

# 2.5 M ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ STEREO UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN 1/25.000 ÖLÇEKLİ TOPOĞRAFİK HARİTA ÜRETİLEBİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Altan YILMAZ<sup>(1)</sup>, Ferruh YILDIZ<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Harita Genel Komutanlığı, 06100 Dikimevi, Ankara

<sup>(2)</sup>Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Selçuklu, Konya  
altan.yilmaz@hgk.msb.gov.tr, fyildiz@selcuk.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELEER:** Uydu görüntüsü, topoğrafik harita, hava fotoğrafı, değerlendirme.

## 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. çözünürlük stereo SPOT 5 görüntüleri detay değerlendirme yeteneklerini ölçmek amacıyla 1:35.000 ölçekli stereo hava fotoğrafları ile karşılaştırılmıştır. Stereo SPOT 5 görüntüleri ile test alanının %68'inin değerlendirilebildiği, %32'sinin 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 değerlendirilmektedir.

## 1. GİRİŞ

Çok hızlı teknolojik değişim gösteren bir çağda yaşamaktayız. Fotogrametri de bu hızlı değişimden payını almıştır. Fotogrametri konusundaki bu gelişme, temelde son zamanlarda patlama yapan bilgi teknolojisinin bir sonucu olup, bilim ve mühendisliğin genel gelişimiyle yakından ilişkilidir. Fotogrametri ile ilgili olarak son yıllara bakacak olursak birkaç alandaki büyük değişimleri fark edebiliriz. Özellikle elektronik ve bilgisayar teknolojilerindeki genel gelişme, fotogrametride donanım, yöntem ve entegrasyon alanlarında yeni ilerlemelere yol açmıştır.

Mevcut haritacılık sistemleri, genellikle çalışma istasyonları ve son birkaç yılda hızla ilerleyen bilgisayar teknolojisi sonucu kişisel bilgisayarlardır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) potansiyeli digital haritacılık sisteminin kritik bir parçasıdır. Altlık olarak ortofoto ve stereo görüntü çiftlerinin kullanımını olanaklı kılan hem raster hem de vektör grafik gösterimlerdir. Bu yetenek harita revizyonu ve CBS uygulamaları için geometrik olarak doğru bir altlık sağlamaktadır.

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 gibi uydu sistemleri uydu görüntülerini fotogrametrinin bir parçası haline getirmiştir. İlk başlarda sadece küçük ölçekli haritacılık uygulamaları için yeterli olan uydu görüntüleri, günümüze geldiğimizde ulaştığı çözünürlük seviyesi (0.61 cm QUICKBIRD ve 1 m. IKONOS) ile 1:10.000 gibi büyük ölçekli haritaların üretilebilmesini olanaklı kılmıştır. Amerika tarafından 2007 yılı içerisinde yörüngeye yerleştirilmesi planlanan 0.5 m. çözünürlüklü iki uydu bu ölçeği 1:5.000'e kadar yükseltebilecektir.

Orta ölçekli (1:25.000 - 1:100.000) coğrafi bilginin çağdaş anlamda hızlı, güvenilir ve dolayısı ile güncel elde edilmesine olanak veren gerek fotogrametrik 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 uzay 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 alınmadığı veya görüntü alımının ekonomik olmadığı durumlarda, uydu görüntüleri hayati öneme haiz olmaktadır. Burada önemli olan, uydu görüntülerini yönetecek ve veri toplanmasını sağlayacak yazılımların mevcut olması, arzu edilen seviyede geometrik doğruluk sağlayacak yer kontrol noktaları (YKN), yöneltme parametreleri ve üretilecek harita ölçeğinin veri gereksinimini sağlayacak çözünürlükte ve dolayısıyla ekonomiklikte 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.

Uydu görüntülerinden harita üretiminde dikkat edilmesi gereken, maliyet ve çözünürlük optimizasyonunun sağlanmasıdır. SPOT sistemi 1986 yılından beri görüntü sağlayan, maliyet ve çözünürlük optimizasyonu sağladığı değerlendirilen bir sistemdir. Siyah/beyaz görüntülerde 10 m. ile başlayan çözünürlük SPOT 5 sistemi ile birlikte 2.5 m.ye kadar yükselmiştir. 2.5 m. çözünürlük, geniş kapsama alanı (60kmx60km) ve uygun görüntü maliyeti orta ölçekli harita (1:25.000-1:100.000) üretiminde SPOT 5 sistemini önemli bir konuma sahip kılmaktadır.

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). Norveç'te, SPOT görüntülerinden 1:50K haritaları güncellemek için yarı otomatik bir yöntem kullanılmıştır (Solberg, 1992). İngiltere'de, 1:50K ölçekli harita yapımı için gerekli bilgilerin %80'i SPOT verisi kullanılarak toplanmıştır (Downman ve Peacegood, 1988). İlave olarak, SPOT görüntüleri Kenya'da 1:25K ölçeğinde %87-%92 detay tespit doğruluğunda yolların ve arazi örtüsünün haritalarının yapılması amacıyla kullanılmıştır. Tecrübeler SPOT Pan görüntülerinin tek başına yeterli olmadığını, ayrıca SPOT XS kullanılırsa değişikliklerin çoğunun etkin bir şekilde tespit edilebileceğini göstermiştir (Forghani, 2001).

2004 yılında Sırbistan'a ait 1:25K ölçekli haritaların, Sırbistan Askeri Coğrafya Ölçme Enstitüsü tarafından IGN'e güncellemesi yaptırılmıştır. Bu haritalar, 20 yıllık olup herhangi sayısal bir ortamda bulunmamaktadır. Öncelikli olarak haritalar taranarak, raster altlık haline getirilmiştir. 2.5 m. çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntüleri kullanılarak hem vektör haritaları üretilmiş hem de güncelleştirilmiştir. Aylar süren eski harita güncelleme yöntemi ile karşılaştırıldığında oldukça fazla avantaj sağlamaktadır. Hava fotoğrafları kullanılarak yapılan eski yöntemle karşılaştırıldığında maliyet, yaklaşık beşte bir oranında düşmüştür (SPOT Magazine, 2005).

Forghani, vd. (2003) tarafından yapılan bir projede, SPOT 5 ve SPOT 2 ile ETM+ görüntülerinin, Avustralya'daki Katherine, NT ve Derby bölgelerinde 1:100K ve 1:200K ölçekli topoğrafik haritaların güncellemesinde kullanılması test edilmiştir. Uydu görüntülerinden detay tespit oranını araştırmak için referans olarak 1:50.000 ölçekli hava fotoğrafları kullanılmıştır. Çalışmalar, SPOT 5 görüntülerinin yüksek çözünürlüğü sayesinde SPOT 2 ve ETM+ görüntülerine göre oldukça fazla detay ayırt etme sağladığını göstermiştir. 2.5 m. çözünürlüklü SPOT 5 uydu görüntülerinin 1:50.000 ve 1:25.000 ölçekli haritaların gerektirdiği detayların toplanmasına olanak sağlayacağı iddia edilmektedir. Sonuç olarak; Ulusal Haritacılık Kuruluşları için SPOT 5 uydusunun ileriki topoğrafik harita revizyonlarında daima bir alternatif olarak tutulması gerektiği önerilmektedir.

Lasselin, vd. (2004) tarafından planimetrik detayların toplanmasında SPOT 5 görüntülerinin çeşitli tiplerinin kullanılmasının değerlendirildiği bir çalışmada iki analiz yapılmıştır: Birinci analizde gelişmiş ülkelerde mevcut harita

veya veri tabanlarının kontrol edilmesi ve güncellenmesi ile ilgilenilmiştir. İkinci analizde ise; gelişmekte olan ülkelerde temel haritaların ve veri tabanlarının güncellenmesi veya üretilmesi incelenmiştir. Birinci çalışma için test alanı olarak Fransa'nın Pamiers kasabası ve ikinci çalışma için ise Burkina Faso'nun başkenti Ouagadougou seçilmiştir.

Söz konusu görüntüler, iki farklı operatör tarafından, aynı yazılım kullanılarak değerlendirilmiş ve 0.5 m. çözünürlüğündeki hava fotoğraflarından elde edilen ortogörüntülerin 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 ayrık binalar olduğu yerleşim yerleri gibi bazı alanlar için oldukça yeterli olmaktadır. Şehirsel 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 kriterlerini sağlayacak coğrafi bilgiler içerdiği, hava fotoğrafları ile karşılaştırıldığında yüzlerce kilometrekarelik alanın görüntülerinin kısa sürede elde edilebilmesi ve makul bir maliyette olması sebebiyle haritacılık 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 güncellemesine veya 1:25.000 ile 1:50.000 ölçekli topoğrafik haritaların üretimine uygun olduğu belirtilmektedir. Her türlü durumda, hava fotoğraflarıyla olduğu gibi, özellikle yer isimlerinin güncellenmesi ve bazı özel verilerin toplanması ve kontrolü için arazi bütünlümesi gereklidir. SPOT 5 görüntülerinin kullanımını 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 kullanılarak eski haritaları güncelleme mümkün olduğu, kasabalar, küçük köyler ve ayrık binalar gibi alan detayların tespit ve teşhisinin zor olmadığı, düşük kontrast gösteren kısımlar hariç yollar, yaz araba yolları ve demiryolları gibi çizgisel detayların kolaylıkla toplandığı, su/gaz kuyuları, tek ağaçlar gibi noktasal detayların 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 multispektral 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. SPOT 5 görüntülerinden elde edilebilecek 1:25.000 ölçekli topoğrafik harita üretiminin gerektirdiği detay seviyesi ile uygunluk konusunda bilgi vermek amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

## 2. ÇİZGİSEL HARİTA GÜNCELLEME GEREKSİNİMLERİ

Harita üretimi ve güncellemesinde işlerin çoğunluğu yeryüzündeki nesne ve detayların tanınmasına dayalıdır. 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 işi başarmak 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 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 özneliklerini 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) aşağıdaki Tablolarda çeşitli katmanlardaki detayların dört tip uydu görüntüsüne göre yorumlanabilirlik seviyesini vermiştir (Tablo 2-6).

- 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

Cözünürlük Detaylar	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 baraçlar	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

Cözünürlük Detaylar	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

Cözünürlük Detaylar	10 m.	5 m.	2.5 m.	1m. ve daha yüksek
Yüksek yoğunluklu şehirseller alanlar	Tanıma teşhis arası	Teşhis	Teşhis	Teşhis
Düşük yoğunluklu şehirseller 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

Cözünürlük Detaylar	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

#### 3.1 Çalışma Bölgesi ve Veriler

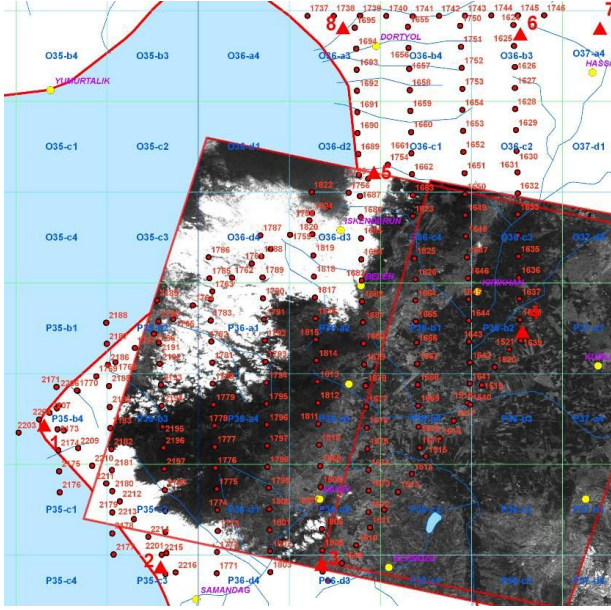
Çalışma bölgesi olarak uydu görüntüleriyle yaklaşık aynı tarihte hava fotoğrafları alınmış olan Hatay Bölgesi seçilmiştir. Bölge, bir dağ silsilesi haricinde genel olarak az engebeli bir karakter göstermektedir. Bölgede, kısmen ormanlık alanlar, geniş tarım alanları ve çok miktarda sulama kanalları mevcuttur. 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 yöneltmede kullanılan YKN'leri göstermektedir.

Çalışmada Zeiss RMKTOP15 kamerasıyla 1/35.000 ( $\pm$  %10) ölçekte kinematik GPS destekli olarak çekilen hava fotoğrafları kullanılmıştır.

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 oluşturamamaktadır. Görüntülerin B/H oranı 0.4'tür.



Şekil 1. Uydu görüntüleri ve hava fotoğraflarının ortak alanları

### 3.2 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 değerlendirirken 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 gerçekleştirilmiştir. Değerlendirilen detaylar vektörel olarak karşılaştırılmışlardır.

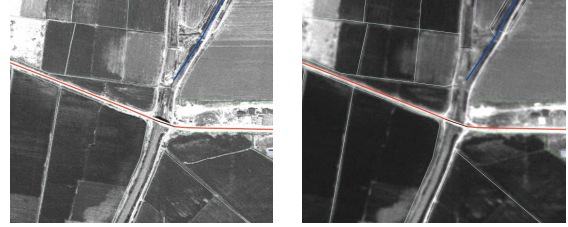
Stereo SPOT 5 görüntülerini değerlendirirken uydu görüntü çifti arasındaki mevsimsel fark (25 Mayıs 2006 ve 26 Ağustos 2006) stereo görüntüyü bozucu etki yapmaktadır. Özellikle tarla alanlarında Mayıs ayında yeşil olan alanlar Ağustos ayında sarı renge bürünmüş olup değerlendirme operatörünün gözünü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

### 3.3 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. 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) asfalt 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 kütleli ortalaması  $\mu_D$  ve standart sapması  $\sigma_D$  olur. Sınırlı sayıda eşlenik çift üzerinden hesaplanan  $D$ ,  $\mu_D$ 'nin ve  $S_D$ ,  $\sigma_D$ '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

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

formüllerinden biri ile hesaplanır.

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

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 Fotoğrafı)	Hava Fotoğrafı 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
	Karayolu göbek alanı	A	100	B	80
Binalar ve Yerleşim Yerleri	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 söyleyebiliriz. Bu durumu SPSS istatistik yazılımında test edecek olursak Tablo 8

ve 9'daki sonuçları elde ederiz. Tablo 4.11'de, "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	Sayı	Standart Sapma	Ortalama Standart Hata	Korelasyon
Hava Fotoğrafi	85,29	51	15,146	2,121	0,836
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 Fotoğrafi 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.

detaylar "adet", çizgi detaylar "km" ve alan detaylar "dönüm" cinsinden verilmiştir.

### 3.4 Değerlendirmenin nicelik olarak karşılaştırılması

1:35.000 ölçekli stereo hava fotoğrafları ve SPOT 5 2.5 m çözünürlüklü stereo uydu görüntülerinden yapılan değerlendirme sonucunda elde edilen vektör veriler nicelik olarak Tablo 10'da karşılaştırılmıştır. Tablo 10'da nokta

Tablo 10 incelendiğinde; SPOT 5 uydu görüntülerinin 1:35.000 ölçekli hava fotoğraflarını detay değerlendirmesi yönünden karşılama oranı %77 olarak görülmektedir. Bölüm c'de yapılan 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 Bölüm c'deki sonuçları desteklediği mütalaa edilmektedir.

Tablo 10. Değerlendirmenin nicelik olarak karşılaştırılması

Görüntü		1:35.000 Ölçekli Hava Fotoğrafi	SPOT 5 Uydu Görüntüsü	SPOT 5 / Hava Foto
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				0.77

#### 4. Sonuç ve Öneriler

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 yönelme kolaylığı, kullanım esnekliği gibi nedenlerle hava platformlarının uzun süre kullanılmaya ve gelişmeye devam edeceği değerlendirilmektedir. Son zamanlarda piyasada yaygınlaşan digital kamera sistemleri, gerek görüntü kalitesi gerekse GPS/INS sistemleri yardımıyla sağladığı yönelme 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 ise 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 kaynaktan 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 bütünlüme çalışmalarına kalmaktadır. SPOT 5 görüntüleri ise arazinin %68'ini karşılayabilmekte, %32 arazi bütünlümesine kalmaktadır. Hava fotoğrafları ile yapılan değerlendirmedeki %15'lik kısmın bütünlümesinin ortalama 6 iş günü gerektirdiği düşünülürse, SPOT 5 uydu görüntüleri ile arazide bütünlüme 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 minimize edilmeye 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 haritanın coğrafi detay gereksinimini karşılayabileceği değerlendirilmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Axès F., Baillarin F., de Boissezon 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).
- Dowman, I. J. ve Peacegood, G.**, 1988, Information Content of High Resolution Satellite Imagery, Photogrammetria, Vol. 43, pp. 295-310.
- 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, pp. 1-135.
- Forghani, A., Reddy, S., Smith, C.**, 2003, Evaluating SPOT-5 Satellite Imagery for National Mapping Division's Topographic Mapping Program. Spatial Sciences.
- 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, sayfa 3-4.
- Solberg, R.**, 1992, Semi-automatic Revision of Topographic Naps from Satellite Imagery, XVI ISPRS, Washington D. C., USA, 1992.
- Spot Magazine**, 2005, Revising Serbia's Topographic Maps a Successful Case Study, Spot Magazine No.40.

#### BİLGİLENDİRME

Makaledeki düşünceler yazarın şahsi düşünceleri olup, kurumsal görüş niteliği taşımamaktadır.