

SRTM VERİLERİNE DAYALI ÜLKE BAZINDA 3"×3" ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİNİN OLUŞTURULMASI

İ. Öztuğ BİLDİRİCİ^{a*}, Aydın ÜSTÜN^a, Necla ULUĞTEKİN^b, H.Zahit SELVİ^a, Alpay ABBAK^a, İlkey BUĞDAYCI^a, A. Özgür DOĞRU^b

^aSelçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 42075 Selçuklu KONYA, iobildirici@yahoo.com, (austun, hzselvi, aabbak, iatasoy)@selcuk.edu.tr

^bİstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Kartografya Anabilim Dalı, 80626 Maslak İSTANBUL, ulugtek@itu.edu.tr, dogruahm@itu.edu.tr

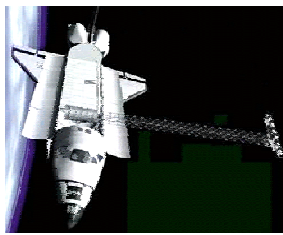
ANAHTAR KELİMELELER: sayısal yükseklik modeli, sentetik açıklıklı radar, SRTM, enterpolasyon

ÖZET

2000 yılının şubat ayında, NASA tarafından fırlatılan SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) uzay mekiği, yaklaşık 60° kuzey ve güney enlemleri arasındaki tüm karasal alanları tarayarak sayısal yükseklik verisi toplamıştır. Mekiğin 11 günlük uçuşu sonucu elde edilen veriler işlenerek 1"×1" çözünürlüğünde Sayısal Yükseklik Modeline (SYM) dönüştürülmüş; 1. ve düzeltilmiş 2. versiyonu 3"×3" çözünürlüğünde İnternet üzerinden tüm kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmuştur. Ancak sinyal saçılması, yansımaları ve gölgelemesi gibi etkenler nedeniyle her iki versiyonda da önemli veri boşlukları görülmektedir. Ülkemizde bu boşluklar, ağırlıklı olarak sulak (kıyı şeridi, göller bölgesi vb.) ve yüksek dağlık alanlardadır. Boşluk değerleri dünya ortalaması %0.15 iken Türkiye ortalaması %0.49 dur (düzeltilmiş 2. versiyon için). Yüksek Çözünürlüklü SYM'ler yer bilimlerinin hemen hemen tüm dallarında önemli bilgi kaynakları arasında yer alır. Bu kalitedeki bilgiyi toplamak hem çok uzun zaman hem de büyük maliyet gerektirir. Kısmen geniş alanlara yayılan boşluklar SRTM'nin verimli kullanımındaki en olumsuz etkidir. Söz konusu boşlukların minimum hata ile doldurulması, konuyla ilgilenen araştırmacıların cevap aradığı güncel sorunlar arasındadır. Bu çalışma Türkiye'yi kuşatan coğrafi sınırlar içerisinde eksiksiz bir SYM modelinin elde edilmesi amacıyla başlatılan bir projenin tanıtımını ve ilk altı aylık dönemde gerçekleştirilen çalışmalarını ele almaktadır. Boşlukların doldurulmasında projede iki aşamalı yol izlenecektir. İlkinde geliştirdiğimiz yazılımla uygun boşluklar enterpolasyonla kendi içerisinde doldurulacaktır. İkinci yöntemde ise enterpolasyonla doldurulamayan geniş boşluklar 1:25 000 ölçekli topografik haritalardan yararlanılarak doldurulacaktır. Bu amaçla yaklaşık 340 pafta satın alınmıştır. Bu haritaların konum ve yükseklik doğruluğu SRTM verilerinin doğruluğunun karşılanmasında yeterli olduğu proje öncesi yapılan ön çalışmalarda tespit edilmiştir. Sonuç olarak ulusal ölçekte tüm kullanıcılara açık, eksiksiz bir yükseklik modeli üretimi yapılacak, bu kapsamda enterpolasyona yönelik yazılım geliştirilecek, yöntem araştırılacaktır. Ayrıca sonuç ürünün kalitesi yersel yöntemlerle elde edilen SYM'ler ile irdelenecektir.

1. GİRİŞ

Space Radar Topography Mission (SRTM) Amerikan NASA kurumu tarafından yaklaşık 60° kuzey ve güney enlemleri arasında kalan tüm kara parçalarının sürekli ve yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modelini elde etmek amacıyla gerçekleştirilmiş bir projedir (Faar ve Kobrick, 2000). Bu amaçla geliştirilen uzay mekiği 2000 yılı Şubat ayında fırlatılmış yapay açıklıklı radar (SAR) yöntemi ile 11 gün boyunca veri toplamıştır. Bu yöntemde yeryüzüne mikrodalga sinyaller gönderilerek güneşin konumundan, hava koşullarından ve yüzey kontrastından etkilenmeden veri toplamak mümkün olmaktadır. SRTM uzay mekiğinde 60 m açıklıkta monte edilmiş olan ikinci alıcı ile stereo görüş sağlanmakta ve yükseklikler elde edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. SRTM uzay mekiği

STRM projesinde yeryüzü kara parçalarının %80'inin taranması hedeflenmiş, bu alanın %99'u bir defa, %95'i iki defa, %50'si ise üç ya da daha çok defa görüntülenmiştir (JPL, 2000). Birden fazla görüntülemenin amacı belli nedenlerden kaynaklanan veri boşluklarını en aza indirmektir.

Toplanan verilerin işlenmesinden sonra ABD sınırları içinde kalan bölge için 1" aralıklı, geriye kalan tüm kara parçaları için 3" aralıklı sayısal yükseklik modeli (SYM) elde edilmiştir. Grid biçiminde hazırlanan verilere ilişkin coğrafi koordinatlar WGS84 datumundadır. Yükseklikler için düşey datum ise EGM96 jeoidi ile tanımlı ortalama deniz düzeyidir. SRTM verilerinin doğruluğu, %90 güven düzeyinde yatayda 15 m'nin ve düşeyde 10 m'nin altındadır (Salamonowicz, 2005; Rodriguez vd., 2006). Veriler, iki versiyon halinde İnternet ortamında sunulmaktadır (ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/). İkinci ve düzeltilmiş versiyon 2005 yılı sonunda yayınlanmıştır. Birinci versiyondaki kadar olmasa da ikinci düzeltilmiş versiyon da radar yönteminden kaynaklanan veri boşluklarını içermektedir.

SRTM SYM yer bilimlerinde bir çok çalışmada kullanılabilecek, global ve oldukça yüksek çözünürlüğe sahip bir veri setidir. Verilerin boşluklar içermesi verilerin etkin kullanımının önündeki en önemli engel olarak düşünülebilir.

* İletişim kurulacak yazar

Bunun yanında global olarak verilen doğruluk değerlerinin yersel verilerle karşılaştırmalar yapılarak doğrulanması da verilerin kullanım alanlarının belirlenmesi açısından önemlidir. Bu bildiri ile SRTM verilerinin ülkemizi kapsayan kısmında veri boşluklarının doldurulması ve verilerin doğruluğunun analizi amacıyla yazarlar tarafından yürütülen bir proje çalışmasının tanıtılması amaçlanmaktadır. Proje “Yerel Yükseklik Bilgileriyle Desteklenmiş SRTM Verileri Kullanılarak Türkiye için 3"×3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması” başlığı altında Tübitak desteğiyle yürütülmektedir. Proje kapsamında, önceden yapılan çalışmaya da dayanarak (Üstün vd 2006), Türkiye’yi kapsayan veriler analiz edilmiş, her bir 1:100000 ve 1:25000 ölçekli pafta bazında boşluklar belirlenmiştir. Boşlukların doldurulması için iki yaklaşım benimsenmiştir. Boşlukların oluşturduğu alanlar yeterince küçük ise, boşluklar çevredeki noktalar kullanılarak enterpolasyon yoluyla, alanlar küçük değilse 1:25000 ölçekli topografik haritalardan yararlanılarak doldurulacaktır. İkinci aşamada ise verilerin doğruluğu yersel veriler kullanılarak irdelenecektir. Bu amaçla çeşitli bölgelerde yapılan büyük ölçekli harita çalışmalarında elde edilen SYM verileri toplanmıştır.

Çalışmalarda projeye özgü Linux ortamında C dili ile yazılımlar geliştirilmektedir. 25000 ölçekli haritalardan sayısallaştırma yoluyla SYM elde edilmesi aşamalarında ise ulusal bir ürün olan NETCAD yazılımından yararlanılmaktadır.

Projenin ilk altı aylık dönemi sonunda, yazılım geliştirme amaçlı olarak gereken sunucu donanımı temin edilmiş; veriler analiz edilerek geliştirilen yazılım ile her bir 25000’lik paftaya düşen boşluklar görselleştirilmiş; buna dayalı olarak gerekli paftalar görsel inceleme sonucu belirlenmiş ve yaklaşık 350 adet pafta satın alınmıştır. Taranmış paftaların ülke koordinat sistemiyle ilişkilendirilmesi işlemleri bitirilmiş, boşlukların doldurulması için gereken SYM’lerin oluşturulması çalışmaları devam etmektedir.

2. SRTM VERİ YAPISI VE TÜRKİYE VERİSİ

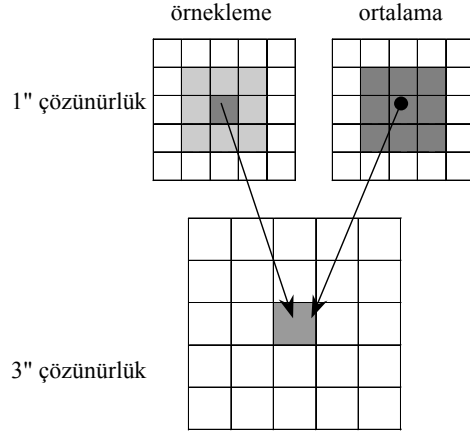
2.1 SRTM Veri Yapısı

SRTM verileri üç farklı çözünürlükte hazırlanmıştır. Orijinal veriler coğrafi koordinatlarda 1", 3" ve 30" çözünürlükte grid biçiminde sunulmaktadır. Ancak orijinal veriler raster biçimindedir. Coğrafi koordinatlar derece biriminde WGS84, yükseklikler metre biriminde EGM96 jeoidine göre tanımlanmıştır. 1" çözünürlükte toplanan verilerden 3" çözünürlüğe iki şekilde geçilmiştir. Örnekleme yönteminde (subsampling) 3" lik piksel içinde yer alan 9 adet 1" lik pikselden ortada yer alanın yüksekliği 3" lik pikselin yüksekliği olarak alınmıştır. Ortalama (averaging) yönteminde ise 9 adet 1" lik pikselin yükseklik ortalaması 3" lik pikselin yüksekliği olarak alınmaktadır (Şekil 2).

Veri setleri 1x1°lik paftalar (hücreler) halinde değişik dosya formatlarında ve isimlerde sunulmaktadır. Tablo 1 ve Tablo 2’de NASA ve NGS tarafından verilen isimler ve veri formatları görülmektedir. (Kobrick, 2005).

Proje kapsamında Tablo 2’de belirtilen LP DAAC sunucusunda yer alan SRTM formatında versiyon 2 verileri kullanılmaktadır. Geliştirilen yazılımlar da SRTM formatını temel almaktadır. Bu formatta veri yapısı grid şeklindedir. SRTM formatında başlangıç noktasının enlem ve boylamı dosya isminde (örneğin N34E032.hgt) belirtilerek, dosyada satırlar halinde 2 byte

uzunluğunda tamsayı olarak yükseklikler yer almaktadır. Tamsayı değerlerin byte sıralaması Motorola sistemine göre dir. Dosya uzantısı “hgt” olarak verilmektedir. Dosya adında verilen enlem ve boylam 1×1° paftanın (tile) sol-alt (güney-batı) köşesine aittir. Ancak dosyadaki ilk noktanın yüksekliği sol-üst köşeye aittir. Her satırda 1201 değer bulunmaktadır. Dosyada toplam 1442401 değer (yükseklik) yer almaktadır. Yüksekliği olmayan noktaların yükseklikleri dosyada -32767 olarak girilmiştir (geçersiz ya da boş noktalar).



Şekil 2. 1" den 3" çözünürlüğüne geçiş

Çözünürlük	SRTM adı	DTED eşdeğeri	Diğer veriler
1" yay	SRTM1	DTED2	
3" yay	SRTM3	DTED1	
30" yay	SRTM30	DTED0	GTOPO30

Tablo 1. Veri adlandırma farklılıkları

Versiyon	SDDS ¹	Posta ile talep	LP DAAC ²
1			1" ABD 3" Dünya-o 30" Dünya-o Format: SRTM
2	1" ABD 3" Dünya-ö Format: ArcGrid, Bil, TIFF, GridFloat	1" ABD 3" Dünya-ö Format: DTED, SRTM	1" ABD-o 3" Dünya-o 30" Dünya-o Format: SRTM

1: <http://seamless.usgs.gov>

2: <ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/>

ö: Örnekleme

o: Ortalama

Tablo 2: Veri formatları

2.2 SRTM Veri Boşlukları

SRTM verilerinde boşlukların (yüksekliği belirlenemeyen pikseller/noktalar) nedenleri aşağıdaki gibidir.

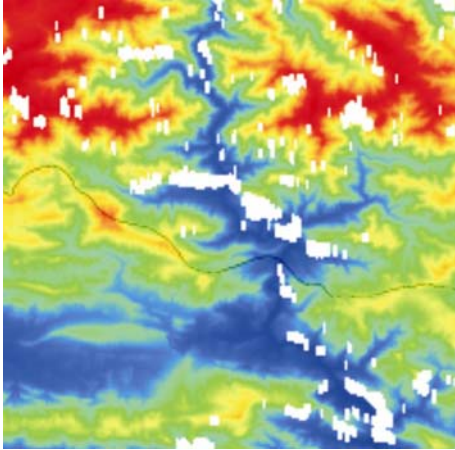
- **Geometrik Yapaylıklar:** SAR sisteminin yana bakan davranışı ve yer noktaları ile etkileşimi yapaylıklara neden olmaktadır (örneğin görüntü büzülmesi, görüntü dönmesi ve radar gölgesi). Görüntü büzülmesi (foreshortening), dağlık bölgelerde SAR görüntülerindeki baskın (dominant) nesnenin olduğundan daha kısa görünmesi durumudur. Görüntü dönmesi (layover), bir çeşit görüntü büzülmesi olup, radar görüntüsünde nesnenin altı ile üstünün

karıştırılmasıdır. Çok dik eğimli bir yüzeyde, dağların etek noktalarındaki mesafe, zirvesindekinden daha büyüktür, dolayısıyla algılayıcıya dönük olan yüzey, eğik mesafeli görüntü üzerinde tersine döner. Algılayıcının alım açısından daha büyük açılı bir arazi, radar gölgelerine neden olur. Aynı yüksekliğe ait iki nesneden uzak olanının radar gölgesi, yakın olandan daha uzun olur. Gölge, tarama alanı radar sinyali tarafından aydınlatılmadığı zaman meydana gelir.

- **Yansıma:** Su, radar dalgasında yansımaya neden olmaktadır. Su ayna gibi davranır, birçok sinyal, algılayıcıdan kaçır. Bu yüzden ham verideki su alanları düzenli boşluklara neden olur.
- **Faz Çözümlemesi:** Uzay mekiğindeki alıcı sistemi sinyalin tüm faz ve genişliğini algılar. Faz bilgisi interferometrik proses boyunca SYM üretmek için kullanılır. Faz bilgisini yüksekliğe dönüştürmek için faz çözümlemesi gerekmektedir. Fazın doğru olarak çözümlenmediği alanlarda boşluklar oluşmaktadır.
- **Kompleks Dielektrik Sabiti (CDC):** SRTM verisi çöl alanlarında kompleks dielektrik sabitine bağlı olarak boşluklar içermektedir. CDC yüzeyin soğurma, yansıma ve mikrodalga enerjinin geçirme özelliğini etkilemektedir.

Türkiye'yi içine alan bölgede boşlukların nedeni daha çok dağlık bölgelerde ortaya çıkan geometrik yapaylıklar ve yansımadır.

Şekil 3 Türkiye'nin yüksek dağlık alanlarının bulunduğu bir bölgedeki (Hakkari) $1 \times 1^\circ$ lik bir paftada var olan boşlukları göstermektedir.



Şekil 3. SRTM'de veri boşlukları (beyaz pikseller)

2.3 Türkiye SRTM Verileri

Yaklaşık 800 000 km² büyüklüğünde bir yarım ada olan Türkiye, SRTM SYM'de 117 adet $1 \times 1^\circ$ lik paftaya tamamen ya da kısmen girmektedir. SRTM veri boşlukları Türkiye sınırlarında çoğunlukla geometrik yapaylıklar ve yansımadan kaynaklanmaktadır. $1 \times 1^\circ$ lik SRTM paftaları, 1:100 000 ve 1:25 000 ölçekli topografik harita bazında yapılan analiz sonucu ülke bazında boşluk oranının %0.15–0.17 arasında değiştiği görülmektedir. Bu, Türkiye'deki boşluk oranının NASA JPL tarafından verilen %0.15'lik global boşluk oranı ile aynı düzeyde olduğunu göstermektedir (Hall vd., 2005; URL1). Proje ekibinin önceki çalışmasında (Üstün vd., 2006) SRTM

versiyon 1 ile yapılan değerlendirmede ülke bazındaki boşluk oranı global ortalamasının oldukça üstünde çıkmıştır. Bu çalışmada bulunan boşluk oranı 2. versiyonda Türkiye sınırları içinde önemli derecede bir iyileşme sağlandığını göstermektedir. Ancak bu iyileşme verilerdeki boşlukların tamamlanma gereğini ortadan kaldırmamaktadır. Örneğin en fazla boşluk içeren 25000'lik paftadaki boşluk sayısı 4859'dur. 100'den fazla boşluk içeren pafta sayısı ise 333 adettir. Bu örneklerden boşlukların homojen dağılmadığı belli bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Şekil 4, $1 \times 1^\circ$ lik SRTM paftaları bazında boşluk oranlarının ülke bazında dağılımını, şekil 5 ise nokta (ya da piksel) bazında yığılmaları göstermektedir. Her iki şekilden de yığılmaların dağlık bölgelerde olduğu dikkat çekmektedir.

	Top. pafta	Boşluk içeren pafta	Toplam nokta	Boş nokta	Boş nokta oranı
$1 \times 1^\circ$	117	98	168480000	244569	0.15
100K	397	253	142920000	228452	0.16
25K	5562	1244	125145000	211158	0.17

Tablo 3. Türkiye'de boşluk oranları

3. VERİ BOŞLUKLARININ DOLDURULMASI

Türkiye bazında yapılan değerlendirme sonucundan veri boşluklarının iki yaklaşımla doldurulması öngörülmüştür. Eğer yüksekliği olmayan noktalar (boşluklar) dağınık karakterde ise boşluklar çevre noktalardan enterpolasyon ile, aksi halde 25 000 ölçekli topografik haritalardan sayısallaştırma yapılarak doldurulacaktır. Bu amaçla ülkeyi kapsayan tüm 25 000 ölçekli paftalar içlerine düşen boşluk sayılarına göre sınıflandırılmış, boşluk sayısı pafta başına 100'den fazla olan paftalarda boşluklar görselleştirilerek incelenmiştir. Bu işlemler sonucunda bir ve daha çok boşluk içeren 1244 paftanın 340 tanesinde boşlukların sayısallaştırma ile doldurulmasına karar verilmiştir.

Enterpolasyona sayısallaştırma yoluyla kazanılan verilerin de katkıda bulunması amacıyla önce sayısallaştırma yapılması, daha sonra geriye kalan boşluklara enterpolasyon uygulanması öngörülmüştür.

3.1 1:25 000 Ölçekli Haritalardan Yükseklik Verisi Kazanımı

Sayısallaştırma yoluyla yükseklik verisi elde edilecek paftaların öncelikle tarama ve register etme işlemleri yapılmak zorundadır. Projede gereken paftalar Harita Genel Komutanlığı'ndan basılı pafta olarak temin edilmiştir. Kağıt paftalar 300 dpi çözünürlükte renkli olarak büyük formatlı bir tarayıcıda taranmıştır. Elde edilen görüntüler NETCAD yazılımı ile ülke koordinat sistemine bağlanmıştır.

Kullanılan paftalardan bazılarının datumu ED50, bazılarının ise WGS84'tür. SRTM verilerinin datumu ise WGS84'tür. Paftalar uygun datumla ilişkilendirildikten sonra sayısallaştırma işlemine geçilmektedir.

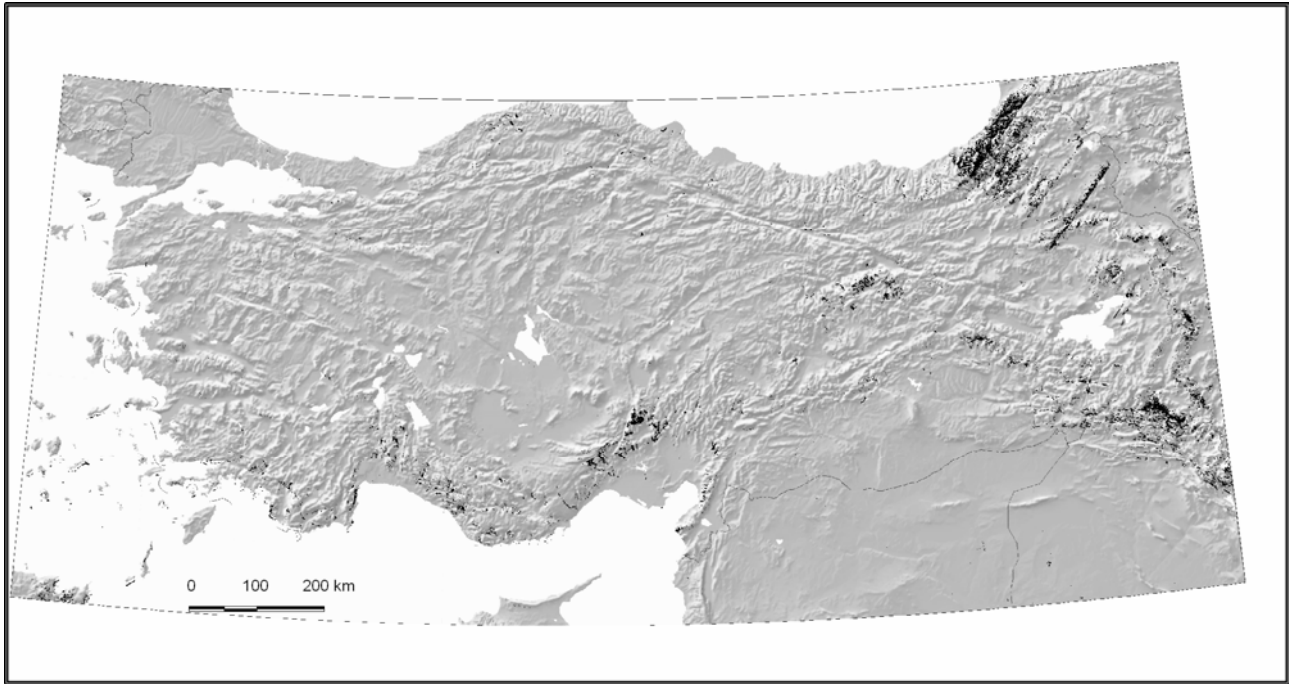
Linux ortamında C dili ile hazırlanan bir yazılım ile, SRTM orijinal dosya formatı olan "hgt" uzantılı dosyalar okunmuş, yüksekliği olmayan noktalar, UTM dilimlerine göre ayrı dosyalar halinde kaydedilmişlerdir. Yeni oluşan dosyalarda koordinat sistemi WGS84 datumunda UTM olarak değiştirilmiştir. Bu şekilde 25 000 ölçekli paftalarla çakıştırılmak üzere 4 adet dosya hazırlanmıştır.

25 000 ölçekli haritalardan SYM elde etme işlemi, eşyükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması ile yapılmaktadır. Eğriler yükseklikleri ile sayısallaştırılmakta, eğrileri oluşturan noktalar ile üçgenleme yapılarak SYM oluşturulmakta., SRTM'de

yüksekliği olmayan noktaları içeren dosyalar projeye eklenerek oluşan modelden SRTM noktalarının yükseklikleri belirlenmektedir (modelden kot oku işlemi).



Şekil 4. 1x1° lik SRTM paftaları bazında Türkiye için boşluk oranları



Şekil 5. Türkiye ulusal sınırları içerisinde SRTM boşluklarının dağılımı

Doğal olarak tüm paftanın eğrilerinin sayısallaştırılmasına ihtiyaç olmadığından, SRTM boşlukları paftalar ile çakıştırılmakta, paftalarda yalnızca SRTM boşluklarının olduğu bölgelerde SYM oluşturulmaktadır.

Projenin tamamlanan ilk altı aylık döneminde tüm paftaların taranma ve koordinat sistemine başlanma işlemleri

tamamlanmış olup, paftalardan SYM elde etme çalışmaları devam etmektedir.

Bu çalışmaların tamamlanmasından sonra geriye kalan boşluklara enterpolasyon ile yükseklik verilecek, sonuçta oluşan noktalar orijinal 1x1° lik dosyalarda (SRTM formatında

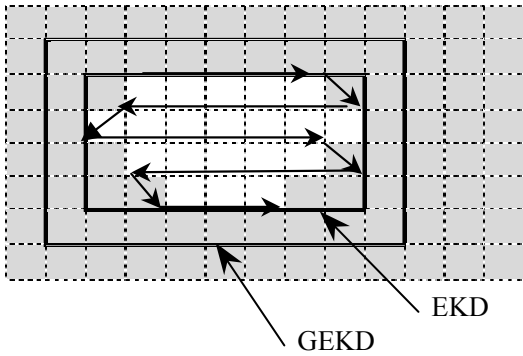
hgt uzantılı dosyalar) ilgili yerlerine Linux ortamında hazırlanan bir başka program ile aktarılacaktır.

4. ENTERPOLASYON

1x1°'lik bir SRTM paftası 1201×1201 adet noktadan oluşmaktadır. Nokta sayısının fazla olması nedeniyle tüm geçerli noktalar kullanılarak enterpolasyon yapılması mümkün değildir. Yüksekliği boş olan noktaların oluşturduğu bölgenin (kümenin) belirlenip, çevresindeki geçerli noktalar kullanılarak enterpolasyon yapılması uygun bir yaklaşım olacaktır. Burada boş noktaların oluşturduğu bölgeyi içine alan en küçük dikdörtgenin (EKD) belirlenmesi gereklidir. Önerilen algoritma aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

1. Sol üst köşeden başlanmak üzere satırlar halinde noktalar taranarak geçerli olup olmadıklarına bakılır.
2. Geçerli olmayan bir nokta bulunduğu anda noktanın konumu saklanır. Sağa doğru geçerli bir nokta bulununcaya kadar ilerlenir.
3. Geçerli nokta bulunduğundan sonra sağ alt noktaya geçilir ve ters yönde (sola doğru) tekrar tarama yapılır. Geçerli nokta bulununca tekrar alta geçilir ve ikinci adım tekrar edilir.
4. Taranan satırda boş nokta bulunamazsa işlem durdurulur.

Şekil 6 algoritmanın nasıl çalıştığını görsel olarak açıklamaktadır.



Şekil 6: EKD belirleme algoritması

EKD belirlendikten sonra, EKD'nin kullanıcı tarafından belirlenen bir nokta sayısı kadar genişletilmesiyle enterpolasyon uzayı (genişletilmiş EKD ya da GEKD) oluşturulur.

GEKD içinde kalan tüm geçerli noktalardan yararlanılarak Hardy (1971) tarafından önerilen Mutikvadrik (Multiquadric/MQ) yüzeyden, ya da ince levha spline (Thin Plate Spline/TPS) kullanılarak geçersiz noktaların yükseklikleri bulunur. Bu amaçla proje kapsamında uygulanan enterpolasyon Üstün vd. (2006)'nde daha ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Nokta kümelerine uygulanabilecek enterpolasyon yaklaşımları Amidror (2002) tarafından, MQ ve TPS yöntemlerinin uygulamaları Hardy (1990) tarafından kapsamlı olarak ele alınmaktadır.

Enterpolasyon işlemi, 25 000 ölçekli haritalardan veri kazanılmasına karar verilen boşluklar tamamlandıktan sonra geriye kalan tüm boşluklara uygulanacaktır. Bu şekilde enterpolasyon yönteminin yeterince küçük bölgelere uygulanması sağlanmış olmaktadır.

5. SONUÇ

Bu bildiri ile SRTM verilerinin ülkemizi kapsayan kısmında veri boşluklarının doldurulması ve verilerin doğruluğunun analizi amacıyla yazarlar tarafından yürütülen proje ve gelinen aşamalar tanıtılmıştır. Türkiye sınırları içerisindeki SRTM3 verileri %0.15 oranında boşluk içermektedir. Veri boşluğu özellikle yüksek dağlık alanlarda yani Doğu Karadeniz ve Güney Doğu Anadolu ve yer yer Toroslar boyunca görülmektedir. Boşlukların seyrek ve küçük olduğu kesimler değişik enterpolasyon teknikleriyle doldurulabilecek niteliktedir. Ancak, büyük boşluklarda, dış veri kaynaklarına gereksinim vardır. Bu kapsamda, 1:25000 ölçekli ulusal topografik haritaların söz konusu boşlukların doldurulmasına elverişli olduğu değerlendirilmektedir.

Enterpolasyon yöntemiyle ya da dış verilerden elde edilecek sonuçların doğruluğunun 20 m'nin altında olması projenin önemli hedeflerinden biridir. Projenin tamamlanmasıyla Türkiye sınırları içerisinde 3"x3" çözünürlüğünde eksiksiz bir SYM oluşturulması ve bunun yer bilimlery alanında çalışan diğer araştırmacılara bir web sunucusu üzerinden sunulması planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada tanıtılan "Yerel Yükseklik Bilgileriyle Desteklenmiş SRTM Verileri Kullanılarak Türkiye için 3"x3" Çözünürlüklü Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması" başlıklı proje (proje no: 106Y130) Tübitak ÇAYDAG grubu tarafından desteklenmektedir.

KAYNAKLAR

- Amidror, I. (2002) Scattered Data Interpolation Methods for Electronic Imaging Systems: A Survey Journal of Electronic Imaging, 11(2): 157–176.
- Farr, T.G. ve Kobrick, M. (2000) Shuttle radar topography mission produces a wealth of data, EOS Transactions AGU, 81, 583–585.
- Hall, O., Falorni, G. ve Bras, R.L. (2005) Characterization and Quantification of Data Voids in the Shuttle Radar Topography Mission Data. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2 (2): 177–181
- Hardy, R.L. (1971) Multiquadric Equations of Topography and Other Irregular Surfaces. Journal of Geophysical Research 76 (8), 1905–1915.
- Hardy, R.L. (1990) Theory and Applications of The Multiquadric-Biharmonic Method. Computers and Mathematical Applications 19 (8/9), 163–208.
- JPL (2000) SRTM As-Flown Mission Timeline, URL: http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/SRTM_TIM_AF.pdf Issued by: D. Seal / F. Rogez, JPL NASA.
- URL 1: ftp://e0srp01u.ecs.nasa.gov/srtm/version2/Documentation/SRTM_Topo.pdf (Durum: Ocak 2006)
- Kobrick, M. (2005) Upgrade the SRTM Dataset, The Shuttle Radar Topography Mission Data Validation and Applications Workshop, June 14–16 2005, Reston, Virginia.

Rodríguez E., Morris, C.S. ve Belz, J.E. (2006) An Global Assessment of the SRTM Performance, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72 (3): 249–260.

Salamonowicz, P. (2005) A Comprehensive Assessment of the Shuttle Radar Topography Mission Elevation Data Accuracy, *The Shuttle Radar Topography Mission Data Validation and Applications Workshop*, June 14–16 2005, Reston, Virginia.