



Türkiye’de 1 Yay Saniyesi Çözünürlüklü SRTM ve ASTER Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Analizi

İbrahim Öztuğ Bildirici^{1,*}, Ramazan Alpay Abbak¹

¹Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 42250 Selçuklu Konya.

Özet

Günümüzde yaygın olarak kullanılan global sayısal yükseklik modellerinden SRTM 1 saniye ve ASTER verileri alansal olarak Harita Genel Müdürlüğü tarafından üretilmiş olan yerel sayısal yükseklik modeli ile karşılaştırılarak analiz edilmiştir. Yerel model, 1:25 000 ölçekli topografik haritaların eş yükseklik eğrilerinin otomatik vektörizasyonu ile elde edilmiştir. Yerel ve global modeller arasında dikey datum farklılığı bulunmaktadır. Bu durum gözetilerek analizler dikey datum dönüşümü yapılarak gerçekleştirilmiştir. 6 bölgede yapılan karşılaştırma sonucunda SRTM verilerinin Türkiye’de global doğruluğa göre daha iyi ASTER verilerinin ise global doğruluğa yakın olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler

Topografya, Sayısal Yükseklik Modeli, Doğruluk

1. Giriş

Yeryüzü kara parçalarının büyük bir bölümünü kapsayan global sayısal yükseklik modelleri (SYM) giderek yaygınlaşan bir biçimde kullanılmaktadır. Bu kapsamda en yaygın kullanım alanı olan SYM veri setleri SRTM ve ASTER’dir. SRTM SAR yöntemi ile 2000 yılında bir uzay mekiği ile toplanan veriler ile oluşturulmuştur. ASTER ise ilgili uydu tarafından toplanan stereo görüntülerden değerlendirme yapılarak elde edilmektedir. Her iki veri setinin de güçlü ve zayıf yönleri olmakla birlikte SRTM verileri genel olarak daha iyi bir doğruluğa sahip iken ASTER verileri daha güncel ve daha geniş kapsama alanına sahiptir. Global ve ücretsiz dağıtılan bu veriler yanında yerel SYM veri setleri de çeşitli kurumlar tarafından ücretli ya da ücretsiz olarak kullanıma sunulmaktadır. Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından daha önce 1:25 000 ölçekli haritaların eş yükseklik eğrilerinden yararlanılarak üretilen verilerin işlenmesiyle DTED2 formatında tüm ülkeyi kapsayan bir SYM veri seti hazırlanmış ve ücretli olarak kullanıma sunulmuştur. Bu çalışmada daha doğru olduğu bilinen yerel SYM verileri ile karşılaştırma yapılarak SRTM 1 yay saniyesi veri seti (SRTM1) ve ASTER veri seti analiz edilmiştir. Bu amaçla HGM’den 1°x1° boyutlu 6 adet pafta/dosya temin edilmiştir. Global ve yerel verilerin yatay datumları aynı dikey datumları farklı olduğundan doğruluk analizi 4 parametrelili dikey datum dönüşümü ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Türkiye ve yakın çevresinde global doğruluk değerlerine göre SRTM’nin daha iyi ASTER’in ise aynı düzeyde doğruluğa sahip olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Avrupa ve Asya bölgeleri için diğer uzmanlarca yapılan araştırma sonuçları ile de uyumludur. Bu bildiri Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü tarafından desteklenen ve yazarlar tarafından tamamlanan 17401083 numaralı projeden elde sonuçlardan yararlanılarak hazırlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

SRTM verileri NASA tarafından 2000 yılı şubat ayında gerçekleştirilen bir uydu görevi ile elde edilen radar verilerinden elde edilmiştir. Bu veriler işlenerek ve iyileştirme çalışmaları yapılarak 2004 yılından itibaren ABD bölgesi için 1 yay saniyesi, bunun dışındaki kara parçaları için 3 yay saniyesi çözünürlükte veriler ücretsiz olarak kullanıma sunuldu. 2015 yılından itibaren ise 1 yay saniyesi veriler dünya ölçeğinde kullanıma sunuldu. Veriler -54°, 60° enlemleri arasındaki kara parçalarını kapsamaktadır. ASTER verileri 1 yay saniyesi çözünürlükte olup, ±83° enlemleri arasındaki bölgeyi kapsar (Bildirici ve Abbak 2019, JPL 2019a, JPL 2019b).

HGM tarafından üretilen veriler (Yerel SYM) yine 1 yay saniyesi çözünürlükte olup, dikey datumu yereldir. Bu tanımlamada Antalya Mareograf istasyonundaki deniz düzeyi sıfır alınmıştır. Çalışmada kullanılan verilerin özellikleri Tablo 1’de görülmektedir.

Tablo 1: Çalışmada kullanılan veri setlerinin özellikleri

Veri Seti	Yatay		Düsey		Pafta Boyutu	Çözünürlük	Dosya Formatı
	Datum	Koordinat	Datum	Yükseklik			
SRTM1	WGS84	Coğrafi	EGM96	Metre	1°x1°	1"	BIL, DTED, GeoTiff
ASTER	WGS84	Coğrafi	EGM96	Metre	1°x1°	1"	GeoTiff
Yerel SYM	WGS84	Coğrafi	Yerel	Metre	1°x1°	1"	DTED2

* Sorumlu Yazar: Tel: (0332)223 1938 Faks: (0332)241 0635

E-posta: iobildirici@ktun.edu.tr (Bildirici İ. Ö.) raabbak@ktun.edu.tr (Abbak R. A.)

Yerel ve global düşey datumun farklı olması nedeniyle 4 parametrelili dönüşüm yapılması öngörülmüştür. Bu durumda A ve B datumları arasındaki ilişki,

$$\Delta H = H_B - H_A = c_0 \cos \varphi \cos \lambda + c_1 \cos \varphi \sin \lambda + c_2 \sin \varphi + c_3 \quad (1)$$

eşitliği ile ifade edilir. Buradaki katsayılar iki sistemde de yükseklikleri bilinen ortak noktalardan dengeleme ile bulunur. Denklem sistemi:

$$\underline{\Delta H} = \underline{A} \underline{c}$$

$$\underline{A} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_1 \cos \lambda_1 & \cos \varphi_1 \sin \lambda_1 & \sin \varphi_1 & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \cos \varphi_n \cos \lambda_n & \cos \varphi_n \sin \lambda_n & \sin \varphi_n & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\underline{c} = \begin{bmatrix} c_1 \\ \vdots \\ c_4 \end{bmatrix}$$

Çözüm:

$$\underline{c} = (\underline{A}^T \underline{A})^{-1} \underline{A}^T \underline{\Delta H} \quad (3)$$

Karesel ortalama hata:

$$\underline{v} = \underline{A} \underline{c} - \underline{\Delta H}$$

$$m_0 = \sqrt{\frac{\underline{v}^T \underline{v}}{n-4}} \quad (4)$$

SYM paftaları 3601x3601 boyutlu matris yapısında olduğundan çok sayıda ortak nokta söz konusudur. Bu durumda \underline{A} matrisi işlem yapılamayacak kadar büyür. Bu problemi aşmak için belli nokta sayısı için $\underline{A}^T \underline{A}$ ve $\underline{A}^T \underline{\Delta H}$ matrisleri belirlenip eklenen her nokta için artırılarak gidilir. Bu yaklaşımda düzeltmelerin kareleri toplamı $\underline{v}^T \underline{v}$ değeri de Ansermet kontrol bağıntısından bulunmalıdır (Bildirici ve Abbak 2019). Katsayılar pafta bazında belirlendikten sonra elde edilen karesel ortalama hata ilgili global SYM'nin yerel veri setine göre doğruluğunu ifade etmektedir.

Global veri setlerinin global doğruluklarına göre (16m) yerel SYM'den farkları daha küçük olduğundan doğruluk araştırması doğrudan yükseklik farklarından gidilerek de gerçekleştirilebilir.

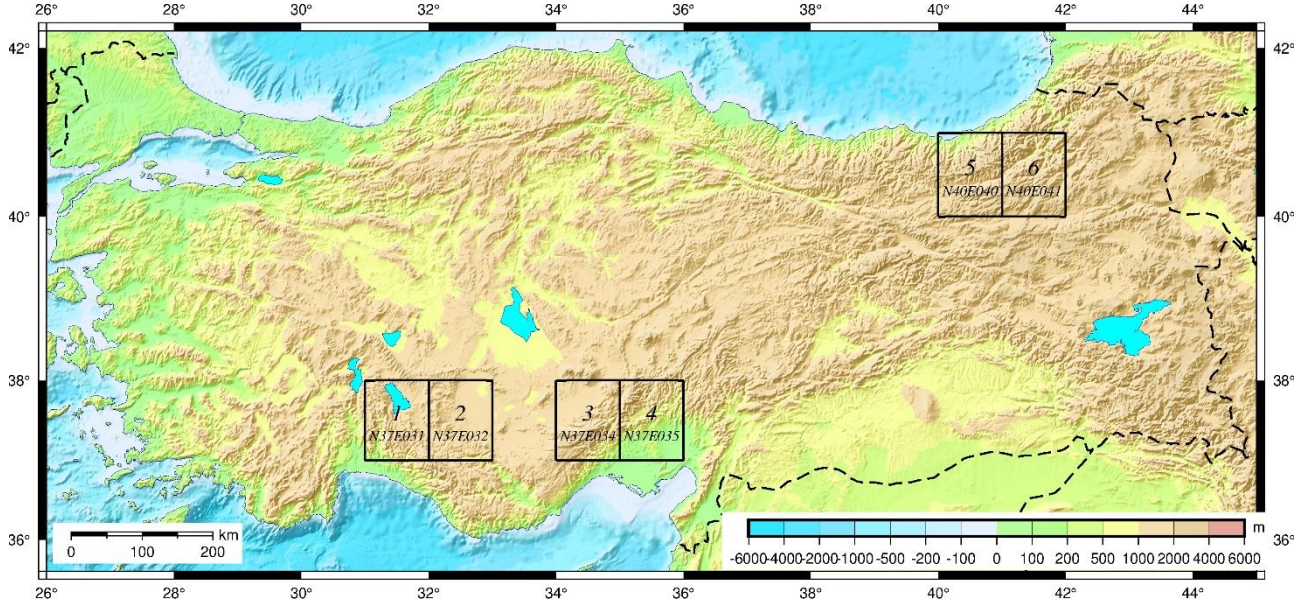
$$m = \sqrt{\frac{\sum \Delta H^2}{n}} \quad (5)$$

Farkların ortalaması da iki veri seti arasındaki datum farklılığını karakterize ettiğinden önemlidir.

$$\overline{\Delta H} = \frac{\sum \Delta H}{n} \quad (6)$$

3. Araştırma ve Tartışma

Değişik topografik yapıya sahip bölgelerden seçilen 6 adet yerel SYM paftasının konumu Şekil 1'de görülmektedir. Şekilde görülen 5 ve 6 nolu paftalarda SRTM1 verilerinde boşluklar bulunmaktadır. İstatistiksel analizde bu yükseklikler dikkate alınmamıştır. Ayrıca genel istatistik ilkeleri gereği yerel ve global yükseklikler arasındaki farklar belli bir sınır değeri geçiyorsa (3σ kuralı) kaba hatalı kabul edilmeli ve dikkate alınmamalıdır. SRTM1 ve ASTER global doğruluk değerleri 14—16 m civarında olduğundan bu çalışmada $3\sigma = 50$ m seçilmiştir.



Şekil 1: Çalışmada kullanılan yerel SYM paftaları (Bildirci ve Abbak 2019)

SRTM1 verileri için 6 paftada elde edilen datum dönüşümü sonucu karesel ortalama hata (m_0) ve doğrudan karşılaştırma ile bulunan karesel ortalama hata (m) değerleri Tablo 2’de görülmektedir. Buradan incelenen bölgelerde doğruluk 7 m civarında çıkmaktadır. Datum dönüşümünün doğruluk üzerinde etkisinin çok az olduğu doğrudan karşılaştırmada da 7 m değerinin çıkması ile anlaşılmaktadır. Farklarının ortalamasının hem pozitif ve yaklaşık 3 m olması yerel ve SRTM1 arasında sistematik bir kayıklık olduğunu göstermektedir.

Tablo 2: SRTM1 istatistiği

SYM No	m_0 (m)	m (m)	$\overline{\Delta H}$ (m)
1	6.66	7.09	2.36
2	4.16	4.95	2.68
3	7.02	7.17	1.47
4	7.94	8.92	3.36
5	8.59	9.16	3.07
6	9.12	9.89	3.79
Ortalama	7.25	7.86	2.79

ASTER verileri için istatistik değerlendirme sonuçları Tablo 3’te görülmektedir. Burada 10m civarında bir doğruluk değeri elde edilmiş olup SRTM1’e göre daha yüksektir. Farkların ortalaması artı ve eksi yönde değiştiği için ASTER ve yerel SYM arasında datum farklılığı sistematik değişmemektedir.

Tablo 3: ASTER istatistiği

SYM No	m_0 (m)	m (m)	$\overline{\Delta H}$ (m)
1	9.12	9.31	-1.37
2	7.45	7.62	0.00
3	9.25	10.58	-3.91
4	9.96	11.72	-5.77
5	11.38	11.48	0.81
6	11.85	12.37	3.45
Ortalama	9.84	10.51	-1.13

İlgili proje kapsamında SRTM1 ve ASTER verileri DGNSS cihazı ile toplanan geçkiler boyunca da analiz edilmiş, burada verilen doğruluk değerlerine benzer sonuçlar elde edilmiştir. SRTM veri özelliklerinde verilerin %90’ının 16 m ve altı mutlak yükseklik doğruluğu olduğu ifade edilmiştir. Rodriguez v.d. (2005) ise Avrupa ve Asya için 6.2 m değerini vermektedir. Bu çalışmada elde edilen sonuç öngörülen doğruluğun altında, Rodriguez’in verdiği değer ile uyumludur.

ASTER SYM için öngörülen doğruluk %95 güven düzeyinde 20 m ve daha küçüktür. Tachikawa vd (2011)’de yapılan karşılaştırmalarda 7—17 m arasında doğruluk değerlerine ulaşıldığı rapor edilmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada global SYM veri setlerinin Türkiye ve yakın çevresindeki doğruluğu üzerine yapılan istatistiksel değerlendirmelerin sonuçları paylaşılmıştır. SRTM1 veri seti için 7 m, ASTER veri seti için ise 10 m doğruluk değerleri elde edilmiştir. Yazarların yürüttüğü projenin sonuçlarının bir kısmının paylaşıldığı projede SRTM1 verilerinde iyileştirmeler de yapılmış, iyileştirilen veriler EGM08 datumunda <http://galileo.selcuk.eu.tr/tsym1> adresinden yayınlanmaya başlanmıştır. Bu bildiri ile global SYM verilerinin doğruluk ve güvenilirlikleri üzerine potansiyel kullanıcılara bir perspektif verilmeye çalışılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP koordinatörlüğü tarafından desteklenen 17401083 numaralı projeden elde edilen sonuçlardan üretilmiştir. Yazarlar koordinatörlüğe teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Bildirici, İ.Ö., Abbak, R.A. (2019) 1 Yay Saniyesi Çözünürlüklü Türkiye Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması ve Kullanım Olanaklarının Araştırılması, SÜ BAP Koordinatörlüğü 17401083 Proje Raporu, Konya.
- JPL (2019a) ASTER Global Digital Elevation Map Announcement, <https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>, , Giriş: 01.01.2019
- JPL (2019b) Shuttle Radar Topography Mission, <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm>, Giriş: 01.01.2019
- Rodríguez, E., Morris, C. S., Belz, J. E., Chapin, E. C., Martin, J. M., Daffer, W., & Hensley, S. (2005). An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California.
- Tachikawa, T., Kaku, M., Iwasaki, A., Gesch, D., Oimoen, M., Zhang, Z., ... & Abrams, M. (2011). ASTER Global Digital Elevation Model Version 2–Summary of Validation Results August 31, 2011.