

SPOT 5 STEREO UYDU GÖRÜNTÜLERİNİN 1/25.000 ÖLÇEKLİ
TOPOĞRAFİK HARİTA ÜRETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN
ARAŞTIRILMASI
(EVALUATION OF THE PRODUCTION OF 1/25.000 SCALE TOPOGRAPHIC
MAPS FROM SPOT 5 STEREO IMAGERY)

Altan YILMAZ⁽¹⁾, Ferruh YILDIZ⁽²⁾

⁽¹⁾Harita Genel Komutanlığı, Ankara

⁽²⁾Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Konya
altan.yilmaz@hgk.mil.tr

ÖZET

Yüksek çözünürlüklü uyduların gelişimine bağlı olarak, bu uyduları kullanarak topoğrafik harita üretimi mümkün görülmektedir. SPOT 5 görüntüleri topoğrafik harita üretimi için ideal kaynaklar olarak düşünüldüklerinden, 2,5 m çözünürlüklü stereo SPOT 5 görüntüleri detay değerlendirme yeteneklerini ölçmek amacıyla aynı 1:25.000 ölçekli pafta üzerinde, 1:35.000 ölçekli stereo hava fotoğrafları ile karşılaştırılmıştır. Stereo SPOT 5 görüntüleri ile test alanındaki detayların %68'inin değerlendirilebildiği, %32'si için ise arazi bütünlemesine ihtiyaç duyduğu sonucuna varılmıştır. Değerlendirme sonucunda, sadece SPOT 5 uydu görüntüleri kullanılarak 1:25.000 ölçekli topoğrafik haritanın değerlendirme gereksinimlerinin karşılanamayacağı düşünülmektedir. 1:50.000 ölçekli haritalar, 1:25.000 ölçekli haritalara göre daha az yoğunlukta detay içerdiklerinden, stereo SPOT 5 görüntülerin 1:50.000 ölçekli haritaların değerlendirme ihtiyaçlarını karşılayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: SPOT 5 görüntüsü, topoğrafik harita, hava fotoğrafı, değerlendirme.

ABSTRACT

Due to rapid improvement of high resolution satellites, it is thought that topographic mapping is possible by using these satellites. Because SPOT 5 imagery is thought to be one of the ideal sources for topographic map production, in order to evaluate the feature extraction capabilities of 2.5 m resolution stereo SPOT 5 imagery, they were compared with 1:35.000 scale stereo aerial photos on the same 1:25.000 scale map. It was concluded that with stereo SPOT 5 imagery it was possible to compile % 68 of the features of the test area and % 32 were left for field compilation. It can be inferred from the compilation that by using 2.5 m resolution SPOT 5 stereo imagery it is not very suitable to use SPOT 5 imagery alone to comply with the compilation needs of 1:25.000 scale topographic maps. Because 1:50.000 scale topographic maps contain fewer details than 1:25.000 scale maps, it may be feasible to use stereo SPOT 5 imagery for compilation of 1:50.000 scale topographic maps.

Key Words: SPOT 5 imagery, topographic map, aerial photo, compilation.

1. GİRİŞ

Yaşanan çok hızlı teknolojik gelişmelere paralel olarak fotogrametride de son yıllarda önemli gelişmeler olmuştur. Özellikle elektronik ve bilgisayar alanındaki gelişmeler, fotogrametride yeni donanım ve yeni yazılımların kullanılmasını sağlamıştır. Bu donanım ve yazılımlarla, fotogrametrik yöntemle günümüzde daha güvenilir bilgiler daha kolay, daha hızlı ve daha ekonomik olarak elde edilebilmektedir.

Digital fotogrametrik sistemlerde 80'li yılların ortasına kadar tek veri kaynağı taranmış hava fotoğrafları idi. Uzaydan görüntü elde etme yarışının başlamasıyla devreye giren uzay mekiğine takılı Büyük Formatlı Kamera (LFC-Large Format Camera) ve KFA-1000 kameraları hava platformlarına uzay platformlarından elde edilen görüntüleri de eklemiştir. Landsat ve SPOT (Satellite Pour l'Observation de la Tere) gibi uydu sistemleri uydu görüntülerini fotogrametrinin bir parçası haline getirmiştir. İlk başlarda sadece küçük ölçekli haritacılık uygulamaları için yeterli olan uydu görüntülerinin, günümüzde ulaştığı çözünürlük seviyesi (0,5 m) ile 1:5.000 ölçekli haritaların üretilebilmesinin mümkün olabileceği değerlendirilmektedir.

Orta ölçekli (1:25.000 - 1:100.000) coğrafi bilginin çağdaş anlamda hızlı, güvenilir ve dolayısı ile güncel elde edilmesine olanak veren gerek fotogrametri gerekse uzaktan algılama dallarındaki çalışmalar, bilgisayar teknolojisinin güçlü desteğinde, sayısal görüntü kavramı içerisinde gelişimini sürdürmektedir. Uçaktan elde edilen hava fotoğraflarının zaman zaman teknik, politik ve fiziksel sınırlamalarla karşı karşıya kaldığı durumlarda, daha esnek yapıdaki uydu görüntüleri devreye kolayca girebilmekte ve çoğu kez, birlikte kullanıldığı uygulama alanlarında daha gerçekçi sonuçlara kısa sürede ulaşılmasına olanak vermektedirler.

Bu kapsamda uzaktan algılama verilerinin başında gelen uydu görüntülerinin en önemli özelliği, geniş yeryüzü alanlarına ait büyük çapta konumsal veri içermesidir. Bu büyüklükteki veri zenginliğinden etkin bir şekilde yararlanma ise, doğal olarak söz konusu verileri coğrafi bilgiye dönüştürecek yeterli düzeyde veri yönetim ve işleme sistemlerinin varlığına bağlıdır (Önder, 2001).

Uçaktan görüntü alınamadığı veya görüntü alımının ekonomik olmadığı durumlarda, uydu görüntüleri hayati öneme haiz olmaktadır. Burada önemli olan; uydu görüntülerinin yönltilmesini ve veri toplanmasını sağlayacak yazılımların mevcut olması ve arzu edilen seviyede geometrik doğruluk sağlayacak yer kontrol noktaları (YKN), yöneltme parametreleri ve üretilecek harita ölçeğinin veri gereksinimini karşılayacak çözünürlükte ve dolayısıyla ekonomikte uydu görüntülerinin var olmasıdır.

Uydu görüntülerinin kullanımında göz önüne alınan önemli bir konu, üretilecek harita ölçeğinin gerektirdiği detay seviyesini sağlayacak olan konumsal çözünürlük seviyesidir. Konumsal çözünürlük arttıkça görüntüden seçilebilen detay sayısı artacaktır. Bazı durumlarda ise, gereğinden fazla detay görülecek, değerlendirme operatörünün veri toplama esnasında genelleştirme yapması gerekecektir. Bu durum

değerlendirme süresini arttıracaktır. Çözünürlüğün yüksek olması uydu görüntü maliyetini olumsuz yönde etkileyecektir.

2.5 m çözünürlüklü SPOT 5 sisteminin; geniş kapsama alanı (60 km x 60 km) ve uygun görüntü maliyeti ile orta ölçekli harita (1:25.000-1:100.000) üretiminde önemli bir yere sahip olduğu değerlendirilmektedir.

Uzaktan algılama görüntülerinin topoğrafik bilgi içeriği birçok değişik faktörün sonucudur. Bunlar:

- Görüntünün konumsal, spektral ve radyometrik çözünürlüğü,
- Arazi rölyefi,
- Görüntü alımı sırasındaki mevsimsel koşullar ve güneş/algılayıcı geometrisidir.

Genellikle, görüntülerin konumsal çözünürlüğü bu faktörlerin en önemlilerinden kabul edilmektedir (Forghani, 2001).

(Lasselin, vd., 2004) tarafından planimetrik detayların toplanmasında SPOT 5 görüntülerinin çeşitli tiplerinin kullanılmasının değerlendirildiği bir çalışmada; söz konusu görüntüler, 0.5 m çözünürlüğündeki hava fotoğraflarından elde edilen orto görüntülerin değerlendirilmesi ile nitelik ve nicelik olarak karşılaştırılmış ve şu sonuçlar elde edilmiştir; 2.5 m'lik renkli görüntüler en iyi kartografik potansiyele sahip olmasına rağmen, 2.5 m'lik S/B veya 5 m'lik renkli görüntüler de ayrı binaların olduğu yerleşim yerleri gibi bazı alanlar için oldukça yeterli olmaktadır. Şehirsiz alanlarda 2.5 m'lik stereo çiftler kullanmak ilave bilgiler sağlamaktadır. SPOT 5 görüntülerinin, 1:25.000 ölçekli standart topoğrafik haritaların içerik ve geometrik doğruluk kıstaslarını sağlayacak coğrafi bilgiler içerdiği, hava fotoğrafları ile karşılaştırıldığında yüzlerce kilometrekarelik alanın görüntülerinin kısa sürede elde edilebilmesi ve makul bir maliyette olması sebebiyle harita yapım amaçları için mükemmel bir araç olduğu iddia edilmektedir.

(Axes, vd., 2004) tarafından SPOT 5 verilerinin değerlendirilmesi amacıyla, Filipinler'de orta ölçekli topoğrafik harita çalışmalarında, SPOT 5 renkli görüntülerin orta ölçekli topoğrafik haritaların üretilmesi ve güncellenmesine veya 1:25.000 ile 1:50.000 ölçekli topoğrafik haritaların üretimine uygun olduğu belirtilmektedir. Her türlü durumda, hava fotoğraflarında olduğu gibi, özellikle yer isimlerinin güncellenmesi ve bazı özel verilerin toplanması ve kontrolü için arazi bütünlemesinin gerekli olduğu ifade edilmektedir. SPOT 5 görüntülerinin kullanımı bu çalışmalara göre arazi işlerini biraz daha fazla arttırmaktadır. Fakat SPOT 5 görüntülerinin maliyet etkinliği arazi maliyeti ile karşılaştırıldığında, uydu görüntülerinin maliyet avantajı göze çarpmaktadır.

(Fard, vd., 2004) tarafından 1:25.000 ölçekli haritaların SPOT 5 mono görüntülerden güncellenmesi ile ilgili yapılan çalışmada, SPOT 5 mono görüntüler kullanarak eski haritaları güncellenmenin mümkün olduğu, kasabalar, küçük köyler ve ayrı binalar gibi alan detayların tespit ve teşhisinin zor olmadığı, düşük kontrast gösteren kısımlar hariç yollar, yaz araba yolları ve demiryolları gibi çizgisel detayların kolaylıkla tespit ve teşhis edilebildiği, su/gaz kuyuları, tek ağaçlar gibi noktasal

detayları tespit ve teşhis etmenin mümkün olmadığı belirtilmiştir. Çalışma sonucunda SPOT 5 görüntülerden detayların % 90 oranında tespit ve teşhis edilebildiği iddia edilmektedir.

(Lacroix, vd., 2004) tarafından pankromatik ve çok bantlı SPOT 5 uydu görüntüleri üzerinde yapılan görünebilirlik testinde, kullanılan 10 test bölgesinin yol detaylarının % 85'i, yarı şehirleşmiş bölgelerin % 85'ten fazlası ve kırsal kesimlerin % 75'i tespit edilebilmiştir. 5 m çözünürlüklü görüntülerden açık alanlarda yol detaylarının tespit edilebildiği ve 2.5 m çözünürlüklü görüntülerin şehirsel bölgelerde binaların tespit edilmesinde yetersiz kaldığı belirtilmektedir.

SPOT 5 sistemi ile ilgili detay teşhisi ve doğruluk konularında çeşitli çalışmalar olmasına rağmen stereo SPOT 5 görüntülerini stereo hava fotoğrafları ile karşılaştıran bir çalışma yapılmamıştır. Dolayısı ile, SPOT 5 görüntülerinden üretilen 1:25.000 ölçekli topoğrafik haritanın, 1:35.000 ölçekli hava fotoğraflarından üretilen standart 1:25.000 ölçekli haritayı hangi seviyede karşılayabileceği konusunda bilgi vermek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

2. ÇİZGİSEL HARİTA GÜNCELLEME GEREKSİNİMLERİ

Harita üretimi ve güncellemesinde işlerin çoğunluğunu yeryüzündeki nesne ve detayların tanınması oluşturur. Görüntülerin görsel yorumlanmasından sonra, yorumlamadaki boşlukları doldurmak ve görüntüler üzerinde bulunmayan bilgiler (binaların kullanım amaçları, köy isimleri vb.) için arazi bütünlemesine ihtiyaç duyulur. Arazi bütünlemesi daima gereklidir, ama bu iş için sarf edilmesi gerekli çaba görüntülerin yorumlanma performanslarına göre değişmektedir. Tespit edilemeyen veya yanlış yorumlanan tüm detayların arazide kontrolü gerekmektedir.

Görüntü seçerken dikkat edilmesi gereken husus, en makul maliyeti verecek kadar uygun çözünürlüklü ve en az arazi işi gerektirecek düşük maliyetli görüntüleri seçmek arasında denge kurmaktır. Aşağıda yapılan tanımlarda NATO (North Atlantic Treaty Organization - Kuzey Atlantik Antlaşması Teşkilatı) tarafından geliştirilen görüntü yorumlama analizleri temel alınmıştır.

Bir nesnenin yorumlanması dört hiyerarşik seviyede ele alınmaktadır:

Tespit: Tanıma olmaksızın bir nesnenin keşfedilmesidir. Örneğin, görüntünün bu köşesinde beyaz bir çizgi mevcuttur.

Tanıma: Bir grup içerisinde bir nesnenin kimliğini belirleme yeteneği. Örneğin, bu beyaz çizgi bir yoldur.

Teşhis: Hassas bir şekilde bir nesnenin kimliğini belirleme yeteneği. Örneğin, bu yol iki şeritli bir yoldur.

Teknik Analiz: Bir nesnenin özniteliklerini hassas bir şekilde tanımlama yeteneğidir. Örneğin, iki şeritli yolu bir duvar ayırmaktadır.

NATO standartlarına göre, farklı nesnelere yorumlamak için gerekli çözünürlük ve söz konusu çözünürlüğü sağlamak için gerekli minimum hava fotoğrafı ölçeği Tablo 1'de verilmiştir (Blanc, 2003).

Yaz araba yolları ve patikalar gibi doğrusal olmayan nesnelere için pratik olarak, iyi kontrast gösteren karmaşık şekilli nesnelere boyutlarının iki pikselden büyük olduğu zaman tespit edilebildiği, dört pikselden büyük olduğu zaman teşhisin mümkün olduğu düşünülebilir.

(Blanc, 2003) Tablo 2, Tablo 3, Tablo 4, Tablo 5 ve Tablo 6'da çeşitli katmanlardaki detayların dört tip uydu görüntüsüne göre yorumlanabilirlik seviyesini vermiştir.

- SPOT 1-4 görüntüleri gibi yaklaşık 10 m çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri,
- SPOT 5, ALOS ve Cartosat-1 gibi 5-2.5 m çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri,
- IKONOS ve QUICKBIRD gibi 1 m ve daha yüksek çözünürlüğe sahip uydu görüntüleri.

Tablo 1. Minimum nesne çözünürlüğü ve karşılık gelen fotoğraf ölçeği.

	Tespit	Tanıma	Teşhis	Teknik Analiz
Yer Çözünürlüğü (m)				
HF Ölçeği (35 lp/mm)				
Yerleşim yerleri	60.00	15.00	3.00	0.75
	1:800,000	1:500,000	1:90,000	1:23,000
Liman ve körfezler	30.00	6.00	1.50	0.40
	1:900,000	1:180,000	1:50,000	1:11,000
Havaalanı yapıları	6.00	4.50	3.00	0.15
	1:180,000	1:140,000	1:90,000	1:4,500
Yollar	6.00	4.50	1.50	0.40
	1:180,000	1:140,000	1:50,000	1:11,000
Köprüler	6.00	4.50	1.50	0.30
	1:180,000	1:140,000	1:50,000	1:11,000
Hava araçları	4.50	1.50	0.15	0.04
	1:140,000	1:50,000	1:4,500	1:1,200
Araçlar	1.50	0.50	0.15	0.04
	1:50,000	1:18,000	1:9,500	1:1,200

Tablo 2. Ulaşım katmanı detaylarının yorumlanabilirlik seviyeleri.

Detaylar	Çözünürlük			
	10 m	5 m	2.5 m	1m ve daha yüksek
Ekspres ve oto yollar	Teşhis	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Tali yollar	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Daimi araba yolları	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Yaz araba yolları	Tespit tanıma arası	Tanıma	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası
Demiryolları	Tanıma	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Hava alanları ve iniş bölgeleri	Tanıma	Teşhis	Teşhis	Teknik analiz
Patikalar	Hayır	Hayır	Tanımaya kadar	Tanımaya kadar

Tablo 3. Hidroloji katmanı detaylarının yorumlanabilirlik seviyeleri.

Detaylar \ Çözünürlük	10 m	5 m	2.5 m	1m ve daha yüksek
Nehirler ve kanallar	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası
Dereler	Tespit teşhis arası	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası
Göller ve barajlar	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Pınarlar	Hayır	Hayır	Hayır	Hayır
Kuyular	Hayır	Hayır	Hayır	Tespit yok

Tablo 4. Diğer detaylar katmanı detaylarının yorumlanabilirlik seviyeleri.

Detaylar \ Çözünürlük	10 m	5 m	2.5 m	1m ve daha yüksek
Elektrik hatları	Tespit teşhis arası	Tespit teşhis arası	Tespit teşhis arası	Teşhis
Ana tüneller	Tespite kadar	Tespite kadar	Teşhise kadar	Teşhise kadar
Diğer tüneller	Hayır	Tespite kadar	Tespite kadar	Tespite kadar
Ana köprüler	Tespit teşhis arası	Tespit teşhis arası	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası
Diğer köprüler	Hayır	Tespite kadar	Tanımaya kadar	Tanımaya kadar
Spor alanları	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis teknik analiz arası

Tablo 5. Yerleşim yerleri katmanı detaylarının yorumlanabilirlik seviyeleri.

Detaylar \ Çözünürlük	10 m	5 m	2.5 m	1 m ve daha yüksek
Yüksek yoğunluklu şehirsal alanlar	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Düşük yoğunluklu şehirsal alanlar	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Köyler	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Ayrık binalar	Tespit tanıma arası	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Tespit teşhis arası

Tablo 6. Bitki ve arazi örtüsü katmanı detaylarının yorumlanabilirlik seviyeleri.

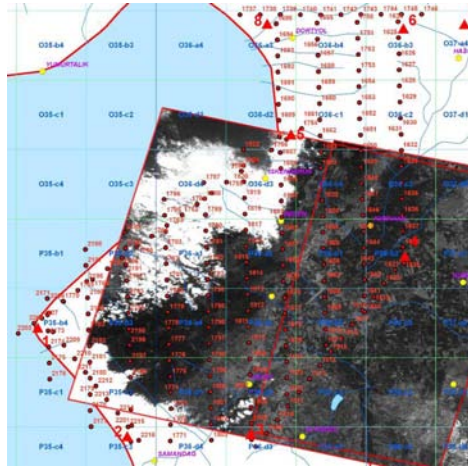
Detaylar \ Çözünürlük	10 m	5 m	2.5 m	1m ve daha yüksek
Ekili arazi	Teşhis	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Meyve bahçesi, dikili alan	Tanıma teşhis arası	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis
Çim alan	Teşhis	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Çalılık	Teşhis	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Orman	Teşhis	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Kayalık arazi	Teşhis	Teşhis	Teşhis	Teşhis

3. UYGULAMA

a. Çalışma Bölgesi ve Veriler

Çalışma bölgesi olarak uydu görüntüleriyle yaklaşık aynı tarihte hava fotoğrafları alınmış olan Hatay Bölgesi seçilmiştir. Bölge, bir dağ silsilesi haricinde genel olarak az engebeli bir karakter göstermektedir. Bölgede, kısmen ormanlık alanlar, geniş tarım alanları ve çok miktarda sulama kanalları mevcuttur. Şekil 1'de uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının ortak alanları görülmektedir. Şekil 1'deki kırmızı renkli noktalar fotoğraf orta noktalarını, kırmızı renkli üçgenler ise 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları bloğunu yönlendirmede kullanılan YKN'leri göstermektedir. Kullanılan hava fotoğrafları, Zeiss RMKTOP15 kamerasıyla 1/35.000 (\pm %10) ölçekte kinematik GPS destekli olarak çekilmiştir.

Uydu görüntüleri olarak, 2.5 m konumsal çözünürlüklü 25 Mayıs 2006 ve 26 Ağustos 2006 tarihli SPOT 5 görüntü çifti kullanılmıştır. Görüntüler uydudaki HRG aleti tarafından algılanmış, sadece basit radyometrik düzeltme getirilmiş Düzey 1A görüntüleridir. 2.5 m çözünürlüklü ürünler Süper Mod olarak adlandırılan kendine özgü bir yeniden örnekleme ile oluşturulmaktadır. Kullanılan görüntülerden birisinin kuzeybatı ve güneybatı köşesi kısmen bulutlarla kaplıdır. Görüntülerin bindirme oranı yaklaşık %50 olup uydu görüntüleri için ideal bir stereo çift oluşturmamaktadır. Görüntülerin B/H oranı 0.4'tür.



Şekil 1. Uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının ortak alanları.

b. Değerlendirmelerin yapılması

Stereo 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları ve 2.5 metre çözünürlüklü stereo SPOT 5 uydu görüntülerinden bir adet 1/25.000 ölçekli paftada değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirme farklı operatörler tarafından gerçekleştirilmiş olup, her iki operatör de yaklaşık 10 yıllık değerlendirme tecrübesine sahiptir. SPOT 5 uydu görüntülerini

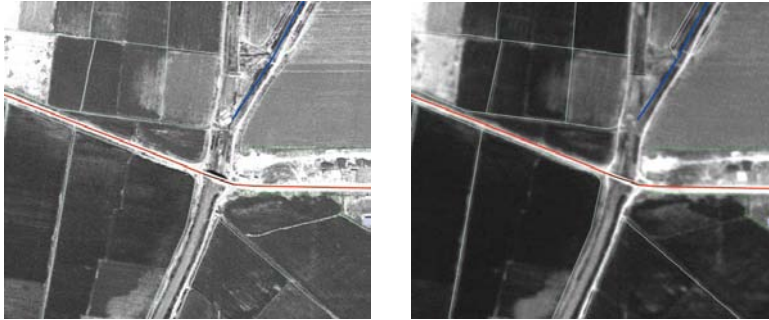
değerlendiren operatörün stereo SPOT uydu görüntüleri ile çalışma tecrübesi vardır. Operatörler değerlendirme yaparken 1/25.000 ölçekli raster haritaları detay tanımada altlık olarak kullanmışlardır. Hava fotoğraflarından değerlendirme Softplotter 3.0 yazılımında, SPOT 5 uydu görüntülerinden değerlendirme LPS 9.1 Stereo Analyst yazılımında gerçekleştirilmiş olup, değerlendirilen detaylar vektörel olarak karşılaştırılmışlardır.

Stereo SPOT 5 görüntülerini değerlendirirken uydu görüntü çifti arasındaki mevsimsel fark (25 Mayıs 2006 ve 26 Ağustos 2006) stereo görüntüyü bozucu etki yapmıştır. Özellikle tarım alanlarında Mayıs ayında yeşil olan alanlar Ağustos ayında sarı renge bürünmüş olup değerlendirme operatörünün gözünü rahatsız etmiştir. Tarım alanlarında söz konusu etkiden dolayı yaz araba yolları ve arklar da tam olarak tespit edilememiştir. Görüntüde tarım alanları çok az yükseklik farkı (en fazla 8 m) nedeniyle uygun bir stereo etki yaratmamıştır.

c. Değerlendirilen detayların karşılaştırılması

Detaylar; ulaşım, binalar ve yerleşim yerleri, bitki örtüsü, su kaynakları, sınırlar, arazi yapısı ve diğer detaylar olarak ana sınıflara ayrılmıştır. Detay sınıfları, 1/35.000 ölçekli hava fotoğrafları ve 2.5 m çözünürlüklü pankromatik SPOT 5 uydu görüntüleri kullanılarak detay teşhisi açısından incelenmiştir (Şekil 2). Her sınıfa ait detaylara aşağıdaki zorluk derecelerine göre not verilmiştir:

- A: kolay,
- B: muhtemel,
- C: arazi kontrolü gerekli,
- D: zor,
- E: çok zor veya imkânsız.



Şekil 2. 1/35.000 Ölçekli hava fotoğrafı (solda) ve SPOT 5 uydu görüntüsü (sağda) asphalt kaplama 25 m genişlikli yol.

Değerlendirme sonuçlarının her iki kaynaktan gerçek alanın ne kadarını yansıttığını belirlemek için yorumlama ve değerlendirme olanaklarındaki harflere, gerçek durumu karşılama yüzdeleri olarak A: 100; B: 80; C: 60; D: 30; E: 10 değerleri verilerek Tablo 7 oluşturulmuştur. Hava fotoğrafı ve uydu görüntüsü grubu arasında anlamlı bir

fark olup olmadığını % 5 anlam düzeyinde test etmek amacıyla eşlenik t-testi uygulanmıştır. Eşlenik t-testine ilişkin bilgi aşağıda sunulmuştur:

Eşlenik t-testinde; aynı ya da benzer denekler üzerinde birbirinden farklı iki işlemin uygulanması sonucu elde edilen verilere eşlenik çiftler denir. Eşlenik çift örneklerde ikinci rakamlar birincilerden çıkarılarak bir fark serisi oluşturulur. Fark serisini D ile gösterirsek, bu serinin oluşturduğu ana kütleinin ortalaması μ_D ve standart sapması σ_D olur. Sınırlı sayıda eşlenik çift üzerinden hesaplanan D , μ_D 'nin ve S_D , σ_D 'nin nokta tahminidir.

Fark serisinin ortalaması:

$$\bar{D} = \frac{\sum D}{n} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanırken, standart sapması,

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum (D - \bar{D})^2}{n-1}} \quad (2)$$

veya

$$S_D = \sqrt{\frac{\sum D - \frac{(\sum D)^2}{n}}{n-1}} \quad (3)$$

formüllerinden biri ile hesaplanır. Eşlenik t-testinin uygulamasında aşağıdaki eşitlik kullanılır.

$$t = \frac{\bar{D} - \mu_D}{S_{\bar{D}}}, \quad \mu_D=0 \text{ olduğundan } t = \frac{\bar{D}}{S_{\bar{D}}} = \frac{\bar{D}}{\frac{S_D}{\sqrt{n}}} \quad (4)$$

Eşlenik çift örneklerin testinde kurulabilecek muhtemel hipotez çiftleri şunlardır:

Sıfır hipotezi (H_0), $H_0 : \mu_D = 0$,
 Karşı hipotez (H_1), $H_1 : \mu_D \neq 0$,
 H_0 ret kararı $|t_0| > t_{\alpha/2; (n-1)}$ 'dir.

Tablo 7. Değerlendirilen detayların araziye temsil oranı.

Kategori	Detaylar	Yorumlama ve kıymetlendirme olanağı (Hava Fotoğrafi)	Hava Fotoğrafi Araziye temsil oranı (%)	Yorumlama ve kıymetlendirme olanağı (SPOT 5)	SPOT 5 Araziye temsil oranı (%)	
Ulaşım	Ekspres yol	A	100	A	100	
	İki veya daha çok şeritli asfalt,	A	100	B	80	
	İki veya daha çok şeritli gevşek	A	100	B	80	
	Tek şeritli gevşek yüzeyli yol.	B	80	C	60	
	Daimi araba yolu ve yaz araba yolu	B	80	C	60	
	Patika	C	60	D	30	
	Yapılmakta olan yol	B	80	C	60	
	Demiryolu (Çift Hat)	A	100	A	100	
	Demiryolu (Tek Hat)	B	80	B	80	
	Demiryolu istasyonu	A	100	A	100	
	Köprü	B	80	B	80	
	Menfez	C	60	D	30	
	Viyadük	A	100	A	100	
	Tünel	B	80	C	60	
	Uçak Pisti	A	100	A	100	
Binalar ve Yerleşim Yerleri	Karayolu göbek alanı	A	100	B	80	
	Nokta binalar	A	100	B	80	
	Alan binalar	A	100	B	80	
	Fabrika	A	100	A	100	
	Yerleşim alanı	A	100	A	100	
	Mezarlık alanı	A	100	A	100	
	Bitki Örtüsü ve Arazi Kullanımı	Çeltik tarlası	B	80	C	60
		Ekim alanı	B	80	B	80
		Açık alan	A	100	B	80
		Meyve bahçesi	B	80	B	80
		Geniş yapraklı orman	B	80	C	60
		İğne yapraklı orman	B	80	C	60
		Tek ağaç veya çalı	B	80	C	60
		Leçelik arazi	B	80	B	80
		Lavlı arazi	B	80	C	60
Maden veya taş ocağı		A	100	C	60	
Su Kaynakları	Pınar	C	60	E	10	
	Çeşme	B	80	D	30	
	Bataklık	B	80	C	60	
	Geniş ırmak	A	100	B	80	
	Basit çizgi ırmak	B	80	C	60	
	Ark	B	80	C	60	
	Kanalet	B	80	D	30	
	Dar Kanal	A	100	B	80	
	Geniş Kanal	A	100	A	100	
	Göl, gölet vb.	A	100	A	100	
Sınırlar	Yeşil Çit	B	80	B	80	
	Çit	C	60	D	30	
	Tel Çit	C	60	D	30	
	Duvar	B	80	C	60	
Fizyografya ve diğer arazi detayları	Yarma	A	100	B	80	
	Dolma	A	100	B	80	
	Hendek	B	80	C	60	
	Toprak Set	B	80	B	80	
	Enerji Nakil Hattı	B	80	D	30	
	Telefon Hattı	D	30	E	10	

Burada; H_0 hipotezi olarak, 1:35.000 ölçekli hava fotoğrafı ve SPOT 5 uydu görüntülerinden yapılan değerlendirmelerin %5 anlam seviyesinde farklılık göstermediğini söylenebilir. Bu durum SPSS istatistik yazılımında test edildiğinde Tablo 8 ve 9'daki sonuçlar elde edilmektedir. Tablo 9'da, "df" serbestlik derecesi olup " $n-1$ "e eşittir; $t_{\alpha/2}$, t-testi dağılım tablosundan $df=50$ ve $\alpha/2=0.025$ değerlerine bakılarak alınmıştır.

Tablo 8. Eşlenik çiftlerin istatistikleri.

Eşlenik Çift	Ortalama	Detay Adedi	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata	Korelasyon
Hava Fotoğrafı	85,29	51	15,146	2,121	0,836
Çiftler SPOT5	68,43	51	24,688	3,457	

Tablo 9. Eşlenik çiftlerin testi.

	Çiftlerin Farkları				t	df	$t_{\alpha/2}$	
	Ortalama	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata	Farkın %95 Güven Aralığı				
				Alt				Üst
Hava Fotoğrafı SPOT5	16,863	14,627	2,048	12,749	20,977	8,233	50	2,009

Elde edilen sonuçta, $|t_0(8.233)| > t_{\alpha/2; (50)} (2.009)$ olduğundan H_0 hipotezi ret edilir. Bu durum, 1:35.000 ölçekli hava fotoğrafları ve SPOT 5 uydu görüntüleri arasında 1:25.000 ölçekli harita üretimi amacıyla yapılan değerlendirmeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu anlamına gelmektedir.

ç. Değerlendirmenin nicelik olarak karşılaştırılması

1:35.000 ölçekli stereo hava fotoğrafları ve 2.5 m çözünürlüklü SPOT 5 stereo uydu görüntülerinden yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen vektör veriler nicelik olarak Tablo 10'da karşılaştırılmıştır. Tablo 10'da nokta detaylar "adet", çizgi detaylar "km" ve alan detaylar "dönüm" cinsinden verilmiştir.

Tablo 10 incelendiğinde; SPOT 5 uydu görüntülerinin 1:35.000 ölçekli hava fotoğraflarının detay değerlendirmesi yönünden karşılama oranı %77 olarak görülmektedir. "c. Değerlendirilen detayların karşılaştırılması" başlığında anlatılan çalışmada da; 1:35.000 ölçekli hava fotoğraflarının ortalama %85 oranında arazinin detay gereksinimini karşılayabildiği, SPOT 5 uydu görüntülerinde ise bu oranın %68 olduğu görülmektedir. Karşılama yüzdeleri birbirine bölündüğünde (%68 / %85) bu oranın %80 olduğu görülmekte olup, yaklaşık %3'lük bir sapmayla önceki sonuçları desteklediği mütalaa edilmektedir.

Tablo 10. Değerlendirmenin nicelik olarak karşılaştırılması.

Görüntü		1:35.000 Ölçekli Hava Fotoğrafı	SPOT 5 Uydu Görüntüsü	SPOT 5 / Hava Foto
Detay				
Nokta	Bitki Örtüsü	1315	980	0.75
	Endüstriyel	34	25	0.74
	Su	24	14	0.58
	Tesisler	34	28	0.82
	Ulaşım	850	610	0.72
	Yerleşim	2318	1256	0.54
Çizgi	Arazi Yapısı	64.2	42.5	0.66
	Sınırlar	50.3	34.6	0.69
	Su	1223.1	1104.2	0.90
	Tesisler	34.0	23.0	0.68
	Ulaşım	465.3	411.4	0.88
	Yerleşim	0.7	0.5	0.71
Alan	Bitki Örtüsü	430.3	392.1	0.91
	Endüstriyel	29.0	25.0	0.86
	Su	287.2	261.3	0.91
	Yerleşim	716.8	680.4	0.95
	ORTALAMA			

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Hava platformlarından uzay platformlarına geçişte önemli bir yer tutan SPOT uydu sistemleri gerek geometrik tutarlığı, gerek coğrafi bilgi içeriği ve gerekse maliyet etkin bir şekilde geniş alanları (60 km x 60 km) kapsamaları sebebiyle topoğrafik harita üretiminde önemli bir yer tutmaktadır. Hava platformlarından uzay platformlarına geçişte kesin bir sınır bulunmamaktadır. Halen hava platformlarının harita üretiminde vazgeçilemediği uygulamalar mevcuttur. Çözünürlük seviyesi, geometrik yöneltme kolaylığı, kullanım esnekliği gibi nedenlerle hava platformlarının uzun süre kullanılmaya ve gelişmeye devam edeceği düşünülmektedir. Son zamanlarda piyasada yaygınlaşan sayısal kamera sistemleri, gerek görüntü kalitesi gerekse GPS/INS sistemleri yardımıyla sağladığı yöneltme parametreleri sayesinde önemini hâlâ devam ettirmektedir.

Ülkelerin sınır bölgelerindeki uçuş yasakları, küçük alanlar için hava fotoğrafı çekiminin ekonomik olmadığı durumlar ve küreselleşen dünyada firmaların dünya üzerinde herhangi bir yere ait harita yapımı gereksinimleri hava fotoğrafları yerine uydu görüntülerinin kullanımını zorunlu hale getirmektedir. SPOT 5 görüntüleri yukarıda sayılan özellikleri sebebiyle orta ölçekli harita üretiminde önemli uydu görüntülerindedir. Söz konusu nedenlerden dolayı, topoğrafik harita üretiminde 2.5 m çözünürlüklü stereo SPOT 5 uydu görüntülerini kullanmak isteyen kişi ve kuruluşlara yardımcı bir karşılaştırma verisi olması amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

1:25.000 ölçekli topoğrafik harita üretimine yönelik yapılan değerlendirme çalışması sonuçlarının her iki veride gerçek durumun ne kadarını yansıttığını belirlemek için, yorumlama ve değerlendirme olanaklarındaki harflere, gerçek durumu karşılama yüzdeleri olarak A: 100; B: 80; C: 60; D: 30; E: 10 değerleri verilerek % 5 anlam düzeyinde test etmek amacıyla eşlenik t-testi uygulanmıştır.

Sonuç olarak; 1:35.000 ölçekli hava fotoğrafları ve SPOT 5 uydu görüntüleri arasında 1:25.000 ölçekli harita üretimi amacıyla yapılan değerlendirmeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu ortaya çıkmıştır. Ortalamalara bakıldığında hava fotoğrafları ile arazinin %85'i değerlendirilebilmekte, %15 arazide bütünleme çalışmalarına kalmaktadır. SPOT 5 görüntüleri ise arazinin %68'ini karşılayabilmekte, %32 arazi bütünlemesine kalmaktadır. Hava fotoğrafları ile yapılan değerlendirmedeki %15'lik kısmın bütünlemesinin ortalama 6 iş günü gerektirdiği düşünülürse, SPOT 5 uydu görüntüleri ile arazide bütünleme yaklaşık 12 iş günü olacaktır. Bu durum zaman ve maliyet yönünden oldukça zorlayıcı olmaktadır.

Yapılan çalışma göz önüne alındığında SPOT 5 uydu görüntülerinin 1:35.000 ölçekli hava fotoğraflarına göre 1:25.000 ölçekli topoğrafik harita ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kaldığı görülmektedir. Ancak, hava fotoğrafı olmadığı durumlarda üretim SPOT 5 uydu görüntüleri ile yapılacak ise aradaki detay kaybından üretici haberdar olmalı ve kullanıcı uyarılmalıdır. İlave kaynaklar (eski topoğrafik, kadastral, belki turistik haritalar, Google Earth gibi internet kaynakları vb.) kullanılarak bilgi eksiklikleri azaltılmaya çalışılmalıdır.

SPOT 5 uydu görüntülerinin 1:25.000 ölçekli topoğrafik haritalar için söz konusu eksikleri olmasına rağmen, coğrafi detay gereksinimi 1:25.000 ölçekli topoğrafik haritaya göre daha az olan 1:50.000 ölçekli topoğrafik haritaların coğrafi detay gereksinimini karşılayabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Axès F., Baillarin F., de Boussezon H., 2004, S POT 5 Application Valorisation Program Conclusions, XX. Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Commission VI, Working Group VI/4, 12-23 July 2004, İstanbul-Türkiye.

Blanc S.L., 2003, Considerations about map-updating and images resolution, <http://www.gisdevelopment.net/technology/ip/techip010.htm>, (28 Aralık 2006).

Fard S.N., Abotelebi A., Rad A.E., 2004, Evaluation Of The Potential Of SPOT 5 HRG, High Resolution Satellite Imageries For 1:25000 Scale Maps Revision, XX. Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Commission VI, Working Group VI/4, 12-23 July 2004, İstanbul-Türkiye.

Forghani, A., 2001, Evaluation of New Satellite Imagery Applications for Maintenance of AUSLIG Spatial Databases. Technical Report, Research and Development Section, Mapping and Maritime Boundaries Program, National Mapping Division, Geoscience Australia, August 2001, s.1-135.

Lacroix V., Hincq, A., Mahamadou I., Bruynseels H., Swartenbroekx O., 2004, A Visibility Test On SPOT 5 Images, XX. Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Commission VI, Working Group VI/4, 12-23 July 2004, İstanbul-Türkiye.

Lasselin D., Breton, E., Sempère J.P., Cantou J.Ph., 2004, Evaluation Of The Geographic Information Potential Of SPOT 5, XX. Congress of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS), Commission VI, Working Group VI/4, 12-23 July 2004, İstanbul-Türkiye.

Önder, M., 2001, Uzaktan Algılamada Topoğrafik Uygulamalar, Harita Genel Komutanlığı Matbaası, Ankara, s.3-4.