

SAYISAL YÜKSEKLİK MODELLERİNDE GENEL DURUM VE GELİŞMELER

Mustafa ÖNDER

ÖZET

Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM) bugün için birçok ülkede ve büyük bir çeşitlilik içinde bulunmaktadır. Bu çeşitlilik; duyarlık yönünden olduğu kadar, bölgesel ya da tüm ülkeyi hatta tüm yer küreyi kapsayan biçimdedir. Ayrıca üretim yöntemleri açısından da farklılıklar göstermektedir. Böyle geniş bir yelpaze içerisinde yer alan SYM'lerin kullanıcıların her türlü beklentisine cevap verebilecek nitelikte olduğunu söylemek yanlış olacaktır.

Bu yazıda şimdiye kadar üretilmiş SYM'lerin oluşturulma amaçlarının yanında, ekonomi ve kalite durumları da gözönünde tutularak genel bir analizi yapılmaya çalışılmıştır. Ayrıca sayısal görüntülerden otomatik SYM üretimi ve özellikle sayısal kamera ve uydu görüntülerini esas alan gelişmelere yönelik kısa bir değerlendirme sunulmuştur.

ABSTRACT

At present, Digital Elevation Models (DEM) are available in various type in most of the countries. Point of view of these varieties are both precision and scope of regional or country wide either world wide. It is also differentiated by means of production methods. It is not correct to notify that DEMs in various type can response all kind of expectations of the users.

DEMs which are being produced by present are analyzed in that paper by concerning purposes of construction, economy and quality. Also, there is a brief assessment on automatic DEM production from digital images and progresses on digital cameras and satellite imagery.

1. GİRİŞ

Sayısal Yükseklik Modelleri (SYM), bugün için birçok ülkede ve büyük bir çeşitlilik içinde bulunmaktadır. Bu çeşitlilik; örneğin, gravite ölçümlerine düzeltme getirme amacıyla oluşturulmuş çok düşük duyarlıktaki modellerden, yol güzergah çalışmaları için üretilmiş çok yüksek duyarlığa sahip mo-

dellere kadar geniş bir yelpaze içinde yer almaktadır. Sadece küçük bir proje alanını kaplıyan SYM'nin yanında tüm yer küreyi içeren SYM'de üretilmiştir. SYM, örneğin bir pilot çalışma için özel nitelik taşıyabildiği gibi çok kullanıcıyı bir yer-bilgi yapısı içinde standart bir üretim bileşeni olarak da yer alabilmektedir /6/.

Ulusal harita üretim kuruluşları tarafından standart bir ürün niteliğinde sunulan SYM, genellikle eş yükseklik eğrilerinin sayısallaştırılmasından türetilmiştir. 1/25.000 veya 1/50.000 ölçekli temel harita serilerine ait eş yükseklik eğrileri bu çalışmalara altlık oluşturmıştır.

Bu aşamada, değişik şekillerde oluşturulan sayısal yüzeyin sınırlı kalitesi, bazı alanlarda sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Özellikle eğim ve eğim kırılmasının önemli olduğu erozyon ve buna benzer çalışmaları içeren arazilerde kullanılan SYM'nin beklenenden daha düşük doğrulukta olduğu gerçeği ile karşılaşılabilmektedir. Burada, söz konusu SYM verilerinin yetersiz örnekleme sıklığı ile elde edilmiş olması ve sonuçta eşyükseklik eğrileri arasında örneklenmemiş bir arazi kabartıntısının kalması önemli bir nedendir. Bir diğer neden de, haritalardan elde edilen yükseklik verilerindeki hataların çokluğudur. Fotogrametrik çalışmalardaki hatalar (Fotogrametrik ni-rengi, yöneltme, ölçüm ve kıymetlendirme), kullanılan altlıklardaki deformasyonlar ve kartografik tersim aşamasında ortaya çıkan hatalar bunların başlıcalarıdır. Kırık hatlar, toprak setleri, yarlar vb. ile kaplı araziler ve dağlık yörelerdeki eşyüksekti eğrileri, genelleştirme işlemi sonucu ötelemeye (yer değiştirme) uğramaktadırlar. Ayrıcı analogtan sayısal dönüşüm evresinde de hatalar oluşmaktadır /6/.

Salt fotogrametrik teknikler kullanılarak daha yüksek kalitede SYM oluşturulabilir. Ancak bunlar çok özenle hazırlanmış olmalarının yanında zaman alıcıdırlar. Burada, şimdiye kadar üretilmiş SYM'lerin oluşturulma amaçlarının yanında sergiledikleri ekonomi ve kalite durumları da gözönünde tutularak genel bir analizi yapılmaya çalışılacak, bunu takiben, sayısal görüntülerden otomatik SYM üretimi ve özellikle sayısal kamera ve uydu görüntülerini esas alan gelecekteki tekniklere yönelik kısa bir değerlendirme sunulacaktır.

2. SYM'NDE MEVCUT DURUMUN GENEL BİR DEĞERLENDİRMESİ

Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) teknolojisinin ortaya çıkması ile ulusal çaptaki yükseklik veri tabanları daha geniş bir kullanıcı kitlesine hizmet ede-

bilir duruma gelmiştir. Doğal kaynakların araştırılması, toprak kullanım çalışmaları, fiziksel planlama, bölgesel veya kırsal gelişmeye yönelik mühendislik uygulamaları, askeri ya da sivil güvenlik çalışmaları ile ilgili uygulamalar, haberleşme (iletişim) ağı planlamaları ve sayısal harita güncelleştirmesi, bu yeni teknolojinin yararlanıldığı önemli alanlardır. Bu çerçevede gittikçe artan ayrıntılı bir sayısal yükseklik bilgisi isteği bulunmaktadır.

a. Ekonomik Değerlendirme

Ulusal harita üretim kuruluşları ülke coğrafi veri tabanlarının oluşturulması, yönetimi, korunması ve kullanıcıların hizmetine sunulması işlevlerini gözönüne almadan, ulusal ölçekte bir sayısal yükseklik veri tabanı kurma düşüncesini gerçekleştirme yoluna gitmesi yanlış bir adım olarak nitelendirilmektedir. Diğer taraftan dünyadaki bir çok ulusal harita üretim kuruluşu, bütçe sınırlamaları nedeniyle ekonomikliği sürekli olarak ön planda tutma zorunluluğu ile karşı karşıyadır. Bu gerçekten hareketle yükseklik veri tabanları ulusal coğrafi veri tabanlarının ayrılmaz bir bileşeni olarak düşünülüp bu sistem yapısı içerisinde ele alınmak durumundadır.

Ulusal SYM'nin şu anda en ekonomik yol olarak değerlendirilen mevcut 1/25.000 veya 1/50.000 ölçekli harita serilerinden elde edildiği durumlarda, başlangıç bölümünde sözü edilen hata kaynaklarının varlığı gözönünde tutularak, sürekli iyileştirme yani doğruluğunu arttırmak için ortaya çıkacak olanaklardan en iyi şekilde yararlanmayı sağlayacak bir yöntem izlenmelidir.

Bu yöntemlerin başında orto foto üretimi gelmektedir. Genelde SYM'nin ilk uygulama alanlarından biri olan ortofoto tekniğinde kullanılan yükseklik bilgileri çok küçük bölgeleri içerse de, ulusal yükseklik veri tabanının o bölgesi için bir iyileştirme olanağı olarak değerlendirilmelidir. Diğer taraftan bu yükseklik bilgileri, üretilen ortofoto haritanın ilerde söz konusu olabilecek güncelleştirme sorununu, sadece yeni hava fotoğraflarının çekilmesiyle çözümlenmesinde kullanılabilir. Doğal olarak böylece, mevcut harita serisinin detay güncelleştirilmesi de sağlanmış olacaktır.

Daha küçük ölçekli harita serilerinin sayısallaştırılması ile elde edilen SYM, daha düşük doğruluğa (ayırma gücüne) sahip olmakla birlikte üretimleri hızlı, koruma maliyeti açısından ekonomiktirler. Ancak bu aşamada,

SYM ile verilen yüzey ayrıntısının derecesi, kullanıcı beklentilerini karşılayacak yeterliliğe sahip olma gerekliliğini de beraberinde getirmektedir.

Sadece belirli bölgeler veya özel uygulamalar için gereksinim duyulan daha yüksek ayırma gücü ve daha yüksek doğruluk içeren SYM bilgileri, harita üretim kuruluşunun ek üretim planlarına dayalı kısmi ölçmeler ile karşılanmalıdır. Bu tür istekler, kuruluşun gelirlerini arttırmanın yanında yükseklik veri tabanının kalitesini arttırmada da bir olanak olarak değerlendirilebilir.

İşin bir diğer yönü de, kullanıcı isteklerinin zamanla değişmesidir. Bu durum çok amaca yönelik yükseklik veri tabanlarına gereksinim olduğunu gösterir. Daha ayrıntılı düzeyde ve daha yüksek kalitedeki isteklere yanıt verebilecek bir veri tabanı organizasyonu ve bunun sürekli güncel tutulmasının önemi ayrı bir boyut olarak kendini göstermektedir /6/.

b. Kalitenin Geliştirilmesi

SYM'de kalite gelişimi hem güncelleştirme (updating) hem de iyileştirme (upgrading) yolu ile sağlanır. Buradaki güncelleştirme terimi, söz konusu veri tabanında bilginin yenilenmesi ile ilgilidir. İyileştirme ise, yeni bilginin eklenmesi, gereksiz bilginin çıkartılması ve/veya doğruluğun, güvenilirliğin, uygunluğun, görünümün v.s. geliştirilmesini içerir.

Düşük ayırma güçlü yükseklik veri tabanları, volkanik faaliyetler, heyelanlar, seller v.s. gibi nedenlerle topografyada önemli değişimler olmadıkça hızlı bir şekilde güncelliğini yitirmez. Ayrıntılı SYM ise, yol, baraj, kanal v.s. gibi insan faaliyetlerinin neden olduğu topografik değişimlere sık sık uğrar. Gerek insan faaliyetleri, gerekse doğal olaylar sonucu SYM'deki değişimler, yeterli bir güncelleştirme süresi belirlenerek yenilenmelidir.

Kalitenin duyarlık yönü, SYM'den hesaplanan bir yükseklik değerinin karesel ortalama hatası ile ifade edilir. SYM'nin karesel ortalama hatası iki bileşenden oluşur;

$$\sigma^2 = \sigma_s^2 + \sigma_R^2$$

buradaki σ_s^2 kullanılan enterpolasyon yöntemi ve örnekleme yoğunluğuna bağlıdır. σ_R^2 ise söz konusu dayanak verilerinin duyarlılığı ile ilgilidir.

Düzenli grid SYM'nde, bu iki bileşen, başka bir ölçüye başvurmaksızın kestirmek kolaydır. σ_s : SYM'nin kendisinden ve kullanılan enterpolasyon yön-

teminin transfer fonksiyonundan kestirilebilir. σ_R 'yi hesaplamak için ise kullanıcı, söz konusu yükseklik değerlerinin ölçüm hassasiyetini tanımlayan σ_m ' i bilmek zorundadır. Uygun bir ölçüm işleminde, rastgele hatalar σ_m 'in en önemli bileşenleridir. O zaman σ_R , kullanılan enterpolasyon yönteminin transfer fonksiyonu ve σ_m 'den hesaplanabilir /6/.

Diğer taraftan SYM'nin doğruluğunu (fidelity) ya da tamlığını değerlendirmek için henüz uygulanabilir bir model olmamakla birlikte analitik aletlerdeki superimposition sistemi kullanılabilir.

Yüksek düzeyde iyileştirme, ancak fotogrametrik yöntemle örnekleme yapılarak elde edilebilir. Topoğrafik veri tabanında yer almayan sırt hatları, kesikler ve toprak setleri stereomodellerden kolayca değerlendirilebilir. Ayrıca, superimposition olanağına sahip stereo değerlendirme aletleri kullanıldığında, eş yükseklik eğrilerindeki hatalar (ötelemeler, boşluklar v.s.) araştırılabilir ve yapılan ölçümlerle düzeltilebilir. Sonuçta yeni fotoğrafların kullanılmasıyla topoğrafyadaki değişiklikler incelenir ve güncelleştirme işlemi gerçekleştirilmiş olur.

3. OTOMATİK SYM ÜRETİMİ

Klasik SYM üretimi hangi yöntemle (fotogrametrik, çizgisel harita veya araziden) elde edilirse edilsin en zaman alıcı ve yorucu bölümünü veri toplama aşaması oluşturmaktadır. Sonuçta operatöre bağımlı uzun ve sıkıcı bu işlem, insandan kaynaklanan hataların ayrı bir kaynağı durumundadır. Temel düşünce olarak, insandan kaynaklanan hataları en aza indirmek ya da bütünüyle ortadan kaldırmayı hedefleyen otomasyon tekniği, son yıllarda her alanda olduğu gibi SYM üretiminde de kullanılmaya başlanmıştır. Beraberinde elektronik ve bilgisayar teknolojisinin üstün yeteneklerini de kullanan bu sistemler, operatörleri usandırıcı ölçüm işinden kurtarmanın yanında, daha hızlı ve hassas görev yapılmasını sağlayacak bir gelişme çizgisini başarıyla sürdürmekte ve kısa bir süre sonra stereo fotogrametrinin geleceğini temsil edeceğine kesin gözüyle bakılmaktadır.

Sayısal bu tür sistemlerle çalışabilmek için görüntülerin de sayısal olması gerekliliği, 1972 yılından itibaren uzaya gönderilmeye başlanan uzaktan algılama amaçlı LANDSAT uydularındaki çok bantlı algılayıcılardan elde edilen sayısal görüntülerin, bu alanda ilk uygulama çalışmalarının temelini oluşturmasına neden olmuştur. Ardından SPOT uydusunun stereo görüntülerinin devreye girmesiyle söz konusu teknik, bütünüyle stereofotogrametrinin esaslarını benimsemiş bir yapıya dönüşmüştür.

Sayısal yükseklik bilgilerinin, otomatik korelasyon tekniği kullanarak stereo uydu görüntülerinden elde edilmesi yönündeki çalışmalar günümüzde büyük gelişim göstermiştir. Paralaks farklarını belirleyerek sayısal yükseklik modelini elde etme şeklinde kullanılan bu teknik, görüntü çiftlerinin karşılaştırılmasını gerekli kılmaktadır. Söz konusu geometrik model, yörünge bilgileri ve yer kontrol noktalarının eklenmesiyle tamamlanmaktadır. Görüntü korelasyonu eşlenik (epipolar) hatlar boyunca oluşturulan kenar veya detay (feature) noktalarını esas alır.

Şu anda Fransa'da IGN ve SEP, Kanada'da MDA ve DIGIM, İngiltere'de University College London, İsveçte SATIMAGE, A.B.D.'de Geospectra ve Welch, otomatik korelasyon teknikleri ile SYM üretmektedirler /5/.

Stereo SPOT görüntülerinden otomatik korelasyon tekniği ile SYM oluşturmada üç ana işlem aşaması bulunmaktadır. Bunlar: İki görüntünün stereo karşılaştırılması (matching), üç boyutlu yer koordinatlarını oluşturmak için uzay geriden kestirmesi ve düzenli SYM matrisini elde etmek için enterpolasyon işlemidir.

Otomatik korelasyon tekniği üç tür karşılaştırma algoritması kullanılmaktadır. Birinci teknik, görüntüdeki detayları seçecek operatörü ilgilendirmektedir. Görüntüde belli başlı noktaları tanımlamak için istatistiksel yöntemler kullanılmakta ve özellikle kolay tanımlanabilen sınırlar ile homojen yüzeyli görüntülerde başarılı olmaktadır. Bu teknik ile SPOT görüntülerinden daha çok LANDSAT görüntülerinde başarı sağlanmıştır.

İkincisi, görüntüdeki kenarları tanımlayan kenar bazlı karşılaştırma olup stereoskopik çiftlerde bunlar ilişkilendirilir. Üçüncü teknik ise, iki görüntüde birbirine karşılık gelen parçaları karşılaştırmak için en küçük kareler yöntemini kullanan alan bazlı karşılaştırma işlemidir. Bu teknik ile özellikle SPOT görüntüleri üzerinde başarı sağlanmıştır. Karşılaştırmanın bu üç türü de çoğu kez birlikte kullanılır /5/.

Değişik günlerde farklı ışık ve iklim koşullarında alınmış stereo görüntülerdeki doku (texture) değişikliği oldukça aykırı görünüm sergilediğinden, uygulanacak her korelasyon tekniği için sorun yaratacaktır. Ayrıca bulut ve pus diğer sorunlar arasında yer almaktadır. Her karşılaştırma tekniği iyi bir başlangıç yöneltmesine gereksinim duyar. Efemeris ve durum bilgileri bu yöneltmeye yardımcı olmakla birlikte kontrol noktalarına yöneltme, karşılaştırmanın başlangıç kestirimini daha iyi verir. Yukarı enlemlerdeki SPOT görüntüleri arasındaki büyük dönüklükler de sorunlara neden olmaktadır.

Diğer taraftan uydu görüntülerinin SYM ile birlikte kullanılması sonucu elde edilen üç boyutlu (3D) perspektif görüntüler de sayısal görüntü işleme sistemlerinin güncel çalışmaları arasında yer almaktadır.

Uydu görüntülerinden SYM elde etme ve geliştirme çalışmaları devam ederken, söz konusu tekniği hava fotoğraflarına uygulama yönündeki çabalarda son yıllarda büyük bir artış gözlenmektedir. Sayısal görüntü bilgileri, ya fotoğraflar sayısallaştırılarak ya da doğrudan sayısal kamera görüntüleri kullanılarak elde edilmektedir. CCD (Couple Charged Device) kameralar adı da verilen sayısal hava kameraları üzerindeki çalışmalar henüz deneme aşamasındadır. Yakın mesafe fotogrametrisi için üretilen sayısal kameralardan daha iyi sonuçlar alınmıştır. Hava fotogrametrisinde kullanılacak olanların teknik performanslarının daha da gelişeceği ve sayısal fotogrametri uygulamalarının genişleyeceği ümit edilmektedir. Aynı düşünce yapısından hareketle, boyuna stereo izlemeli (along-track) MOMS uydusundan kullanılacak olan doğrusal dizili (linear-array) kameranın tasarımı, yer üzerinde 4.4 metrelik piksel ayırma gücüne sahip olması nedeniyle son derece dikkate değer bulunmaktadır /1/.

Ayrıca son zamanlarda, hava fotoğraflarını sayısal hale dönüştürmek için kullanılan tarayıcı sistemler, yüksek hassasiyetli sayısal fotogrametrinin gereksinim duyduğu ayırma gücü ve geometrik doğruluk beklentilerini karşılayacak düzeye erişmişlerdir.

Sayısallaştırılmış fotografik görüntülerden, otomatik SYM oluşturmaya yönelik çalışan sistemlerin ulaştığı temel özellikler olarak;

- a. Uçuş yüksekliğinin yaklaşık 700,1 düzeyinde duyarlık,
- b. Her model için ayırma gücüne bağlı olarak değişen 1,5 ile 5 saat arasındaki hesaplama hızı,
- c. Üç boyutlu gösterimde karışıklıklara neden olan tek ağaç, ev gibi detayların ortaya çıkardığı kaba hataları araştıran ve gideren robot olanağı,
- d. Kırık hatlarını (breake-line) araştırma yeteneği,
- e. İç ve dış kalite kontrolü,

sıralanabilir /3/.

SYM üretiminde, diğer bir gelişme de, havada taşınan laser profillemeye taşıyıcılar ile sayısal yükseklik modellerinin doğrudan elde edilmesi ile

ilgilidir. Ormanlık ya da yoğun bitki örtüsü kaplı alanlarda yüksek doğruluk performansını kanıtlamış bu sistemler, gelecekte fotogrametrik faaliyetlerin ayrı bir parçasını oluşturacaktır /1/.

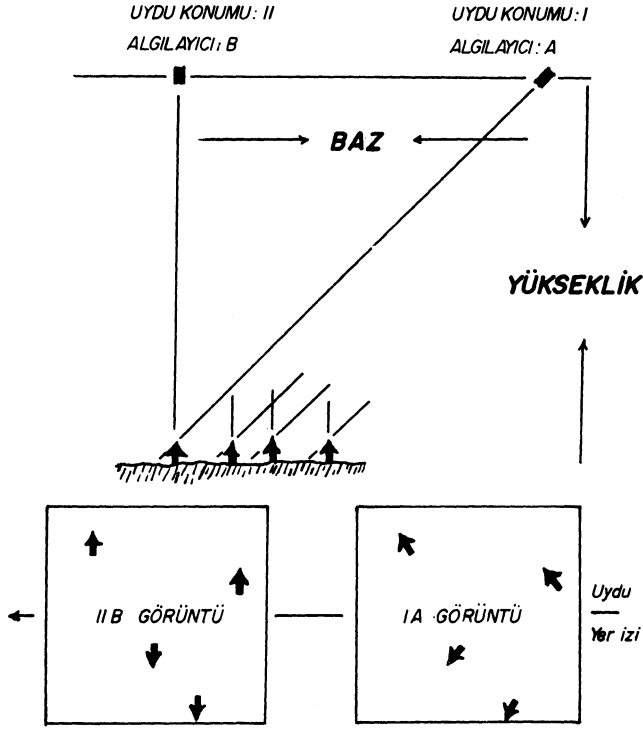
Sonuçta, SYM verilerinden türetilen eş yükseklik eğrilerinin yanında, sayısal eğim modelleri, eğim haritaları, görüntü haritaları, perspektif görüntüler, gölgeleme v.s. gibi ürünler yeni üretim çeşitleri olarak kendini göstermektedir.

4. ASTER ALGILAYICISI İLE SYM ELDE EDİLMESİ

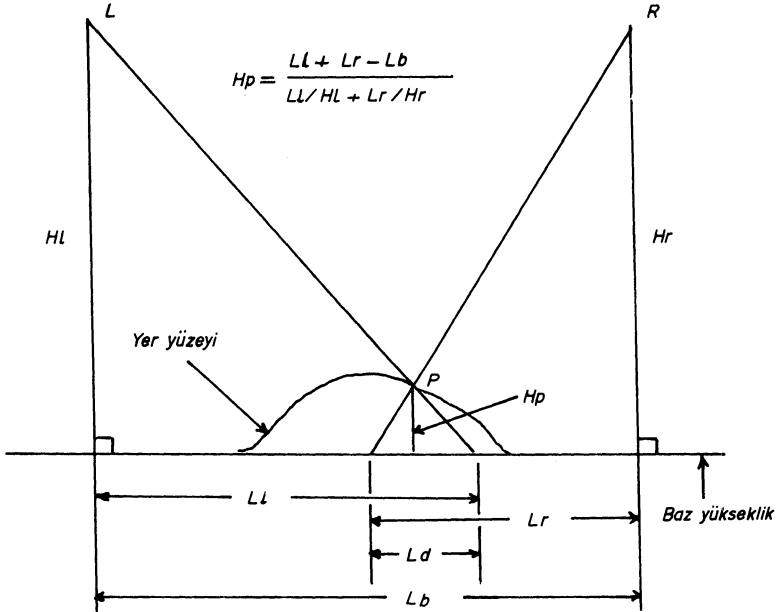
Bu başlık altında, 1997 yılında fırlatılması planlanan EOS-a uydu platformunda bulunan ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) algılayıcısından elde edilecek SYM verilerinin duyarlılığına ilişkin bir benzeşim (simulation) çalışmasının sonuçları aktarılacaktır. ASTER algılayıcısında; görünen ve yakın kızıl ötesi (VNIR) bölgede çalışan ve konumsal ayırma gücü 15m olan üç band, kısa dalga kızıl ötesi (SWIR) bölgede çalışan ve konumsal ayırma gücü 30m olan 6 band, termal kızıl ötesi (TIR) bölgede çalışan ve konumsal ayırma gücü 90m olan 5 band olmak üzere toplam 14 band bulunmaktadır. Diğer taraftan VNIR radyometresi, B/H (baz/yükseklik) oranının 0.6 olarak gerçekleşmesine olanak sağlayacak ön ve nadir optik sistemleri ile stereoskopik görüş yeteneğine sahip olacaktır. Bu yetenek kullanılarak, sadece 3 boyutlu görüş değil SYM üretimi de gerçekleştirilebilecektir /2/.

VNIR radyometresi, izleme yönüne çapraz ± 8.54 derecelik yönelme açısı altında ve ± 116 km lik bir alan içerisinde 60×60 km genişliğindeki görüntüler elde edilmesini sağlayacaktır. Uydu yörünge yüksekliği 705km, hızı ise 7.51km/s olacaktır. ASTER'in stereoskopik görüş ve SYM elde edilmesi ile ilgili esaslar şekil-1 ve 2'de görülmektedir /2/.

EOS-a platformundaki ASTER'den türetilen SYM'nin kuramsal duyarlık değerlendirmesi, yer kontrol noktalı/noktasız varsayımları altında yapılmıştır. Sonuç olarak, SYM kestirim duyarlılığı içindeki karesel ortalama hata (r.m.s.) yer kontrol noktası olmaksızın 35.68m bulunurken yer kontrol noktalı 27.98m bulunmuştur. GPS alıcısından üretilen kesin uydu konum verileri olmaksızın (r.m.s.) hatası ise 169.92m olarak elde edilmiştir /2/.



Şekil-1: EOS-a/ASTER'de stereoskopik görüş



Şekil-2: Stereo görüntülerden SVM elde edilme esası

5. SONUÇLAR

Ulusal harita üretim kuruluşlarında fotogrametrinin gelecekteki en önemli işlevi güncelleştirmedir. Bu güncelleştirme faaliyeti salt detay ağırlıklı değil sayısal yükseklik bilgilerini de içerecektir. Bu yazıda; gerek şu ana kadar değişik şekillerde üretilmiş, gerekse bundan sonra üretilecek SYM'nin üretimi kadar, güncelleştirilmesi ve iyileştirilmesine yönelik gelişmelerin de fotogrametri ağırlıklı olduğu vurgulanmaya çalışılmıştır. Sonuç olarak, operatörden ve ara işlemlerden kaynaklanan hatalardan arındırılmış olması nedeniyle, duyarlılığı ve ayırma gücü daha yüksek ve daha hızlı SYM üretimi, bu konudaki çalışmaların ana hedefi olmuştur. denilebilir.

K A Y N A K L A R

- /1/ Ackermann,F. : "Structural Changes in Photogrammetry" 43'üncü Fotogrametri haftası, Stuttgart, Federal Almanya,1991.
- /2/ Arai,K., : "Digital Elevation Model Accuracy Assesment for
Watanabe,H., Advanced Spaceborn Thermal Emission and Reflection
Tagawa,T., Radiometer to be on Board the EOS-a Platform".Sayısal verilerin Fotogrametrik yöntemlerle güncelleştirilmesi konulu OEEPE/ISPRS Birleşik Semineri, Oxford, İngiltere, 1991.
Komai,J.
- /3/ Guban,D.J., : "Design Philosophy of an Image Rectification System". Sayısal verilerin Fotogrametrik yöntemlerle güncelleştirilmesi konulu OEEPE/ISPRS Birleşik Semineri, Oxford, İngiltere, 1991.
Verrill,A.J.
- /4/ Krzystek,P. : "Fully Automatic Meassurement of DEM With Match-T". 43'üncü Fotogrametri Haftası, Stuttgart, Federal Almanya, 1991.
- /5/ Önder,M. : "Uzaktan Algılama Ders Notları". Harita Genel Kurumunluğu, Harita Yüksek Teknik Okulu Yayınları, Ankara, 1990.
- /6/ Tempflı,K. : "DTM and Differential Modelling". Sayısal Verilerin Fotogrametrik Yöntemlerle Güncelleştirilmesi Konulu OEEPE/ISPRS Birleşik Semineri, Oxford, İngiltere, 1991.