

**ASTER UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN ÜRETİLEN ORTOFOTOLARIN
DOĞRULUĞUNUN ARAŞTIRILMASI**
(INVESTIGATION OF THE ACCURACY OF ORTHOIMAGES PRODUCED FROM
ASTER SATELLITE IMAGERY)

Hüseyin ÇELİK¹, Ferruh YILDIZ²

¹Harita Genel Komutanlığı BSDD, Ankara

²Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü, Konya
hüseyin.celik@hgk.mil.tr

ÖZET

Bu çalışmada, 14 band spektral ve stereo görüntü özelliğindeki 15 m. konumsal çözünürlüklü ASTER uydu görüntüsü kullanılarak otomatik sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuş ve bu SYM'lerin kullanılmasıyla üretilen ortofotoların doğrulukları araştırılmıştır. Çalışma bölgesinde farklı sayıda yer kontrol noktası (YKN) kombinasyonları ile dağlık, dalgalı ve düz arazi yapılarında üretilen SYM ve bu SYM'lerin kullanılmasıyla üretilen ortofotoların doğrulukları incelenmiştir. Modelin dengeleme sonuçlarının 15 metrenin (1 piksel) altında olduğu tespit edilmiş olup, bu doğruluğun SYM ve ortofoto üretimi için yeterli olduğu değerlendirilmiştir. Üretilen ortofotolar incelendiğinde, çalışmada kullanılan farklı arazi yapılarında en iyi sonuçlar düz arazilerde elde edilmiştir. Ancak, her tür arazi yapısında 1 piksel (15 metre) civarında veya altında doğruluklara ulaşılmıştır.

Anahtar Kelime: Uzaktan Algılama, Uydu Görüntüsü, Coğrafi Bilgi Sistemi, SYM, Ortofoto, Aster.

ABSTRACT

In this study, using 14 bands spectral and stereo ASTER satellite image having the resolution of 15m Digital Elevation Model (DEM) is generated and the accuracy of the orthophotos produced from these DEMs are investigated. The accuracy of the DEMs produced by combinations of different numbers of Ground Control Points (GCPs) chosen in mountainous, rough and smooth terrains in the studied region and the orthophotos produced from these DEMs are investigated. The accuracy of the adjusted model are found to be below than 15m (1 pixel) accuracy, hence considered to be satisfactory for the production of DEM and orthophoto. The best results are obtained in smooth areas ones. However, the accuracy of about 1 pixel (15m) or lower is achieved in every type of terrain.

Key words: Remote Sensing, Satellitelmagery, Geographic Information Systems, DEM, Orthophoto, ASTER.

1. GİRİŞ

Uydu görüntüleri, hava fotoğrafları gibi güncel, doğru, güvenilir, gerçek veri kaynaklarından birisidir. Uydu görüntülerinin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken

ilk ve en önemli konu, hangi maksatla kullanılacağıdır. Bunun için kullanıcıların öncelikle, projelerini ve kullanım amaçlarını kesin sınırlarla belirlemesi gerekmektedir. Bundan sonra yapılacak işlem, sahip olduğu teknik özellikler incelenerek amaca en uygun görüntülerin seçilmesidir.

Başlangıcından bugüne kadar uydu sistemleri farklı kullanım alanları için planlanmakta, farklı uydulardan elde edilen görüntüler çeşitli proje ve uygulamalarda başarıyla kullanılmaktadır. Her uydu görüntüsü ve verisi farklı özelliklere sahiptir. Bazen, aynı kullanım amaçları için planlanan uydu verileri arasında belirgin farklar olabilir. Hiçbir uydu görüntüsü her yönüyle mükemmel değildir. Çok gelişmiş teknik özelliklere ve donatılara sahip uydu görüntülerinin dahi az da olsa bazı zayıf yanları bulunmaktadır. Başka bir uydu görüntüsü ile bu zayıf yanları giderilebilir.

Bazı uygulamalarda, farklı özelliklere sahip uydu görüntülerinin beraberce kullanılması uygun bir çözüm yolu olabilir. Uydu görüntüleri ile yapılacak uygulamalarda amaca uygun görüntü seçiminde karşılaşılan en önemli sorun; yaklaşık olarak aynı özelliklere sahip uydu görüntülerinden, kullanım amacına en uygun olanın seçilmesidir. Bu maksatla, benzer yapıdaki uydu görüntülerinin bütün teknik özellikleri, arşiv görüntülerinin varlığı, pazarlama olanakları, maliyetleri gibi birçok ölçüte göre dikkatle ve özenle karşılaştırılması yararlıdır. Uydu görüntüleri kullanılarak gerçekleştirilecek olan büyük çaplı projelerde, oluşturulacak küçük bir test alanında, yaklaşık olarak aynı özelliklere sahip uydu görüntüleri kullanılarak küçük bir deneme veya test çalışmasının yapılması, görüntü türünün seçiminde çok faydalı olacağı düşünülmektedir.

2. UZAKTAN ALGILAMADAKİ TEMEL KAVRAMLAR

a. Uzaktan Algılamanın Tarihsel Gelişimi ve Temelleri

Uzaktan algılama tekniği (uydu verileri ile), elektromanyetik enerjinin, özel algılayıcı düzenekler kullanılarak algılanmaları ve bilgisayar ortamında değerlendirilmesi temeline dayanır. Başka bir anlatımla uzaktan algılama, yeryüzündeki doğal ve yapay kaynaklarla doğrudan temas kurmadan, bunların nitel ve nicel varlıklarını ortaya çıkarma tekniğidir. Bu bağlamda, yansıyan, geçirilen ve soğurulan enerjinin algılanması, kaydedilmesi ve sonuçta bu verilerin işlenmesi sonucunda ortaya konulmasıdır.

Diğer bir tanımla uzaktan algılama, yeryüzünden belirli uzaklıklarda, atmosfer veya uzaya yerleştirilen platformlara monte edilmiş ölçüm aletleriyle, yeryüzündeki doğal ve yapay objeler hakkında bilgi alma ve değerlendirme tekniği olarak tanımlanabilmektedir.

Uzaktan algılamaya yönelik uydular aracılığı ile elde edilen görüntüler ilk aşamada meteorolojik uygulamalar alanında yoğun bir ilgi odağı oluşturmuşsa da, daha sonraları bu ilgi, yeryüzü doğal kaynaklarının araştırılması yönünde ağırlığını hissettirmeye başlamıştır. Konuya topoğrafik uygulamalar açısından bakıldığında, bu alandaki çalışmaların, 1970'li yılların başından itibaren yer aldığı gözlenmektedir.

Yakın bir geçmişe sahip olmakla birlikte teknolojiye hızlı gelişime, topoğrafik uygulamalar açısından uydu görüntülerini üç kuşak altında inceleme zorunluluğunu gündeme getirmekte olup bunlar;

- (1) Birinci kuşak uydu görüntüleri (1970-1982),
- (2) İkinci kuşak uydu görüntüleri (1982-1997),
- (3) Üçüncü kuşak uydu görüntüleri (1997 ve sonrası).

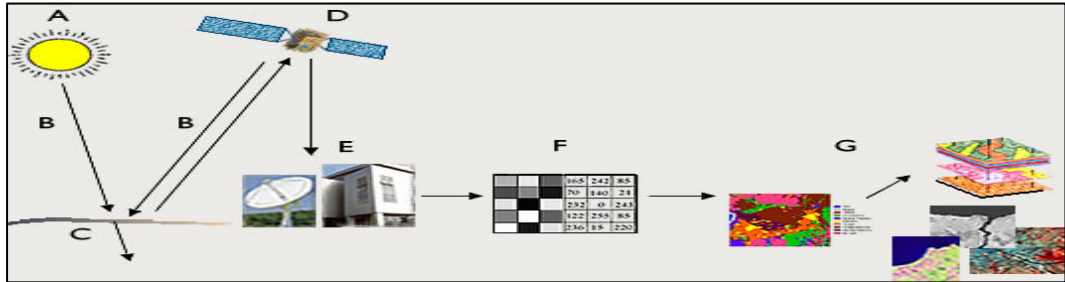
Birinci Kuşak Uydu Görüntüleri (1970-1982) içeriğinde tanımlanan uydular arasında en önemlileri; LANDSAT-1, 2 ve 3, Uzay Laboratuvarı (Skylab) ve Soyuz uyduları sayılabilir. Gerçekte bu uyduların temel amacı, üzerindeki algılayıcılar aracılığıyla elde edilen görüntülerle, yeryüzünün küçük ve orta ölçekli haritalarını üretmektir (Türk, 2004).

İkinci Kuşak Uydu Görüntüleri (1982-1997) içeriğinde tanımlanan uydular, LANDSAT-4 ve 5, SPOT-1, 2 ve 3, Uzay Mekiği, Soyuz, Salyut, Cosmos ve ERS-1 uyduları sıralanabilir. Özellikle 1/50.000 ile 1/100.000 ölçekli haritaların üretimini ve güncelleştirilmesini hedefleyen bu uydulara ait görüntülerde, birinci kuşak uydu görüntülerine oranla büyük gelişmeler meydana gelmiştir (Önder, M., 1999).

Üçüncü Kuşak Uydu Görüntüleri (1997 ve sonrası) kapsamında ele alınan uydular; IKONOS, EarlyBird, QuickBird, LANDSAT-7, SPOT-5, IRS-1C, ASTER uyduları sıralanabilir. Özellikle 1/10.000 ile 1/25.000 ölçekli haritalar, bu uydu görüntüleri ile üretilebilmektedirler. Çözünürlüklerin bu kuşak uydularda 1 metreye kadar düşürülmesi en büyük etken olarak görülmektedir. Ayrıca, tarayıcı bant sayılarındaki büyük artış bu kuşak uyduların gelişmesini sağlamıştır (Türk, 2004).

b. Uzaktan Algılamanın Bileşenleri

Uzaktan Algılama işlemi iki temel aşamadan oluşur. Bunlar "Veri Elde Etme" ve "Veri İşleme" dir (UZUHAM, 2005).



Şekil 1. Uzaktan algılamanın bileşenleri.

(1) Verinin Elde Edilmesi

(a) **Enerji Kaynağı:** Hedefe bir kaynak tarafından enerji gönderilmesi gerekmektedir. Bu kaynak, hedefi aydınlatır veya hedefe elektromanyetik enerji gönderir.

(b) **Işınım ve Atmosfer:** Enerji, kaynağından çıkarak hedefe doğru yol alırken atmosfer ortamından geçer ve bu yol boyunca bazı etkileşimlere maruz kalır.

(c) **Hedef ile Etkileşim:** Atmosfer ortamından geçen elektromanyetik dalgalar hedefe ulaştığında, hem ışınım hem de hedef özelliklerine bağlı olarak farklı etkileşimler oluşur.

(d) **Enerjinin Algılayıcı Tarafından Kayıt Edilmesi:** Algılayıcı, hedef tarafından yayılan ve saçılan enerjiyi algılar ve buna ilişkin veri kayıt edilir.

(e) **Verinin İletimi, Alınması ve İşlenmesi:** Hedeften toplanan enerji miktarına ait veri algılayıcı tarafından kayıt edildikten sonra, görüntüye dönüştürülmek ve işlenmek üzere bir uydu yer istasyonuna gönderilir.

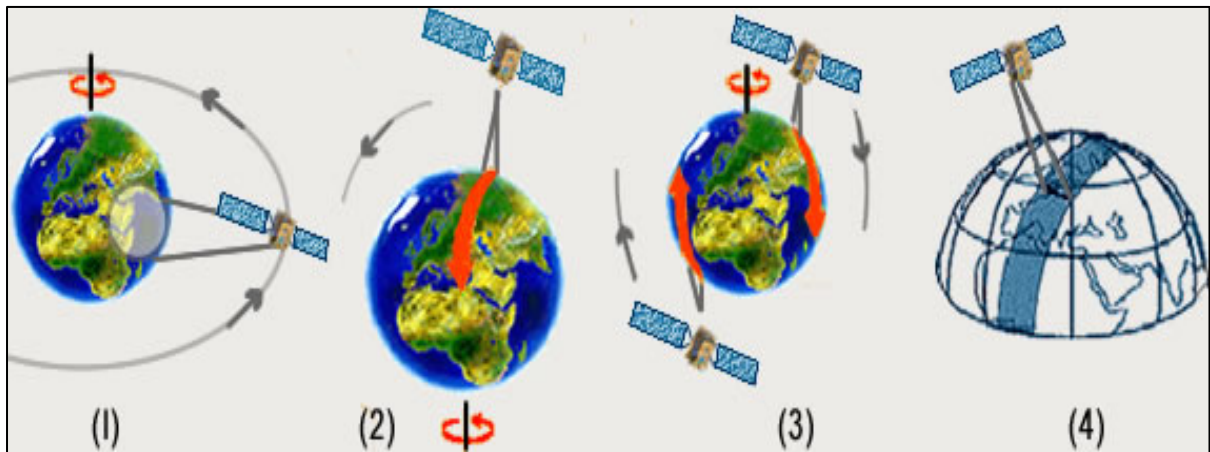
(2) Verinin İşlenmesi

(a) **Yorumlama ve Analiz:** Görüntü görsel, sayısal ve elektronik işleme teknikleri ile zenginleştirilir, analiz edilir ve nicel sonuçlar elde edilecek veriye sahip olunur.

(b) **Uygulama:** İşlenmiş veriden bilgi çıkarılır, bazı sonuçlara ulaşılır. Ayrıca elde edilen sonuçlar, başka veri kaynakları ile birleştirilerek kullanılabilir.

c. Uydu Yörüngesi ve Tarama Alanı

Uydunun izlediği ve tamamladığı dairesel yola "yörünge" denir. Yörüngeler yüksekliklerine, dönüş yönlerine ve dünyanın dönüşü ile ilişkilerine göre sınıflandırılmaktadır. Uydu dünya etrafında dönerken, algılayıcı yer yüzeyinin belli bir kısmını taramaktadır. Yörünge boyunca ilerlerken taraman bu bölgeye "tarama alanı" denilmektedir. Aşağıda bazı yörünge çeşitleri hakkında bilgi verilmiştir (UZUHAM, 2005);



Şekil 2. Uydu yörüngeleri ve tarama alanı.

(1) Yer-Sabit Yörünge: Bu tür yörüngelere sahip olan uydular genellikle çok yüksek irtifaya sahiptirler. Bu tür uydular her zaman dünyanın aynı bölgesini görürler. Bu nedenle, aynı bölgeyi izleme ve o bölge hakkında sürekli bilgi elde etme imkânı sağlarlar. Meteoroloji ve haberleşme uyduları genellikle bu tür yörüngelere sahip uydulardır.

(2) Yakın-Kutupsal Yörünge: Pek çok uzaktan algılama platformu kısa sürede dünyanın pek çok yerini görüntülemeyi sağlayacak yörüngelere oturtulmuştur. 'Yakın-kutupsal yörünge' ismi, bu tür uyduların kuzey ve güney kutupları arasında uzanan bir yolu takip etmeleri nedeni ile kullanılmaktadır.

(3) Güneş-Eşzamanlı Yörünge: Pek çok yakın kutupsal uzaktan algılama uydusunun yörüngesi aynı zamanda güneş-eşzamanlıdır. Bu sayede, uydu dünyada görüntülediği her bölgeyi aynı yerel saatte görüntüler (UZUHAM, 2005).

3. ASTER UYDU SİSTEMİ VE ÖZELLİKLERİ

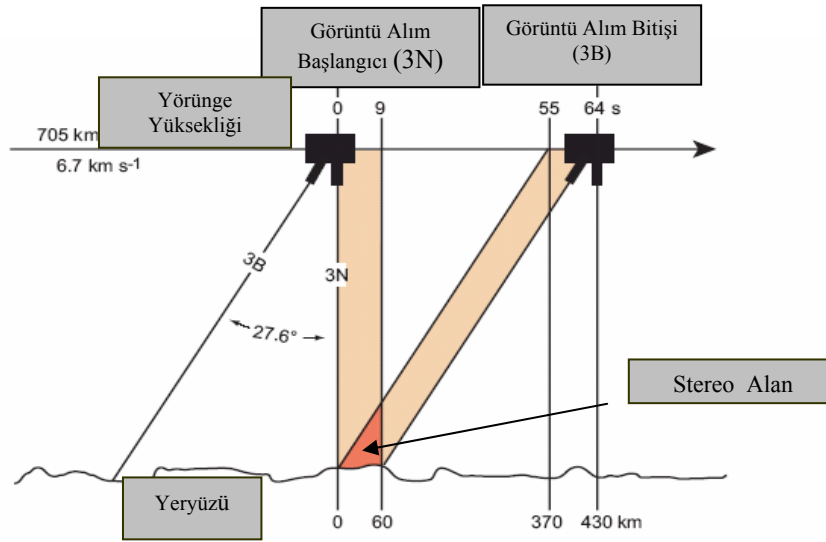
ASTER uydusu, Japon Ekonomi-Ticaret ve Endüstri Bakanlığı (MITI) tarafından Japonya'da gerçekleştirilmiş bir uydu sistemidir. Veri geçerliliği, kalibrasyon ve aygıt dizaynından, ortak bir Amerikan-Japon Bilim Grubu sorumludur. ASTER, TERRA platformu üzerine monte edilmiş tek yüksek çözünürlüklü uzaysal (spatial) aygıttır. ASTER modülü, değişiklik tespiti (change detection), kalibrasyon/geçerlilik ve yeryüzü çalışmalarında diğer TERRA aygıtları için yakınlaştırıcı mercekle (zoom lens) olarak hizmet etmesi yönünden önemli bir aygıttır. TERRA uydusu, 18 Aralık 1999 tarihinde Van Der Berg Hava Üssü'nden (Kaliforniya) başarıyla fırlatılmıştır. Uydu üzerinde beş değişik modül bulunmaktadır. Bunlar; ASTER, MODIS, CERES, MOPITT ve MISR'dir. ASTER, 24 Şubat 2000 tarihinde veri toplamaya başlamış ve 01 Aralık 2000 tarihinden itibaren veriler kullanıma sunulmuştur (ERSDAC, 2003).

Yeryüzünün kendine özgü kutuplarda basık, ekvator bölgesinde genişleyen yapısı nedeniyle uydu yüksekliği enleme bağlı bir yapı göstermesine karşın, ortalama yükseklik 705 km civarındadır. ASTER uydusu, tüm yeryüzünü görüntülemesi veya aynı yerden ikinci kez geçişini 16 günde tamamlamaktadır. Uydu ömrü 6 yıl olarak planlanmıştır. Uydunun elips yörünge düzlemi ile güneş arasındaki açı sabit olup (98.9°), ekvator düzlemini alçalma noktasında daima aynı zamanda (10:30 am) geçer. Birbirine komşu yörünge izleri arasındaki mesafe ekvatorda 172 km'dir (Abrams, 2000; Abrams, vd., 2002).

ASTER modülü sayesinde, dünyanın 15 m pikselden 90 m piksele kadar ve 14 banttan oluşan görüntüler elde edilebilmektedir. ASTER algılayıcısı üç alt sistemden oluşmaktadır. Bunlar;

- VNIR : Görünür Yakın Kızılötesi,
- SWIR : Kısa Dalga Kızılötesi,
- TIR : Termal Kızılötesi.

VNIR algılayıcısına görüntüdeki bozulmaları azaltmak için Nadir ve Back (geri) olmak üzere iki bağımsız teleskop monte edilmiştir. VNIR, toplam 3 band (1-2-3N) ve stereo görüntüleme özellikli 1 banda (3B) sahip olup, 0.52 μm - 0.86 μm dalga boyunda algılama yapabilmektedir. Stereoskopik görüntü algılayıcısı tek yörüngedeki 3 band algılayıcısını 27.6 derece geriye doğru (Şekil 3) görüntüleme yeteneğine sahiptir. Stereo görüntüleme baz yükseklik oranı B/H = 0.6 dır. VNIR nadirden çaprazda $\pm 24^\circ$ görüntüleme kapasitesine sahiptir. Görüntüleme alanı 60 km x 60 km olup, görüntü çözünürlüğü 30 metredir (Abrams, 2000; Abrams, vd., 2002).



Şekil 3. ASTER-VNIR stereo görüntüleme geometrisi.

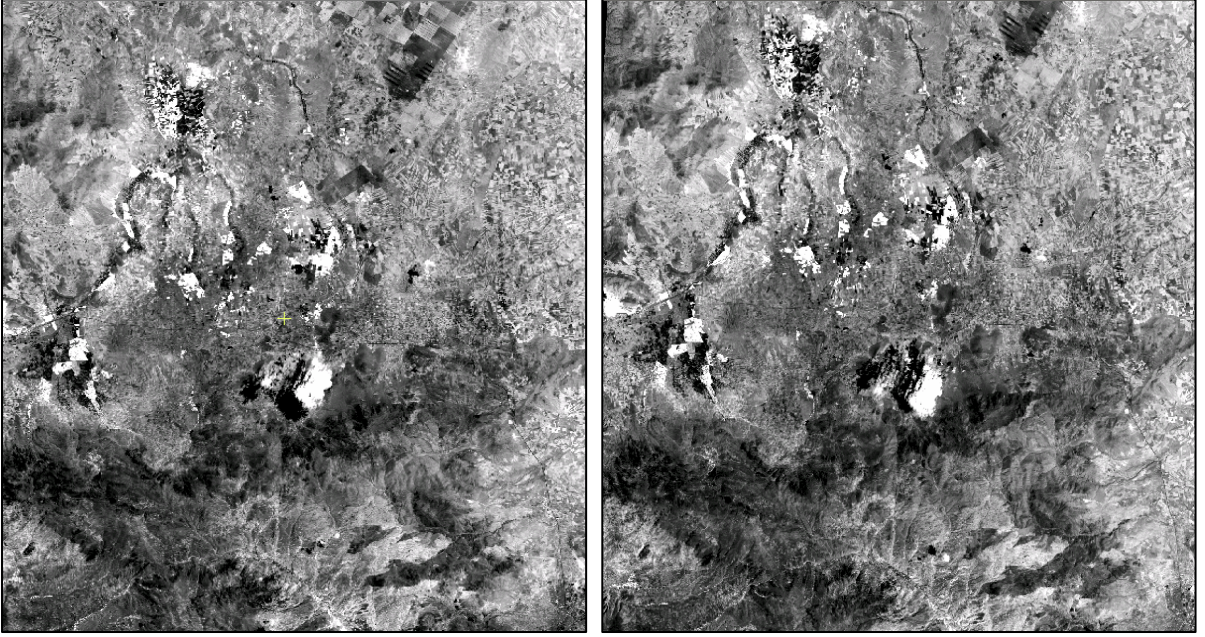
SWIR algılayıcısı, 1.60 - 2.43 μm aralığında yeryüzünden yansımaları algılayan kısa dalga kızıl ötesi optik bir algılayıcıdır. SWIR, toplam 6 banda (4-5-6-7-8-9) sahiptir. Görüntü çözünürlüğü 30 metredir (Abrams, M., vd., 2002).

TIR algılayıcısı, 8.12 - 11.65 μm aralığında 5 ışınal banda sahip bir algılayıcıdır. Termal emisyon özellikleri ölçebilme yeteneği sayesinde; bu algılayıcı ile maden kaynakları, kara ve deniz yüzeyini tanımlama ile atmosferik gözlemleri yapılabilmektedir. TIR, toplam 5 banda (10-11-12-13-14) sahiptir. Görüntü çözünürlüğü 90 metredir. Gece ve gündüz olmak üzere tüm gün veri elde etme özelliğine sahiptir (Abrams, vd., 2002).

3. UYGULAMA

Bu çalışmada, çalışma bölgesi olarak Konya kuzeybatısı ile Selçuk Üniversitesi Kampüsünü içeren alan seçilmiş olup, 60 km x 60 km'lik kaplama alanına sahip stereo ASTER uydu görüntüsü çifti kullanılmıştır. Çalışma alanındaki arazi yüksekliği 850 metre ile 2000 metre arasında değişmektedir. Bu alan seçilirken, farklı arazi türlerinin bir arada bulunabildiği bir alan olmasına dikkat edilmiştir. Yani, ortofotodaki doğruluğu kontrol ederken bütün alanların benzer yapıda olmamasına dikkat edilmiştir. Bölgede dağlık, ormanlık, yerleşim ve tarım alanları bulunmaktadır. Arazi yapısı da çok düzden sarp araziye kadar değişim göstermektedir.

Projenin tanımlanmasından sonra, ASTER VNIR 3N ve VNIR 3B görüntüleri projeye dahil edilmiştir. Bu işlem için üç ayrı seçenek vardır. Bunlar, görüntünün CD'den okunması, görüntünün teypten okunması veya daha önce okunmuş bir görüntünün projeye dahil edilmesidir. Bu çalışmada, orijinal uydu görüntüsü CD üzerinde temin edilmiş olduğundan görüntüler CD'den okunarak projeye dahil edilmişlerdir. Bu işlemle görüntünün yanı sıra o görüntüye ait yörünge verileri de okunmaktadır. Bu veriler SYM veya ortofoto üretimi için kullanılması zorunlu olan verilerdir. Bu projede kullanılan stereo ASTER uydu görüntüleri Şekil 4 'de gösterilmiştir.

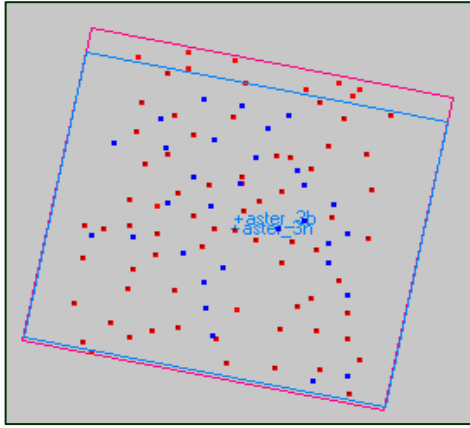


Şekil 4. ASTER-VNIR nadir ve back görüntüsü.

a. ASTER Uydu Görüntülerinin Yataylanması

Çalışma bölgesine ait 1/25.000 ölçekli topografik haritalardan YKN seçimi yapılmış olup, bu haritaların konumsal doğruluğu yaklaşık 5 metredir. Çalışmada kullanılan ASTER uydu görüntüsü ise 15 metre çözünürlüktedir. Bu nedenle, 1/25.000 ölçekli topografik haritaların YKN seçimi için kullanılmasının yeterli doğrulukları sağlayacağı değerlendirilmiştir.

Nadir görüntüde 44 adet ve Back görüntüde 56 adet olmak üzere, toplam 100 adet YKN seçilmiştir. Ayrıca, görüntüler arasında 31 adet bağlama noktası (tie point) ile 38 adet kontrol noktası (KN) seçilmiştir. Bu noktaların dağılımı Şekil 5'de gösterilmiştir.



- Bağlama noktası (Tie point)
- Yer kontrol noktası (YKN)

Şekil 5. YKN ve Bağlama noktalarının görüntüler üzerindeki dağılımı.

Görüntülerde seçilen YKN, bağlama noktaları ve kontrol noktaları birlikte dengelenerek Tablo 1'deki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 1. Dengeleme sonuçları.

	Nokta Sayısı	X_{KOH} (m)	Y_{KOH} (m)	S_{KOH} (m)
YKN	100	9.80	9.61	13.73
Kontrol Noktası	38	10.91	10.69	15.27
Bağlama Noktası	31	9.26	11.21	14.54

Daha sonra, 40 adet YKN model dışına atılmış ve toplam 60 YKN ile yeniden bir proje oluşturularak model tekrar dengelemeye tabi tutulmuş ve elde edilen sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. 60 Adet YKN ile yapılan dengeleme sonuçları.

	Nokta Sayısı	X_{KOH} (m)	Y_{KOH} (m)	S_{KOH} (m)
YKN	60	10.28	9.78	14.19
Kontrol Noktası	38	11.46	11.08	15.94
Bağlama Noktası	31	9.39	11.98	15.22

YKN'lerinin azaltılması ile KN'larındaki sonuçlarda X ekseninde 0.55 m Y ekseninde ise 0.39 m'lik bir doğruluk artışı olduğu tespit edildiğinden, YKN'lerini oldukça azaltmanın sonuçlarda nasıl bir değişikliğe sebep olacağını görülmesinin faydalı olacağı değerlendirilmiştir. Bu kapsamda, modeldeki YKN'lerinin uygun dağılımı dikkate alınarak toplam 20 adet YKN'na düşürülmüştür. Tekrar bir proje oluşturularak model yeniden dengelenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 3'te listelenmiştir.

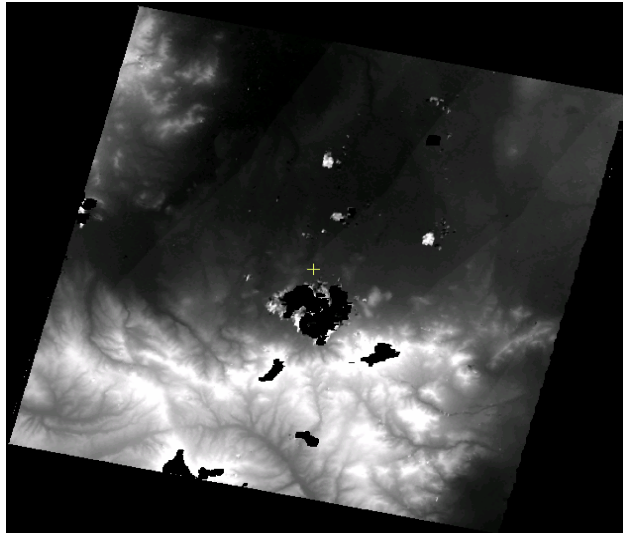
Tablo 3. 20 Adet YKN ile yapılan dengeleme sonuçları.

	Nokta Sayısı	X _{KOH} (m)	Y _{KOH} (m)	S _{KOH} (m)
YKN	20	7.94	7.67	11.04
Kontrol Noktası	38	11.63	14.69	18.74
Bağlama Noktası	31	7.67	13.55	15.57

Elde edilen sonuçlara bakıldığında hataların ortalama 10 ile 15 m civarında olduğu görülmektedir. ASTER görüntüleri için model hatalarının bir piksel çözünürlüğünden küçük olması iyi bir sonuç olarak kabul edilebilir. Bu nedenle elde edilen bu değerlerin SYM üretimi için yeterli olacağı değerlendirilerek dengeleme sonuçları kabul edilmiştir.

b. Otomatik SYM Üretimi

SYM üretimi için yapılması gereken ilk aşama, dengeleme sonucunda elde edilen uydu görüntüsü modeli kullanılarak stereo model oluşturulmasıdır. Bunun için her iki görüntü de epipolar geometriye (fotogramrideki eş düzlemsellik koşulunun sağlanması) örneklenir. Bu çalışmada, nadir uydu görüntüsü sol, back uydu görüntüsü sağ olacak şekilde seçilerek epipolar geometriye örneklenmişlerdir. PCI Geomatica yazılımı kullanılarak, oluşturulan bu stereo modelden otomatik olarak SYM verisi üretilmiştir. SYM üretiminde 2 piksel (30 m) aralığı seçilmiş olup, üretilen SYM Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. ASTER uydu görüntüsünden üretilen SYM.

Üretilen SYM'de boşluk alanların olduğu görülmüş olup, bu alanların oluşumuna alım esnasındaki bulutluluğun neden olduğu tespit edilmiştir.

c. Ortofotonun Üretilmesi ve Doğruluğunun Araştırılması

Ortofoto üretiminde, SYM doğruluk araştırmasında kullanılan SYM alanlarındaki dağlık, dalgalı ve düzlük alanlar seçilmiştir. Söz konusu alanlar için farklı YKN kombinasyonlu ortofotolar üretilmiştir. Doğruluk araştırmasında, 1/25.000 ölçekli topografik haritalar üzerinde yapılan ölçümler referans olarak alınmıştır. Referans nokta koordinatları, PCI Geomatica yazılımı kullanılarak, haritada belirgin yol kavşakları, dere yatakları kesişim yerleri gibi noktalarda doğru bir şekilde yapılmıştır. Referans olarak seçilen topografik haritalar üzerinde yapılan gözlemler, oluşturulan ortofotolar üzerine getirilmiş ve aynı noktalar ortofotolar üzerinde de el ile uygulanarak okunmuştur.

(1) Dağlık Alanda Üretilen Ortofoto Görüntü Doğrulukları

Bu amaçla, 1/25.000 ölçekli topografik haritadan seçilen 10 adet yer kontrol noktasının koordinatı, aynı noktaların üretilen ortofotodaki karşılıklarının koordinatları arasındaki farkları alınmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 4'de gösterilmiştir.

Tablo 4. Dağlık alanda üretilen ortofotoların ortalama ve karesel ortalama hataları.

Nokta Sayısı	Max. / Min. Hatalar (m)	Ortalama Hata (m)	K.O.H. (m)
100 YKN	9.55 / 14.96	11.63	12.36
60 YKN	10.68 / 17.88	13.31	14.19
20 YKN	14.67 / 22.32	17.67	18.82

(2) Engelibeli Alanda Üretilen Ortofoto Görüntü Doğrulukları

Yine 1/25.000 ölçekli topografik haritadan seçilen 10 adet yer kontrol noktasının koordinatı, aynı noktaların üretilen ortofotolardan seçilen noktalar ile farkları alınmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 5. Engelibeli alanda üretilen ortofotoların ortalama ve karesel ortalama hataları.

Nokta Sayısı	Max. / Min. Hatalar (m)	Ortalama Hata (m)	K.O.H. (m)
100 YKN	6.83 / 12.07	9.11	9.75
60 YKN	9.17 / 15.14	12.79	13.63
20 YKN	10.60 / 30.13	16.86	18.73

(3) Düz Alanda Üretilen Ortofoto Görüntü Doğrulukları

Yine 1/25.000 ölçekli topografik haritadan seçilen 10 adet yer kontrol noktasının koordinatı, aynı noktaların üretilen ortofotolardan seçilen noktalar ile farkları

alınmıştır. Seçilen noktalardan bir tanesi kaba hatalı olduğundan değerlendirme dışında bırakılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 6'da gösterilmiştir.

Tablo 6. Düz alanda üretilen ortofotoların ortalama ve karesel ortalama hataları.

Nokta Sayısı	Max. Hatalar (m)	Ortalama Hata (m)	K.O.H. (m)
100 YKN	5.51 / 16.57	8.98	10.17
60 YKN	5.68 / 17.38	11.47	12.81
20 YKN	8.89 / 23.12	13.68	15.07

Bölgeye ait üç farklı arazi yapısındaki alanlarda üretilen ortofotolardan elde edilen doğruluklar incelendiğinde, özellikle dağlık arazilerde hataların daha yüksek olduğu, engebeli (dalgalı) arazi ile düz arazilerde hataların bir piksel değerinin altında olduğu görülmüştür.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, stereo ASTER uydu görüntüsünden farklı YKN kombinasyonlarında, PCI yazılımı kullanılarak otomatik SYM üretilmiştir. Aynı alan için uydu görüntüsünden üretilen SYM kullanılarak bölgenin ortofotosu elde edilmiştir. Farklı YKN kombinasyonları ve farklı arazi gruplarında üretilen SYM ve ortofotoların doğrulukları, referans veri olarak kabul edilen 1/25.000 ölçekli SYM ve 1/25.000 ölçekli topografik haritalarla karşılaştırılmıştır.

Üretilen ortofotolardan elde edilen sonuçlar incelendiğinde;

a. ASTER uydu görüntülerinin 100 adet YKN, 60 adet YKN ve 20 adet YKN kullanılarak yapılan dengeleme işlemleri sonrasında birbirine yakın sonuçların elde edildiği, 20 adet YKN kullanıldığında ise Y ekseninde hatanın bir miktar arttığı görülmüştür.

b. Bütün dengeleme sonuçlarında 15 metrenin altında değerler elde edildiği ve bu değerlerin, SYM ve Ortofoto üretimi için yeterli doğrulukta olduğu görülmüştür. Bu nedenle, modelde uygun dağılımda 20-30 adet YKN seçiminin yeterli olacağı anlaşılmıştır.

c. Otomatik SYM üretiminde üç farklı YKN kombinasyonunda da % 95 oranında eşleme doğruluğu elde edilmiştir. Eşleme yapılamayan bölgelerin büyük kısmının ise bulutlu olduğu tespit edilmiştir.

ç. Farklı sayıda YKN kullanılarak üretilen Ortofoto lar incelendiğinde, 100 adet YKN ile 10 metre, 20 YKN ile 15 metre civarında doğruluklar elde edilmiştir. Az sayıdaki YKN ve bu YKN'ları kullanılarak üretilen SYM ile elde edilen ortofotonun doğruluğunun 1 piksel civarında olması, uydu yörüngesi ile kamera modelinin doğruluğunun göstergesi olduğu sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

Abrams, M., 2000, The Advance Spaceborne Thermal Emission and Reflections Radiometer (ASTER): data products for the high spatial resolution imager on NASA's Terra platform. International Journal of Remote Sensing, vol. 21, pp. 847-859.

Abrams, M., Hook S., 2002, ASTER User Handbook (Version 2), California.

ERSDAC, 2003, ASTER Reference Guide (Version 1.0), Japan.

Önder, M., 1999, Uzaktan Algılama Ders Notları, Kara Harp Okulu, Ankara.

Türk, T., 2004, Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Kullanılarak Tarım ve Doğal Alanlar Üzerine Kent Baskısının Belirlenmesi-Söke, Kuşadası ve Davutlar Örneği, *Doktora Tezi*, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. İzmir.

UZUHAM, 2005 <http://www.cscrs.itu.edu.tr/index.tr.php> (İTÜ Uydu Haberleşmesi ve Uzaktan Algılama Merkezi Web Sayfası, Haziran 2005), İstanbul.