmektedir, bu nedenle güncel görüntü talepleri kabul edilmemektedir.

Mevcut görüntülerin, ağ arayüzü üzerinden herkesin kullanımına açılması için çalışılmaktadır. Bu veriyi indirmek serbest olacak, yalnızca yapılan yayınlarda veri kaynağının belirtilmesi gerekecektir.

RASAT uydusu için de devreye alma aşamasından sonra benzer bir yaklaşım ile veri sağlanması düşünülmektedir. Veri ısmarlama öncelikle akademik kullanıcılar tarafından yapılabilecek ve ücretsiz olacaktır. Daha sonra, arşivin yine ücretsiz olarak tüm kullanıcılara açılması hedeflenmektedir. Bu yaklaşım, ülkemizin gelişmesine katkıda bulunmak yoluyla kamu yararını arttıracaktır.

Sonuç

Türkiye, uydu ve uzay teknolojileri konusunda çalışmalarını başlatmak açısından geç kalmıştır. İlk uydu çalışmaları TÜBİTAK UZAY'ın çalışmaları 1998 yılında başlamış ve o zamandan bu yana oldukça büyük bir yol katedilmiştir. Bu proje ile, ülkemizde uydu üretimi amaçlı bir altyapı kurulmuş, bilgi taşınımı sağlanmış hepsinden önemlisi personel yetiştirilmiş ve çarkları dönen bir sistem yaratılmıştır. Bunun yanında, ülkemizde uzay ve uydu konusunda farkındalık bugün 10 yıl öncesinde olmadığı kadar yüksek bir düzeydedir. Bu farkındalıkta BiLSAT projesi ve TÜBİTAK UZAY'ın önemli katkıları vardır.

TÜBİTAK UZAY, ülkemizin bu konuda ilerlemesi için üzerine düşen görevi, konuya mümkün olan en geniş katılımı sağlayarak ve yurtiçi yetenekleri geliştirerek gerçekleştirecektir.

Kaynaklar

- A., Okan, (2005). Feasibility Study on Thermal Survivability of X-Band Subsystem on RASAT Microsatellite, RAST 2005.
- Friedrich J., Leloğlu U.M., Tunalı Erol, (2006). Radiometric Camera Calibration of The BiLSAT Small Satellite: Preliminary Results, Topographic Mapping from Space (with Special Emphasis On Small Satellites) Workshop, Ankara, Türkiye.
- Friedrich J., Leloğlu U.M., Tunalı Erol, (2006). Geometric Camera Calibration of The BiLSAT Small Satellite: Preliminary Results, Topographic Mapping from Space (with Special Emphasis On Small Satellites) Workshop, Ankara, Türkiye.
- İsmailoğlu, N., Benderli, O., Yeşil, S., Sever, R., Okcan, B., Şengül, O., Öktem, R., (2006). GEZGİN & GEZGİN-2: Adaptive Real-Time Image Processing Subsystems for Earth-Observing Small Satellites, 1st

- NASA/ESA Conference on Adaptive Hardware and Systems (AHS 2006) Konferans Kitabı, İstanbul, Türkiye.
- İsmailoğlu, N., Benderli, O., Yeşil, S., Sever, R., Okcan, B., Şengül, O., Öktem, R., (2006). GEZGİN-2: An Advanced Image Processing Subsystem for Earth-Observing Small Satellites, Recent Advances in Space Technologies (RAST 2005) Konferans Kitabı, İstanbul, Türkiye.
- İsmailoğlu, N., Benderli, Korkmaz, I., O., Yeşil, S., Sever, Sunay, H., Kolçak, T., Tekmen, Ç., (2003). GEZGİN: A Case Study of a Real-time Image Processing Sub-system for Micro Satellites, Recent Advances in Space Technologies (RAST 2003) Konferans Kitabı, İstanbul, Türkiye.
- Leloğlu U.M., Tunalı Erol, (2006). On-Orbit Modulation Transfer Function Estimation for BILSAT Imagers, ISPRS Commission 1 Symposium: From Sensors to Imagery, Marne-la-Vallée, Paris, Fransa.
- Sen, Ö., Dudak, C., Nakiboğlu, B., (2003). A Two Stage Solid State Power Amplifier at X_Band for Satellite Communication, *WSEAS Transactions on Circuits*, **2**, 42-46.
- Sen, Ö., Sunay, H.K., İsmailoğlu, N., Kırılmaz, T., Dudak, C., (2004). Data Rate X-band transmitter For Low Earth Orbit Satellites, Symposium on Small Satellite Systems & Services (4S), La Rochelle, France.
- Sen, Ö., Sunay, H.K., İsmailoğlu, N., Kırılmaz, T., Dudak, C., (2004). A High Data Rate X-band Transmitter with an Efficient Solid State Power Amplifier. Microwave Technology and Techniques Workshop Preparing for Future Space Systems, organized by European Space Agency, ESA, Noordwijk, Hollanda.
- Sen, Ö., Dudak, C., Nakiboğlu, B., (2003). A Two Stage Solid State Power Amplifier at X_Band for Satellite Communication, RAST 2003 Conference, Istanbul, Türkiye.
- Sen, Ö., Sunay, H. K., Dudak, C., (2003). An X Band Transmitter for Satellite Communication, RAST 2003 Conference, Istanbul, Türkiye.
- Sen, Ö., Dudak, C., Nakiboğlu, B., (2003). A Solid State Power Amplifier at X-Band for Satellite Communication", WSEAS International Conference, Crete, Yunanistan.
- Sen, Ö., Dudak, C., Nakiboğlu, B., (2003). A High Efficiency Power Amplifier at X-Band for Satellite Communication", 21st AIAA International Communications Satellite Systems, Conference & Exhibit, Yokohama, Japonya.