

UZAKTAN ALGILAMA AMAÇLI UYDU SİSTEMLERİNDEKİ SON GELİŞMELER (RECENT DEVELOPMENTS AT THE REMOTE SENSING SATELLITE SYSTEMS)

Mustafa ERDOĞAN
Halil AKDENİZ

ÖZET

1980’li yılların sonlarında elektronik ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmelerin fotogrametri ve uzaktan algılama alanındaki yansımaları sayısal görüntü kavramının doğmasına neden olmuştur. Çok yönlü olan bu gelişmeler, özellikle uyduların doğrudan sayısal görüntü almalarını desteklemiştir. Sayısal görüntüler ve uydu sistemlerinin yoğun kullanımı, görüntülerin depolanması, işlenmesi, yörünge modellemeleri gibi bazı sorunları da birlikte getirmiştir. XXnci ISPRS Kongresinde, yeni uydu sistemleri, bunların kullanım alanları ve yapılan testler hakkında yoğun araştırmaların yapıldığı gözlenmiştir.

ABSTRACT

Developments at the electronic and computer technology in the late of 1980s result in the digital imagery concept to the photogrammetry and remote sensing community. Digital image acquisition of the satellites is supported by these developments. Intense usage of digital imagery and satellite systems causes some problems such as the storage and processing of digital imagery, orbital modeling etc. A number of research are presented at XXth ISPRS Congress on the new satellite systems, their usage and performed testes.

1. GİRİŞ

Son yıllarda değişik geometrik özelliklerde yüksek çözünürlüklü birçok uydu sistemi kullanıma girmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler tarafından yoğun ilgi gösterilen ve kullanılan düşük maliyetli ve özel amaçlı küçük uydu sistemlerinin sayısının arttığı gözlenmektedir. Bu tür uydular da haritacılık alanında kullanılabilmektedir. /11/. Yeni uydu sistemlerinde algılayıcı ve kamera bilgilerinin sunumu konusunda yaşanan sorunlar araştırmacıları özel yörünge ve kamera modelleme konularında çalışmalar yapmaya yönlendirmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda algılayıcı sistemden bağımsız geometrik modellerin geliştirilmesi konusunda büyük ilerlemeler sağlanmıştır. Artan konumsal, zamansal, radyometrik ve spektral çözünürlüğe paralel olarak, yeryüzü kaynaklarının etkin kullanımını, doğal afetlere karşı önlem almayı sağlayacak ve gerçek zamanlı veri üretimini mümkün kılacak sistemlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Sayısal Yükseklik Modellerinin (SYM) farklı disiplinlerde değişik amaçlarla kullanımı, bu verilerin daha kaliteli, daha hızlı ve daha ekonomik üretimi için çeşitli yöntem ve sistemlerin geliştirilmesini sağlamıştır. Uydu sistemlerinin bu amaçla kullanımı konusunda araştırmalar yapılmaktadır. Bu çalışmada, söz konusu araştırmalar hakkında özet bilgiler verilerek uydu sistemlerinin sınıflandırılması ve bazı uyduların özellikleri sıralanıp kullanıcılara yol göstermek hedeflenmiştir. Bu amaçla ikinci bölümde uzaktan algılama algılayıcı sistemleri ve uydu görüntüleri hakkında bilgi verilmekte, üçüncü bölümde optik algılayıcı görüntüleri, dördüncü bölümde radar algılayıcı görüntülerinin özellikleri açıklandıktan sonra beşinci bölümde sonuçlar verilmektedir.

2. UZAKTAN ALGILAMA UYDU GÖRÜNTÜLERİ

Dünya çevresinde farklı kullanım amaçlarına yönelik; farklı teknik özellik ve çözünürlükte uydu sistemleri mevcuttur. Günümüzde haritacılık ve uzaktan algılama alanında yoğun olarak kullanılan uydu sistemleri ve özellikleri Tablo-1’de sunulmuştur. Bu uydu sistemlerinin konumsal çözünürlükleri çoğunlukla 1 km ile 1 metre, radyometrik çözünürlükleri 3 bit ile 12 bit ve zamansal çözünürlükleri 1 gün ile 40 gün arasında değişmektedir.

Tablo-1: Uydu Sistemleri ve Özellikleri

| UYDU | TARİH* | ALGILAYICI TİPİ | ÇÖZÜNÜRLÜK | | | ŞERİT GENİŞLİĞİ** (km) |
|------------------------------|---------------------------|---------------------------|------------------|-------------------|----------------|------------------------|
| | | | Konumsal (metre) | Radyometrik (bit) | Zamansal (gün) | |
| ALOS (NASDA) | 2004- | PALSAR | 10-100 | 3 bit/5 bit | - | 20-350 |
| | | PRISM | 2.5 | 8 bit | - | |
| | | AVNIR-2 | 10 | 8 bit | - | |
| ALSAT-1 (Cezayir) | 2002- | Multispektral | 32 | 8 bit | 4 | 600 |
| ASTER/ TERRA (METI& NASA) | 1999- | ASTER | 15 | 8 bit | 48 (16) | 60 |
| | | | 30 | 8 bit | 48 (16) | 60 |
| | | | 90 | 12 bit | 48 (16) | 60 |
| MODIS/ TERRA (METI&NASA) | 1999- | MODIS | 250 | 8 bit | 1-2 | 2330 |
| | | | 500 | 8 bit | 1-2 | 2330 |
| | | | 1000 | 8 bit | 1-2 | 2330 |
| BİLSAT-1 (TÜBİTAK - BİLTEM) | 2003- | Pankromatik Multispektral | 12 | 8 bit | 5 (116) | 25 |
| | | | 26 | 8 bit | 4 (52) | 55 |
| ENVİSAT (ESA) | 2002- | ASAR | 12.5-75 | 8 bit | 3 | 54-400 |
| | | MERIS | 300 | | | |
| ED-1 (NASA) | 2000- | ALI | 10-30 | 12 bit | 16 (7-9) | 37 |
| | | HYPERION | 30 | 12 bit | 16 (7-9) | 7.7 |
| EROS-A1 (Image Sat) | 2000- | Pankromatik | 1.8/0.9 | 11bit | 1.8-4 | 12.5/6 |
| ERS-1/2 (ESA) | 91-00/ 94- | SAR Image Mode | 30 | - | 3-35 | 100 |
| IKONOS (Space Imaging) | 1999- | SAR | 18 | 3 bit | 44 | 75 |
| | | Pankromatik | 1 | 11 bit | 3.5-5 | 11 |
| | | Multispektral | 4 | 11 bit | 3.5-5 | 11 |
| IRS-1C/D (ISRO Hint.) | 1995- / 97- | Pankromatik | 5.8 | 6 bit | 24/25 | 70.5 |
| | | LISS-III | 23 | 7 bit | 24/25 | 141 |
| | | LISS-III | 70 | 7 bit | 24/25 | 141 |
| | | WIFS | 188 | 7 bit | 24/25 | 812 |
| IRS-P6 (ISRO Hint.) | 2003- | LISS-III | 24 | 7bit | 24 | 140 |
| | | LISS-IV | 6 | 7bit | 5 | 24/70 mono |
| | | WIFS | 60 | 10bit | 24 | 740 |
| JERS-1 (Japonya NASDA) | 1992-99 | OPS | 18 | 6 bit | 44 | 75 |
| | | OPS | 18 | 6 bit | 44 | 75 |
| KOMSAT-1 (G.Korea KARI) | 1999- | EOC OSMI (ocean) | 6.6 | 8 bit | - | 17 800 |
| LANDSAT - 1/2/3 (NASA-EOSAT) | 1972-78/ 1975-82/ 1978-83 | MSS | 80 | 8 bit | 18 | 180 |

* Uydunun faaliyete geçtiği ve kullanım dışı kaldığı yıllar (Örnek; 1972-78: 1972 yılında faaliyete geçmiş ve 1978 yılında kullanım dışı kalmış; 1999- : 1999 yılında faaliyete geçmiş ve halen faal)

** Uydu görüntüsünün geçiş izine dik yönde yeryüzünde kapsadığı alan

| UYDU | TARİH | ALGILAYICI | ÇÖZÜNÜRLÜK | | | ŞERİT GENİŞLİĞİ (km) |
|----------------------------------|-------------------------------|---------------|----------------------|-------------------|----------------|--------------------------|
| | | | Konumsal (metre) | Radyometrik (bit) | Zamansal (gün) | |
| LANDSAT-4/5 (Space Imaging) | 1982-87/ 1984- | TM | 30 | 8 bit | 16 | 183 |
| | | TM | 30 | 8 bit | 16 | 183 |
| | | TM | 120 | 8 bit | 16 | 183 |
| LANDSAT -7 (NASA) | 1999- | Pankromatik | 15 | 8 bit | 16 | 185 |
| | | ETM | 30 | 8 bit | 16 | 185 |
| | | ETM | 60 | 8 bit | 16 | 185 |
| NIGERIASAT-1 (NIGERIA) | 2003- | Multispektral | 32 | - | - | 600 |
| ORBVIEW -3 (ORBIMAGE) | 2003- | Pankromatik | 1 | 11 bit | 8 | 8 |
| | | Multispektral | 4 | 11 bit | 8 | 8 |
| RADARSAT -1 (CSA) | 1995- | SAR | 8-100 | - | 3-35 (24) | 50-500 |
| RADARSAT-2 (CSA-MDA) | 2003- | SAR | 3-100 | - | 3-35 (24) | 20-500 |
| SAC-C (Arjantin) | 2000- | MMRS | 175 | - | 9/7 | 360 |
| | | HRTC | 35 | - | 16 | 90 |
| | | HSTC | 250 | - | 2 | 1000 |
| SeaStar (ORB- IMAGE NASA) | 1997- | SeaWifs | 4500 GAC 1100 LAC | 10 bit 10 bit | 1 | 150200 GAC 280100 LAC |
| SPIN-2 ve Mekikler (Rusya) | 88/95 Periyodik | MK-4 | 15,8,15 | - | 8 | 150 |
| | | KVR-1000/DKI | 2-1 | - | - | 40 |
| | | TK-350 | 10 | - | - | 200 |
| SPOT-1/2/3 (CNES/ SPOT) | 1986- / 1990- / 1993-96 | HRV-PAN | 10 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| | | HRV | 20 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| SPOT-4 (CNES/ SPOT) | 1998- | HRV-PAN | 10 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| | | HRVIR | 20 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| | | HRVIR | 20 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| | | Vegetation | 1000 | 4/8 bit | 1 | 2200 |
| SPOT-5 (CNES/ SPOT) | 2002- | HRS-PAN | 10 | 8 bit | 1-4(26) | 120 |
| | | HRG-PAN | 2.5-5 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| | | HRG | 10 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| | | HRG | 20 | 8 bit | 1-4(26) | 60 |
| | | Vegetation | 1000 | 4/8 bit | 1 | 2250 |
| QUICKBIRD-2 (Digital Globe) | 2001- | Pankromatik | 0.61-0.73 | 11 bit | 3.5 | 16.5 |
| | | Multispektral | 2.5-2.9 | 11 bit | 3.5 | 16.5 |

Uzaktan algılama amacıyla kullanılan algılayıcıları genel olarak; optik ve radar olmak üzere iki ayrı sınıfta toplamak mümkündür. Optik ve radar algılayıcılar ile bu algılayıcılardan elde edilen görüntülerin özellikleri sırasıyla üçüncü ve dördüncü bölümlerde verilmektedir.

3. OPTİK ALGILAYICI SİSTEMLER

Uydu üzerine yerleştirilen tarayıcı ve algılayıcı sistemler yardımı ile yeryüzünün tamamı veya bir bölümünü görüntülemeye yarayan, elektromanyetik spektrumun optik dalga boyları bölümünde faaliyet gösteren algılayıcılardır. Farklı konumsal çözünürlüklerde dört optik algılayıcı uydu görüntüsü Şekil-1'de gösterilmiştir. Optik algılayıcılardan elde edilen görüntüler çözünürlüklerine göre üç sınıfta değerlendirilebilir:

- Düşük çözünürlüklü uydu görüntüleri,
- Orta çözünürlüklü uydu görüntüleri,
- Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri.



LANDSAT TM (30 metre)



SPOT Pan (10 metre)



KVR1000 (2 metre)



IKONOS (1 metre)

Şekil-1: Farklı Konumsal Çözünürlükte Optik Uydu Görüntüleri /12/

a. Düşük Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri

Konumsal çözünürlüğü 250 m ile birkaç km arasında değişen; kıta, ülke, eyalet, bölge gibi çok büyük alanların incelenmesi, bölgesel ve çevresel olayların görüntülenmesi, 1:500.000 ve daha küçük ölçekli haritaların üretilmesi, iklim ve meteorolojik olayların gözlenmesinde kullanılan uydu görüntüleridir. Bu gruba giren uydu görüntüleri genellikle çok bantlı (multispektral) algılayıcılardan alınan görüntüler şeklinde olup, örnek olarak GOES, SEASAT, ENVISAT, METEOSAT, NOAA-AVHRR, TIROS, NIMBUS, GMS, MOS ve MODIS görüntüleri sayılabilir /10/. 300 metre çözünürlüklü örnek bir Envisat uydu görüntüsü Şekil-2’de gösterilmiştir.



Şekil-2: Envisat Uydu Görüntüsü (300 metre)

b. Orta Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri

Konumsal çözünürlükleri 10 m ile 250 m arasında değişen, pankromatik ve multispektral algılayıcılar ile analog kamera sistemlerinden alınan, 1:50.000 ile 1:250.000 arası ölçeklerde topoğrafik harita üretimi ve revizyonunda kullanılan, arazi bitki örtüsünün sınıflandırma verilerini elde etmeye yarayan uydu görüntüleridir. Bu gruba giren görüntülere örnek olarak, LANDSAT, SPOT, RESURS-01 (MSU-SK), IRS-1C (WIFS), MOMS-01/02, KFA-1000, TK-350, HIROS gibi uydu görüntüleri verilebilir /10/.

Bu tür uydu görüntüleri geniş alanları kapsamaları, fiyatlarının ucuz olması ve spektral çözünürlüklerinin yüksek olması nedeniyle, özellikle çevre araştırmalarında yoğun olarak kullanılmaktadır. Zonguldak civarında kömür üretim artıklarının toprak kullanımına etkisi üzerine yapılan bir çalışmada LANDSAT uydu görüntüleri kullanılmıştır. Sınıflandırma sonuçları IKONOS görüntüleri ile birleştirilmiş ve yapılan değerlendirmede 1992-2000 döneminde kömür ve kömür atık alanlarının yaklaşık iki kat büyüdüğü tespit edilmiştir /1/.

Küçük ölçekli harita üretiminde de kullanılan bu uydu görüntülerinin yöneltme işlemlerinde çok sayıda yer kontrol noktasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu gruba giren uydu görüntülerinin blok halinde, az sayıda yer kontrol noktası ile yöneltilebilmesi için de çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Harita Genel Komutanlığınca yapılan bir çalışmada, stereo SPOT uydu görüntülerinin “aynı geçiş kısıtları” kullanılarak blok şeklinde yöneltmesiyle elde edilen doğruluklar araştırılmış ve Kongrede sunulmuştur /6/. Bu gruba dahil olan ve özelliği bulunan LANDSAT ve SPOT uydu görüntü özellikleri aşağıda açıklanmıştır.

(1) LANDSAT Uydu Görüntüleri

LANDSAT uydusu yeryüzü kaynaklarını araştırılmak temel amacıyla 1972 yılında fırlatılmıştır. 1975 yılında LANDSAT-2, 1978’de LANDSAT-3, 1982’de LANDSAT-4 ve 1984’de LANDSAT-5 uzaya gönderilmiştir. 5 Ekim 1993’de fırlatılan LANDSAT-6 yörüngeye yerleştirme esnasında yaşanan sorunlar nedeniyle hiç kullanılamamıştır. Son olarak 15 Nisan 1999’da yörüngesine yerleştirilen LANDSAT-7 uydusu, 6 bandda 30 m, pankromatik bandda 15 m, yakın ve orta kızılötesi bandda ise 60 m ayırma gücüne sahip görüntüler sağlamakta olup, yörünge yüksekliği 705 km ve kolon genişliği 185 km.dir /10/. LANDSAT-5 ve LANDSAT-7 uydusuna ait örnek görüntüler Şekil-3’de gösterilmiştir.



LANDSAT-5 (30 metre)



LANDSAT-7 (30 metre)

Şekil-3: LANDSAT Uydu Görüntüleri

(2) SPOT 1,2,3 ve 4 Uydu Görüntüleri

İlk SPOT (SPOT-1) uydusu 8 22 Şubat 1986'da fırlatılmış olup, 21 Ocak 1990'da fırlatılan SPOT-2 gibi hala faal olan bir sistemdir. SPOT-3 26 Eylül 1993'de fırlatılmış ve 1998 yılında ömrünü tamamlamıştır. SPOT-4 1998 yılında uzaya gönderilmiş olup halen faal durumdadır. Bu uydularla 10m konumsal çözünürlükte pankromatik, 20m konumsal çözünürlükte multispektral görüntüler elde edilmektedir (Şekil-4). Uydunun yerden yüksekliği yaklaşık 830 km, uydu görüntülerinin kapsadığı alan 60 km x 60 km dir /10/.



Pankromatik (10 m)

Multispektral (20 m)

Şekil-4: SPOT Uydu Görüntüleri

c. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri

Uzaysal çözünürlükleri 0.5 m ile 5 m arasında olan, pankromatik ve multispektral algılayıcılar ile analog kamera sistemlerinden alınan uydu görüntü verileridir. Bu uydu görüntülerinin mevcut durum itibariyle 1:10.000-1:50.000 arası ölçeklerde topoğrafik harita üretimi ve revizyonunda sorunsuz olarak kullanılması olanaklı görülmekle beraber, bazı ek bilgilerle 1:2.000-1:5.000 ölçekli harita üretiminde de kullanılması yönünde araştırmalar yapılmaktadır /10/. Bu gruba giren uydu sistemleri ve konumsal çözünürlükleri Tablo-1'de gösterilmiştir.

Yüksek çözünürlüklü görüntü alan ticari uyduların sayısının artmasıyla birlikte, bu görüntüler hakkında yapılan çalışmalar ve kullanım alanları da artmıştır. Kadastral bilgilerin güncellenmesi için ile yapılan bir çalışmada QUICKBIRD uydu görüntüleri 1:4.500 ölçekli hava fotoğraflarından üretilen ortofoto ile karşılaştırılmış ve yatayda ± 0.82 m doğruluğa ulaşılmıştır. Ürün /2/. Yapılan diğer bir çalışmada, hızlı ve verimli bir ortorektifikasyon işlemi için hassas bir yörünge modelini kollokasyon tekniği ile hesaplayan ve ortorektifikasyonu küçük görüntü parçacıkları halinde gerçekleştiren bir yöntem geliştirilmiştir. Yöntem SPOT-5 ve QUICKBIRD uydu görüntüleri üzerinde test edilmiş, SPOT-5 için ± 5.06 m ve QUICKBIRD için ± 1.12 m doğruluk elde edilmiştir /3/.

26 Haziran 2003 tarihinde fırlatılan Orbview-3 uydu görüntüleri ile ilgili çeşitli araştırmaların yapıldığı görülmektedir. Sistemin MTF* (Modulation Transfer Function) ölçümleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir /9/. Bu sonuçlar daha kaliteli görüntü alımı ve sunumu için kullanılacaktır. Bu sistemin kısa bir süre içerisinde aktif olarak kullanılmaya başlaması beklenmektedir.

Stereo IKONOS uydu görüntüleri için yapılan doğruluk testi çalışmasında, yaklaşık 1 m doğruluklu bir sayısal yükseklik modeli (SYM) kullanılarak yatayda ± 0.95 m ve düşeyde ± 0.55 m doğruluk elde edilmiştir /4/. Diğer bir çalışmada ise, farklı algoritmalarla IKONOS ve QUICKBIRD uydu görüntülerinin üç boyutlu konumlama doğruluğu test edilmiş, iyi bir kamera ve yörünge modellemesi ve lazer SYM'si kullanılarak yatayda $\pm 0.5-0.8$ m ve düşeyde herhangi bir düzeltme yapmadan otomatik eşleme ile arazi yapısına bağlı olarak $\pm 1-5$ m arası doğruluklara ulaşılabileceği belirtilmiştir /5/. Benzer bir çalışma Harita Genel Komutanlığınca gerçekleştirilmiş, QUICKBIRD ve stereo IKONOS uydu görüntülerinin doğruluk testi yapılmıştır. Farklı SYM ve yer kontrol noktaları kullanılarak üretilen ortofotolar üzerinden alınan nokta koordinatları arazide GPS ölçüleri ile bulunan nokta koordinatları ile karşılaştırılmış, IKONOS uydu görüntüsünde yatayda ± 1.49 m ve QUICKBIRD uydu görüntüsünde yatayda ± 1.20 m doğruluğa ulaşılmıştır /8/.

Yüksek radyometrik ve konumsal çözünürlükleri nedeniyle bu uydu görüntüleri otomatik detay tespiti konularında yoğun şekilde kullanılmaktadır. Yüksek radyometrik çözünürlük, koyu veya açık renk ve gölgede kalan görüntü alanlarından da veri çıkarılmasına olanak sağlamaktadır. Bununla ilgili çeşitli algoritmalar geliştirilmekte ve araştırmalar devam etmektedir.

(1) IKONOS Uydu Görüntüleri

IKONOS uydusu 1997'de uzaya fırlatılmış ancak ilk denemesi başarısızlıkla sonuçlanmıştır. 24 Eylül 1999'da Space Imaging firması tarafından uzaya yerleştirilen IKONOS-1 uydusu pankromatik modda 1 m, multispektral modda 4 m çözünürlüğe sahiptir. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin ilk başarılı denemesi olan IKONOS uydu görüntüleri; pek çok ülkede kamu, özel, sivil ve askeri kuruluşlar tarafından yaygın şekilde kullanılmaya başlamış, uydu görüntülerine olan ilginin artmasına yol açmış, büyük çaplı harita üretim projeleri ve planlamalarda uydu görüntülerinin de göz önüne alınması ile yeni bir dönemin başlamasına neden olmuştur.

Uydunun, eğik alımda görüntü yinleme aralığı 1-3 gün, normal (dik, düşey, nadir gözlem) alımda görüntü yinleme aralığı ise 14 gündür. Normal alımda 700 km enindeki şerit içinde 1m, eğik alımda 1450 km enindeki şerit içinde 1.5 m çözünürlükte görüntüler alabilmektedir. Bir görüntünün arazide kapladığı alan ortalama 11 km x 11 km olup, dünya çevresinden bir kez geçişte 10.000 km² lik bir alanın görüntüsü alınabilmektedir. IKONOS uydusu ile, uydu yörüngesi boyunca veya yan yana iki yörünge geçişi ile stereo görüntü alımı olanaklıdır. İki temel ürün yanında, IKONOS uydusunun pankromatik (1 m) ve multispektral (4 m) görüntüleri birleştirilerek, 1 m çözünürlüğe sahip renklendirilmiş görüntüler elde edilebilmektedir (Şekil-5).

* MTF, elde edilen görüntünün keskinliğini (kontrast, netlik vb.) tanımlayan ölçütlerden biridir



Şekil-5: IKONOS Uydu Görüntüsü

(2) QUICKBIRD Uydu Görüntüleri

QUICKBIRD uydusu, Digital Globe firması tarafından 18 Ekim 2001'de, Kaliforniya'daki Vandenberg Hava Kuvvetleri'nde bulunan Boeing Delta II fırlatma aracından fırlatılmıştır. Pankromatik görüntülerin çözünürlüğü normal alımda 0.61 m, nadirden 25° eğim açısı ile eğik alımda 0.72 m dir. Multispektral görüntülerin çözünürlüğü ise, normal alımda 2.44 m, 25° eğim açısında 2.88 m dir. Bir QUICKBIRD uydu görüntüsünün arazide kapladığı alan (tarama alanı) 16.5 km x 16.5 km dir.

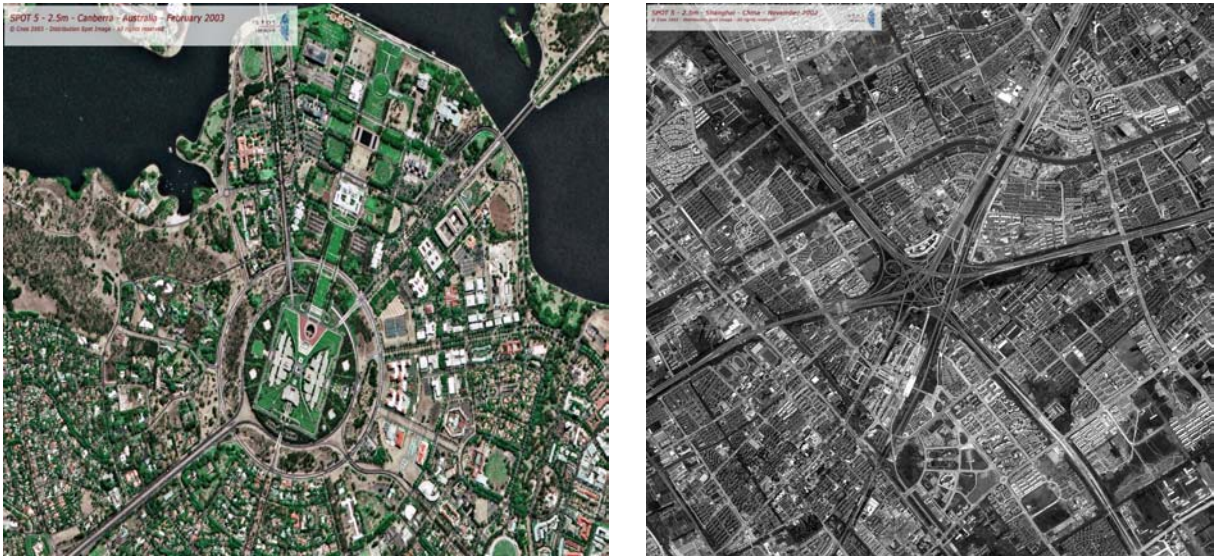
QUICKBIRD bir metrenin altında konumsal çözünürlükte veri toplayabilen ilk ticari uydudur. Günün herhangi bir saatinde dünyanın herhangi bir yerine ait görüntülerin alımı olanaklıdır. Bir günde yaklaşık 900 adet görüntü alımı yapılabilmekte ve yaklaşık 137 GByte veri toplayabilmektedir. QUICKBIRD uydusundan elde edilen görüntü türleri; pankromatik, multispektral ve zenginleştirilmiş (pan-sharpened) görüntülerdir. QUICKBIRD uydusunun multispektral algılayıcısı dört ayrı renkte görüntü almaktadır. Zenginleştirilmiş görüntüler olarak doğal renkli (RGB; red, green, blue; kırmızı, mavi, yeşil) veya renkli kızılötesi (NIR-R-G; near infrared-red-green; yakın kızılötesi-kırmızı-yeşil) görüntüler alınabilmektedir. QUICKBIRD uydusuna ait örnek görüntüler Şekil-6'da gösterilmiştir.



Şekil-6: QUICKBIRD Uydu Görüntüleri

(3) SPOT-5 Uydu Görüntüleri

4 Mayıs 2002’ de Guyana Uzay Merkezi’nden Ariane-4 roketi ile uzaya fırlatılan ve SPOT-1,2,3,4 uydularının devamı niteliğinde olan SPOT-5 uydusu, güneş senkronizasyonlu yörüngeye sahip bir Fransız uydusudur. Uydu yörüngesinin yüksekliği ortalama 822 km, yörünge eğiklik açısı 98.7° , uydu ömrü 5 yıldır. Uydu dünya çevresinde 1 turunu 101.4 dakikada tamamlar, yörünge periyodu 26 gün olup, bu süre sonunda sonra tekrar aynı noktaya gelir. Uydu 2 adet 5 m çözünürlüklü pankromatik, 3 adet 10 m çözünürlüklü multispektral ve 1 adet 20 m çözünürlüklü kısa dalga kızıl ötesi algılayıcıya sahiptir. Pankromatik algılayıcıdan elde edilen 5 m çözünürlüğe sahip görüntünün ilave bazı yazılımlarla 2.5 m çözünürlüğe örneklenmesi yeteneğine de sahiptir (Şekil-7).



Şekil-7: SPOT-5 Uydu Görüntüleri

Bir görüntünün arazide kapladığı alan 60 km x 60 km ile 60 km x 80 km arasında değişmektedir. Kontrol noktası olmaksızın uydu konumlama doğruluğu 50m civarındadır. Uydu programlaması yapılarak kullanıcı isteklerine uygun şekilde görüntü alınabilir. Enleme bağlı olarak, eğik gözlemle bir yerin tekrarlı görüntüsü 1-4 gün içerisinde alınabilmektedir. Uydu yörüngesi boyunca veya yan yana iki yörünge geçişi ile stereo görüntü alımı olanaklıdır. İki görüntü alımı arasındaki zaman farkı yaklaşık 90 saniyedir. Uydu algılayıcısı arazi üzerinde 60 km x 120 km' lik bir alanı aynı anda görüntüleyebilmektedir. Stereo görüntüleme yapabilmek amacıyla; öne, arkaya ve nadir doğrultusunda olmak üzere uyduda mevcut 3 algılayıcı ile aynı anda 3 ayrı görüntünün alımı olanaklıdır /13/.

SPOT-5 uydu görüntüleri; coğrafi bilgi sistemi oluşturulması, askeri uygulamalar, savunma hizmetleri, tarım, ziraat, haberleşme ağları, kentsel planlama, çevresel olayları izleme, orta ölçekli topoğrafik harita ve ortofoto üretiminde kullanılmaktadır.

(4) KVR-1000 Uydu Görüntüleri

KVR-1000 uydu görüntüleri; yüksek çözünürlüğe sahip kamera ile alınan, film tabanlı, 18cm x 18cm boyutunda ve arazide 40 km x 40 km alan kaplayan, yalnızca pankromatik (siyah-beyaz) olarak üretilen, 2 m çözünürlüğe sahip Rus uydu görüntüleridir (Şekil-8). Bu görüntüler pozitif film, negatif film veya kağıt çıktı şeklinde basılmakta, son yıllarda taranmak suretiyle TIFF formatında CD'ler üzerine yüklenerek sayısal formda kullanıcılara sunulmaktadır. Diğer Rus uydu görüntüleri gibi KVR-1000 verileri de, yaygın bir pazarlama ağına ve geniş bir kullanım alanına sahip değildir. Bu kamera görüntüleri, yeryüzünden ortalama 200 km yükseklikteki yörüngede hareket eden Rus askeri uydusu olan SPIN-2 uydusundan alınmaktadır. Stereo görüntü alma yeteneğine sahip değildir /10/.



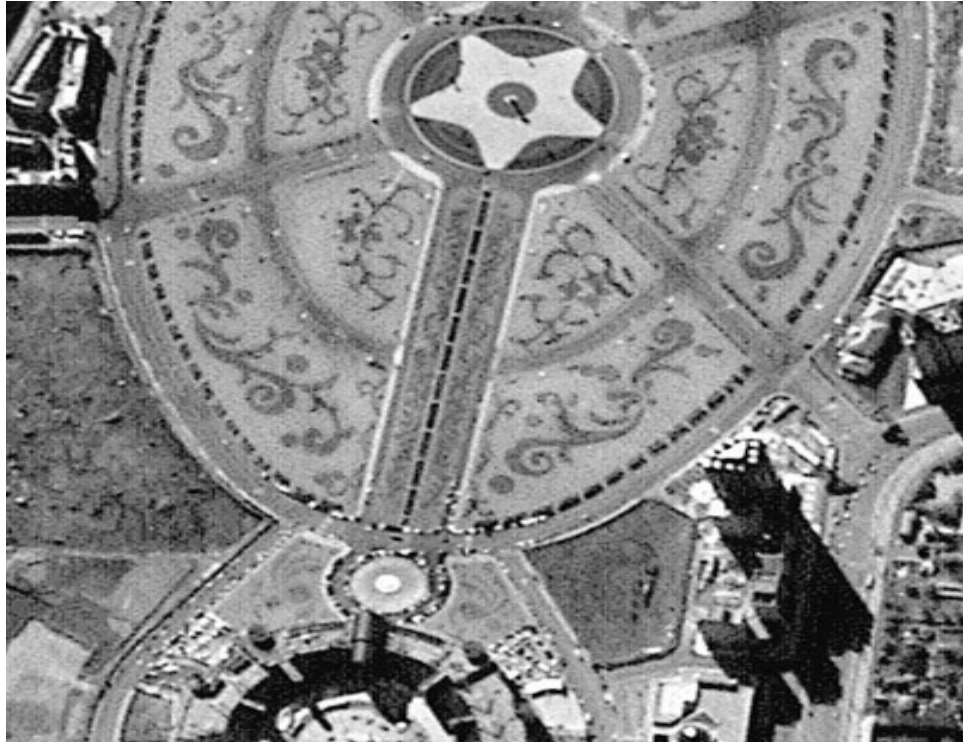
Şekil-8: KVR-1000 Uydu Görüntüsü

Uydunun yakıt ve film boyu sınırlaması nedeniyle, uzaydaki bir uçuş görevi 45 gün sürmektedir. Bazı teknik sınırlamalar ve finansman sorunları nedeniyle, dünyanın her yerine ait görüntüler alınmamaktadır. KVR-1000 uydu görüntülerinin ortalama ölçeği 1:220.000 olup, ideal olarak 1:50.000 ve daha küçük ölçekli topoğrafik harita üretiminde sorunsuz olarak kullanılabilir. Kontrol noktası kullanılmaksızın harita projeksiyonu ve görüntü-harita çakıştırması yapılmış görüntülerin doğruluğu 20-25 m, kontrol noktası ve sayısal arazi

modeli verileriyle birleştirilmiş görüntülerin doğruluğu ise 2-5 m arasında değişmektedir. KVR-1000 uydu görüntüleri; topoğrafik harita üretimi, GIS uygulamaları ve kadastral çalışmalarda kullanılmaktadır /10/.

(5) EROS A/B Uydu Görüntüleri

EROS A/B uyduları, İsrail Havacılık Endüstrisi ve Core Yazılım Teknolojileri tarafından 1998-2003 yılları arasında 7 uydunun uzaya fırlatılmasını amaçlayan yüksek duyarlıklı bir uydu sistemi projesidir. Proje kapsamında, EROS A uydularının görüntü çözünürlükleri pankromatik alımda 1.3 m, multispektral alımda 4.5 m, EROS B serisi uyduların ise pankromatik alımda 1 m, multispektral alımda 4.5 metredir. EROS uydusuna ait örnek bir görüntü Şekil-9'da gösterilmiştir. Görüntünün arazide kapladığı alanlar, A serisi uydularda 11 km x 11 km, B serisi uydularda 20 km x 20 km'dir. Nadir doğrultusundan 30° eğim açısıyla görüntü alınabilmekte ve aynı gün içerisinde stereo görüntüleme yapılabilmektedir. Yörünge yükseklikleri A serisi uydularda 480 km, B serisi uydularda 600 km'dir. Düşey alımda görüntü yinleme aralığı, A serisinde 7 gün, B serisinde 15 gün, eğik alımda ise görüntü yinleme aralığı, her ikisinde de minimum 3 gündür. Uydu konumunun GPS ve yıldız algılayıcılarıyla belirlenebilmesi tasarlanmıştır.



Şekil-9: EROS Uydu Görüntüsü

Söz konusu projeye ilgili olarak EROS-1A uydusu Aralık 2000'de uzaya fırlatılmıştır. Halen faaliyette bulunan bu uydunun yörünge yüksekliği 480 km'dir. Düşey alımda görüntü çözünürlüğü 1.8 m ve sunulan sonuç ürünlerin çözünürlüğü 1.8 m; eğik alımda görüntü yinleme aralığı 2-3 gün, düşey alımda ise 7 gündür. Bu algılayıcılar ile yalnızca pankromatik görüntüler üretilmekte ve görüntüler arazide 12.5 km x 12.5 km alan kapsamaktadır. Uydunun ömrü ve görüntü alım süresi asgari 4 yıl olarak planlanmıştır. Uydu,

bir yörünge turunu 90 dakikada tamamlar. Uydunun tüm dünyada 16 alıcı istasyonu mevcuttur. Dünya etrafında 1 günde 15 kez yörünge geçişi yaparak gerçek zamanlı veriler toplayabilir. 45° ye kadar eğik alımla dünyanın herhangi bir yeri haftada 2-3 kez görüntülenebilmektedir.

4. RADAR SİSTEMLERİ

Radar sistemleri, araziye ilişkin bilgileri toplayabilmek için gerekli enerjiyi kendileri üretir, bu enerjiyi cisimlerin üzerine gönderir ve geri yansıyan enerjiyi ölçerler. Radar sistemleri, elektromanyetik spektrumun mikrodalga bölümünde faaliyet gösteren aktif sistemlerdir. Radar görüntüleri arasında en çok kullanılanları, ERS-1/2 SAR (30-50 m), JERS-1 SAR (18 m), RADARSAT (8-100 m) ve ALMAZ SAR verileridir.

Topoğrafik harita üretiminde, sivil ve askeri uygulamalarda en az kullanılan görüntüler radar görüntüleridir. Radar sistemleri, kullanım alanları, geometrik düzeltmeleri konularında çok sayıda araştırma yapılmaktadır. Ancak, özellikle radar görüntülerinin rektifikasyonu konusunda, radarın algılama geometrisinden kaynaklanan sorunlar bulunmaktadır. Bu sorunların çözümüne yönelik yeni algoritmalar geliştirilmiştir. Yapılan bir çalışmada polinomlarla rektifikasyon ve yükseklik düzeltmesine dayalı bir yöntem kullanılmış ve bu yöntem RADARSAT, ERS-2 ve uçağa takılı SAR sistemi görüntüleri üzerinde test edilmiştir. Sonuçlar görüntü türüne ve arazi yapısına bağlı olarak özellikle dağlık alanlarda 2 ila 5 piksel arasında doğruluklara ulaşılabileceğini göstermiştir /7/.

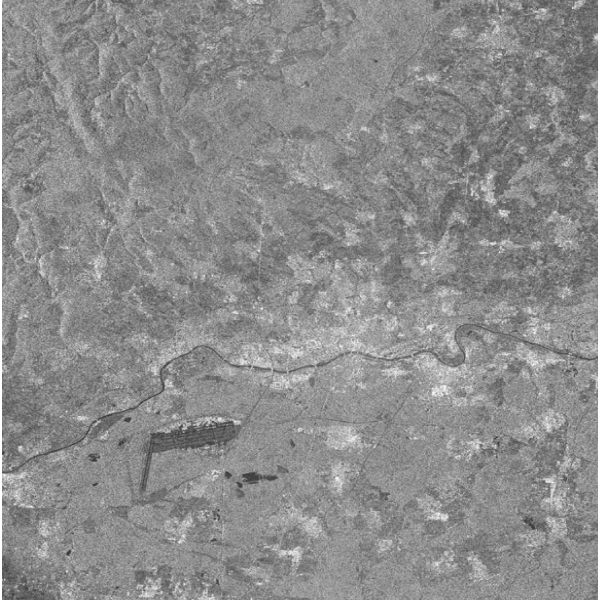
a. ERS-1/2 SAR Uydu Görüntüleri

ERS-1/2 radar uydusu; 100 km x 100 km boyutlarında ve 28 m ayırma gücünde görüntüler sağlar ve 785 km lik bir yörünge yüksekliğine sahiptir. Jeoloji, jeofizik, oşinografi, ormancılık gibi bir çok bilim dalında bu görüntüler kullanılmaktadır. Başka uydu görüntüleri ile elde edilemeyen pek çok veri, bu uydularla her türlü hava koşulunda elde edilebilmektedir.

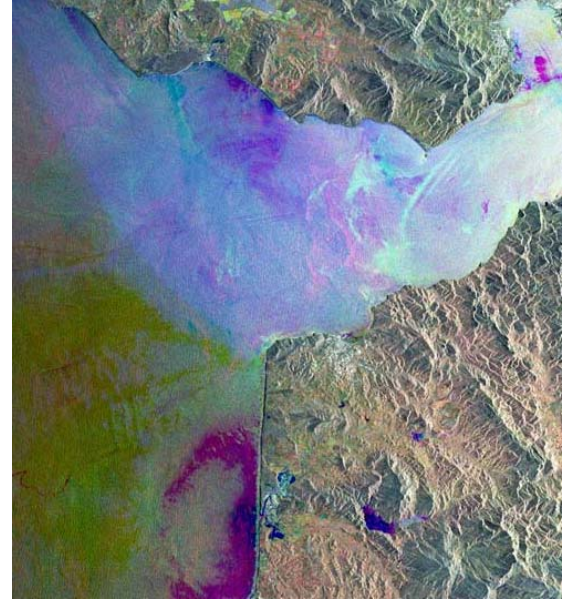
b. RADARSAT Uydu Görüntüleri

RADARSAT, Kanada tarafından geliştirilen karmaşık bir uydudur. Sistem Kanada Uzay Kurumu yönetimi altında, NASA/NOAA, yerel yönetimler ve Kanada özel sektörünün işbirliği ile geliştirilmiştir. Kanada Uzaktan Algılama Merkezi; Gatineau, Quebec ve Prince Albert, Saskatchewan yer istasyonlarında veri elde etmektedir. Bir özel sektör şirketi olan RADARSAT International (RSI) veri dağıtma ve Gatineau, Quebec ve Richmond, İngiliz Kolombiyası, Kanada'da verileri işleme yetkisine sahiptir.

Her radar görüntüsü, alım açısı olarak adlandırılan eğik bir açıyla tanımlanır. Bazı uygulamalar için alım açısı çok önemlidir. RADARSAT sisteminde 20 dereceden (dik açı) neredeyse 60 dereceye (eğik açı) kadar alım açıları uygulanabilir. RADARSAT'ın değişik proje ihtiyaçlarını karşılamak üzere kullandığı 7 değişik görüntü boyutu vardır. Bunlar görüntü modları olarak adlandırılır. Bunlardan birini, yani en uygun görüntü modunu seçmek için çalışma bölgesinin boyutu, algılanmak istenen detayın özellikleri ve sonuç ürün ölçeği göz önünde tutulmalıdır. Radar görüntüleri aynı bölgenin birden fazla görüntüsü alınarak renklendirilebilir. RADARSAT ve ERS uydularına ait örnek görüntüler Şekil-10'da gösterilmiştir.



RADARSAT Görüntüsü



ERS Görüntüsü

Şekil-10 Radar Uydu Görüntüleri

5. SONUÇ

Uydu sistemlerinin sayısı, çeşitliliği ve bu sistemlerden elde edilen verilerin ulaşılabilirliği son dönemlerde oldukça artmıştır. Bu artış ve gelişen teknoloji uydu sistemlerinin konumsal, zamansal, spektral ve radyometrik çözünürlüklerinde de iyileşme sağlamıştır. Uydu platformlarında yapılan bazı eklemelerle görüntülerin daha doğrulukla yönlenebilmesi veya yer kontrol noktasız da belli bir doğruluğa kadar yönlenebilmesi sağlanmıştır. Tüm bu gelişmelerin ışığında, uydu görüntüleri kullanımının ve kullanım alanlarının her geçen gün artması, artan uydu sayısı ile birlikte fiyatlarının da ucuzlaması, konumsal çözünürlüğün 0.5 m ve daha altına inmesi beklenmektedir.

Uzaktan Algılama ve Fotogrametri alanında tartışılan bir konu ise, “uydu görüntülerinin hava fotoğraflarının yerini alıp alamayacağı” sorusudur. Uydu sistemlerinde yaşanan tüm bu gelişmelere paralel olarak, uçaklara takılı kamera sistemleri de geliştirilmektedir. Son yıllarda sayısal kamera çeşitleri artmış ve bu sistemlerin teknik özellikleri geliştirilmiştir. Yine uçağa takılı kamera sistemlerine GPS-IMU (inertial measurement unit) sisteminin yerleştirilmesi ile bu görüntülerin yer kontrol noktasız veya az sayıda yer kontrol noktasıyla yönlenebilmesi sağlanmıştır. Mevcut uydu görüntülerinin, özellikle büyük ölçekli çalışmalarda konumsal çözünürlükleri en fazla 1:5.000 ölçekli çalışmalar için yeterli olmakla birlikte, bu ölçeğin gerektirdiği doğruluğa ulaşabilmek için çok sayıda yer kontrol noktasına ihtiyaç duyulmaktadır. Daha büyük ölçekli çalışmalar için ise şu an veri kaynağı olarak hava fotoğraflarının üstünlüğünü sürdürdüğü söylenebilir.

Hava fotoğraflarıyla karşılaştırıldığında; çok sayıda yer kontrol noktasına ihtiyaç duyulması, konumsal çözünürlüklerinin düşük olması ve büyük çaplı üretimlerde maliyetinin yüksek olması gibi sebeplerle, uydu görüntülerinin yakın gelecekte hava fotoğraflarının yerini alamayacağı değerlendirilmektedir. Ancak, uydu görüntülerinin dar kapsamlı üretimler ve fiziksel olarak uçaklarla ulaşılamayan bölgelerde yapılacak olan çalışmalarda kullanımı uygundur.

KAYNAKLAR

- /1/ Akçın, H., Karakış, S., Büyüksalih, G., Oruç, M. : GIS Based Analysis Of Landover Changes Arising From Coal Production Wastes in Zonguldak Metropolitan Area-Turkey, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /2/ Alexandrov, A., Hristova, T., Ivanova, K., Koeva, M., Madzharova, T., Petrova, V. : Application of QUICKBIRD Satellite Imagery For Updating Cadastral Information, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /3/ Chen, L., Teo, T., Rau, J. : Optimized Patch Backprojection In Orthorectification For High Resolution Satellite Images, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /4/ Chujiang, C., Deren, L., Qin, Z. : The Practice Research of IKONOS-2 Positioning and Its Accuracy in Tibet of P. R. Chine, XXth. ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /5/ Eisenbeiss, H., Baltsavias, E., Pateraki, M., Zhang, L. : Potential of IKONOS and QUICKBIRD Imagery for Accurate 3D Point Positioning, Orthoimage and DSM Generation, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /6/ Erdoğan, M., Eker, O., Yilmaz, A., Aksu O. : Orthorectification of Spot Images with The Same-Pass Constraints, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /7/ Huang, G.M., Guo, J.K., Lv, J.G., Xiao, Z., Zhao, Z., Qiu, C.P. : Algorithms and Experiment on SAR Image Orthorectification Based on Polynomial Rectification and Height Displacement Correction, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /8/ İşcan, L., Aksu, O., Önder, M., Atak, V.O., Lenk, O., Gürdal, M.A. : Accuracy Assessment of High Resolution Satellite Images, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /9/ Kohm, K. : Modulation Transfer Function Measurement Method and Results for The Orbview-3 High Resolution Imaging Satellite, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey

- /10/ Özbalmumcu, M.,
Erdoğan, M. : Uzaktan Algılama Amaçlı Uydu Görüntüleme Sistemleri, Harita Dergisi, Sayı: 125, Ankara, Ocak-2001
- /11/ Sandau, R. : High Resolution Mapping with Small Satellites, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /12/ Şirinyıldız, T. : Change Detection Analysis by Using IKONOS Imagery, XXth ISPRS Congress, 12-23 July 2004, İstanbul-Turkey
- /13/ SPOT web sitesi : www.spotimage.com