

SAYISAL ARAZI YÜKSEKLİK MODELLERİNDE DOĞRULUK ARAŞTIRMASI

Mithat ÇOLAK
Hayati TAŞTAN

ÖZET

1:250 000 ölçekli JOG serisi basılı haritaların münhane kalıpları kullanılarak matris (kare grid ağı) yapısında DTED (Digital Terrain Elevation Data) formatında arazi yükseklik modeli verileri üretilmektedir. Bu çalışmada, üretilen bu verilerin NATO Standardı (STANAG 2215) doğruluk kriterini sağlayıp sağlamadığını belirlemek amacıyla yapılan doğruluk araştırması ve uygulanan istatistiksel testler sonuçları ile birlikte sunulmuştur.

ABSTRACT

Digital Terrain Elevation Model data have been produced in matrix form in DTED (Digital Terrain Elevation Data) format by using the 1:250 K JOG maps' contours. In this study, accuracy research and statistical tests carried out to determine whether these data meet the accuracy specs of the NATO standard (STANAG 2215) are presented together with their results.

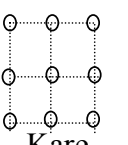
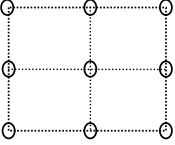
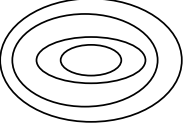
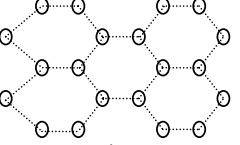
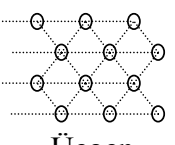
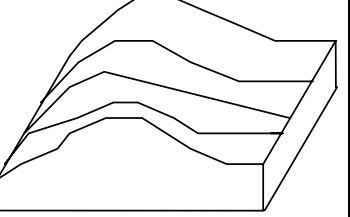
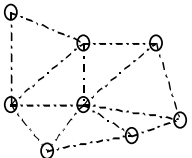
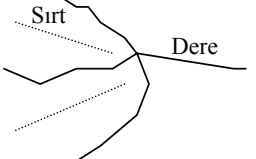
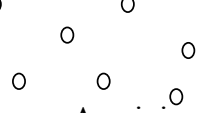
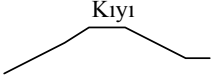
1. GİRİŞ

“Sayısal Arazi Modeli (SAM)”, yeryüzündeki yapay ve doğal detaylar ile topoğrafik yapının bilgisayarla yapılacak işlemlere esas olmak üzere sayısal olarak temsil edilmesi olarak ifade edilirken; “Sayısal Arazi Yükseklik Modeli (SAYM)” ya da “Sayısal Yükseklik Modeli” ise SAM’nden daha dar kapsamlı olup, fiziksel yer yüzünün sınırlı bir bölümünden örnekleme yolu ile seçilmiş bir grup veriye (üç boyutlu koordinatlar), uygun bir enterpolasyon fonksiyonunun uygulanması ve ilgili yüzeye en uygun yaklaşımın sağlanarak arazinin topoğrafik yapısının sayısal olarak gösterimi şeklinde tanımlanabilir /7/.

SAYM; görünürlük analizi, eğim ve bakı analizi, kesit alma, yarma ve dolmalarda hacim hesabi, perspektif görüntü oluşturma, eş yükseklik eğrisi oluşturma gibi sayısal arazi analizlerinde kullanılmaktadır /2/.

Coğrafi Bilgi Sistemlerinde sorgulama ve analizlerin doğruluğu, kullanılan coğrafi verinin kalitesine bağlı olduğundan yapılacak sayısal arazi analizlerinde kullanılan Sayısal Arazi Yükseklik Modellerinin doğruluğunun belirlenmesi ve böylece uygulamalara ilişkin kullanılabilirlik düzeyleri belirlenmelidir /9/.

SAYM, noktasal veriler ya da çizgisel veriler ile ifade edilebilir. Bu ifade şekline göre çeşitli SAYM türleri vardır (Şekil-1). Noktasal veriler; düzenli noktalar (eşit aralıklı, değişken aralıklı), rasgele noktalar (üçgenler, ağlar) ya da kritik noktalar (tepeler, çukurlar) olabilirken, çizgisel veriler; yatay kesitler (eş yükseklik eğrileri), düşey kesitler (profiller), kritik hatlar (sırtlar, nehir hatları, kıyı çizgileri, eğim değişiklik hatları) olabilir /3/.

NOKTALAR		ÇİZGİLER		
Düzenli Noktalar (Düzgün Grid Ağı)	 <p>Kare Grid Ağı</p>	 <p>Dikdörtgen Grid Ağı</p>	Yatay Kesitler (Münhaniler)	 <p>Münhaniler</p>
	 <p>Altıgen Grid Ağı</p>	 <p>Üçgen Grid Ağı</p>	Düşey Kesitler (Profiller)	 <p>Profiller</p>
Rasgele Noktalar	 <p>Üçgenlenmiş Rasgele Ağ (TIN: Triangulated Irregular Network)</p>	Kritik Hatlar	 <p>Sirt Dere</p>	
Kritik Noktalar	 <p>Araziyi Tanımlayıcı Noktalar</p>		 <p>Kıyı</p> <p>Arazi Kırıklık Çizgileri</p>	

Şekil-1: SAYM Türleri

SAYM doğruluğu; kullanılan kaynak verinin konum doğruluğuna, yoğunluğuna (düzenli, rasgele) ve dağılımına (kare, dikdörtgen, üçgen, hat), arazinin karakteristiklerine (kesikli/sürekli, düz/eğimli), SAYM oluşturma (enterpolasyon) yöntemine göre değişir /6/.

SAYM doğruluğunun belirlenmesinde, seçilen test noktalarındaki gerçek ya da kaynak materyalden alınan yükseklikler ile enterpolasyon ile hesaplanan yükseklikler arasındaki farklar kullanılır. Eğer SAYM oluşturmada kullanılan noktalar biliniyorsa, bu noktalar dışında kalan noktalar test noktası olarak kullanılır.

Farklı türdeki SAYM arasında dönüşüm yapmak, başka bir ifade ile bir türdeki SAYM'den başka türde bir SAYM oluşturmak enterpolasyon ile mümkündür /1,5,8/.

2. SAYM DOĞRULUK ARAŞTIRMA ÇALIŞMASI

a. Araştırma Çalışmasının Amacı

Harita Genel komutanlığında üretilen DTED Level-1 formatındaki Sayısal Arazi Yükseklik verilerinin doğruluğunu araştırmak ve mevcut uluslararası standartlardan birisi olan NATO'nun STANAG 2215 ile karşılaştırarak bu verilerin doğruluk açısından uluslararası standartları hangi ölçüde karşıladığını ortaya çıkarmaktır.

b. Araştırma Çalışmasında Uygulanan Yöntem

1°X1° 'lik bir bölgeyi kapsayan 3" X 3" (yaklaşık 100mX100m) sıklığındaki 1201X1201 adet noktadan oluşan bir hücrelik 1'inci düzey DTED Sayısal Arazi Yükseklik verileri, daha doğru olarak kabul edilen ve 1:25 000 ölçekli harita münhani kalıplarının raster taranıp vektöre çevrilmesi ve yükseklik değerlerinin verilmesi sonucu elde edilen sayısal yükseklik paftalarından türetilen Sayısal Arazi Yükseklik Verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla seçilen bir DTED hücresi (4138.dt1) içerisinde farklı eğime sahip dört adet ayrı bölgeye ilişkin test verisi kümeleri, bu bölgelere ilişkin referans veri kümeleri ile karşılaştırılmış, aradaki farklar ile eğim grupları arasında regresyon analizi yapılmış ve ayrıca bu farkların standart sapması hesaplanmıştır.

c. Araştırma Çalışmasında kullanılan Yazılım, Donanım, Test Verileri ve Referans Verisi Kaynakları

Uygulamada ARC/INFO 7.02 Coğrafi Bilgi Sistemi yazılımı ile DEC-Alpha çalışma istasyonu kullanılmıştır. Çizim çıktıları HP650-C çizicisinden alınmıştır.

Test verisi olarak 4138 kodlu DTED Level-1 hücresine ilişkin sayısal kütük 4138.dt1, referans verisi kaynakları olarak bu hücre içerisinde yer alan l46d1, l46d2, l46d3 ve l46d4 isimli 1:25 000 ölçekli sayısal yükseklik paftası kütükleri (l46d1.dgn, l46d2.dgn, l46d3.dgn, l46d4.dgn) kullanılmıştır.

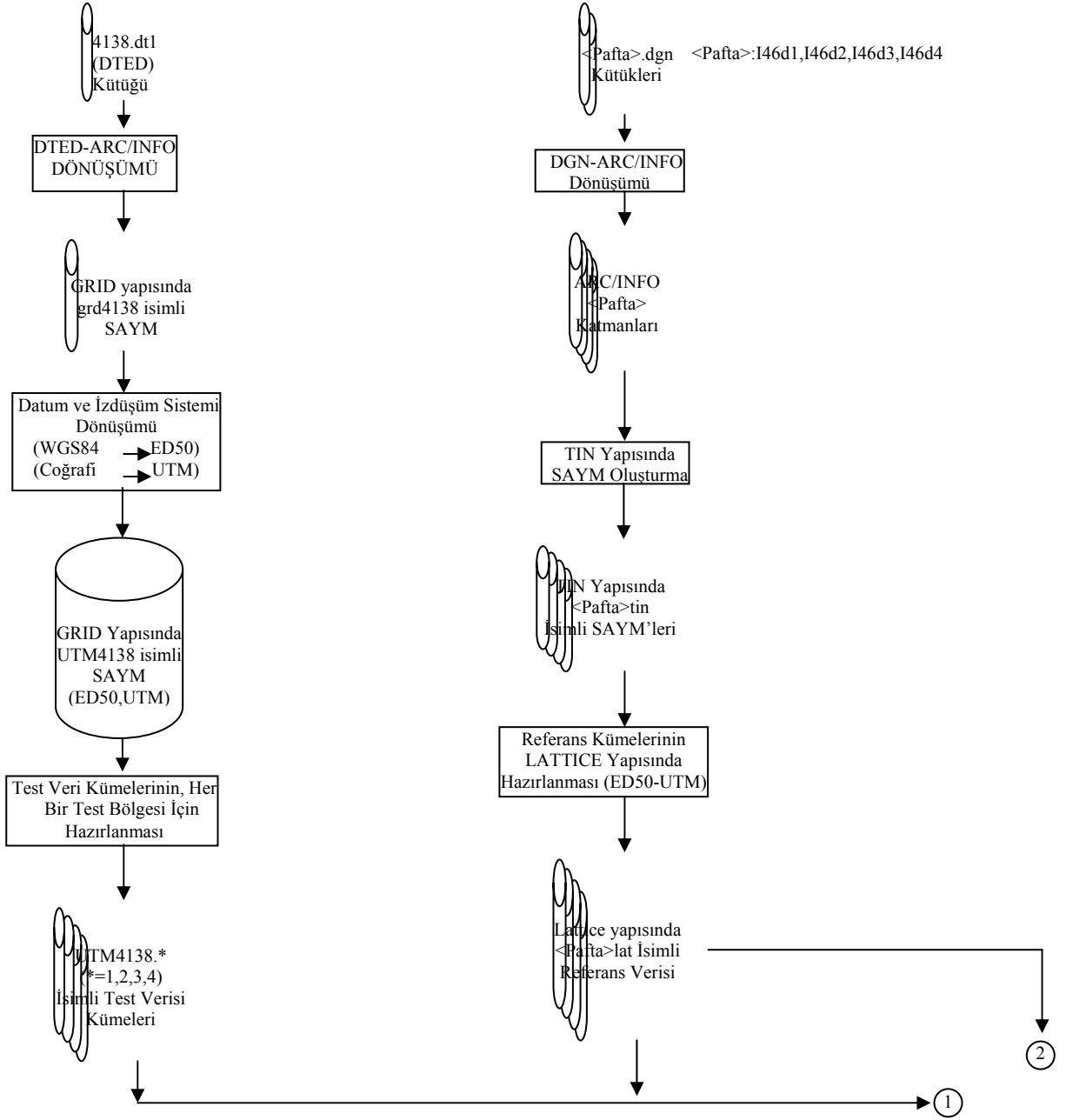
d. Araştırma Çalışmasında İş Akışı Adımları

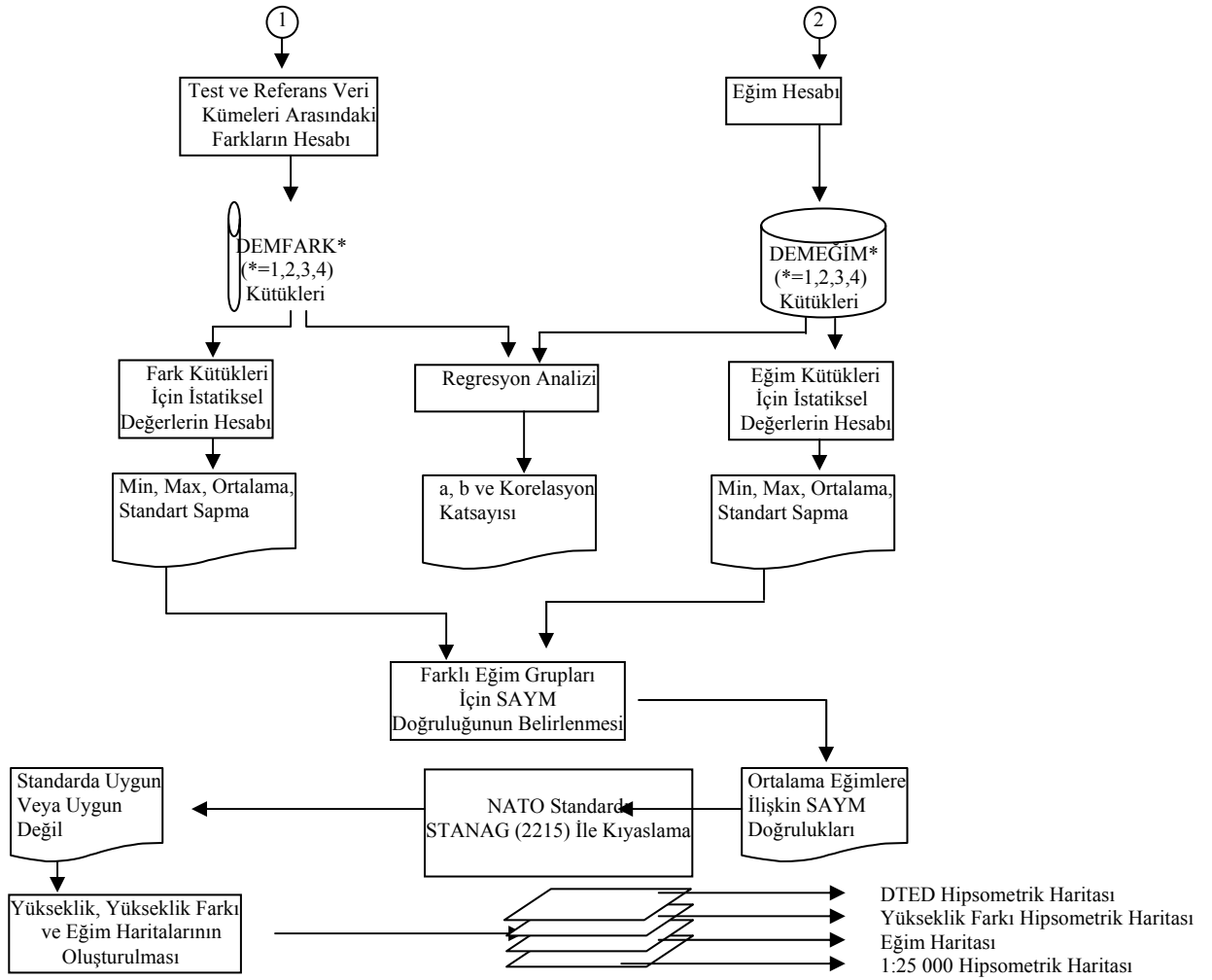
Bu çalışmanın iş akışı Şekil-2'de görülmektedir.

(1)DGN formatındaki kütükler ARC/INFO formatına çevrilmiştir. Sonuçta UTM directorisinde l46d1, l46d2, l46d3, l46d4 isimli ARC/INFO katmanları elde edilmiştir. (Bu katmanlarda yükseklik değerleri IGDS-ZVALUE öz niteliği içinde tutulur. Ayrıca bu katmanlarda münhaniler ÇİZGİ detayı, kot noktaları NOKTA detayı olarak yer alır.)

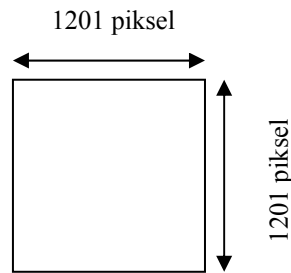
(2)ARC/INFO katmanlarından TIN yapısında Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuştur.

(3)DTED formatından ARC/INFO grid formatına dönüşüm yapılmış ve sonuçta grd4138 isimli grid katmanı elde edilmiştir (Şekil-3).





Şekil-2: Araştırma Çalışması İş Akışı

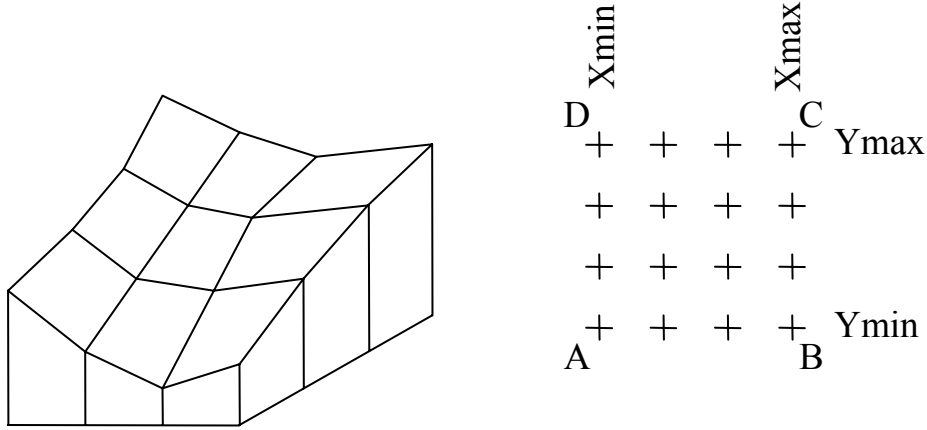


Şekil-3: grd4138 adlı grid katmanı

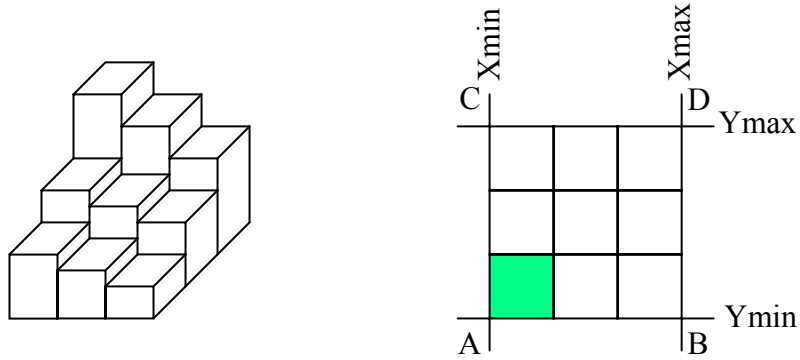
(4)WGS84 Datum ve Geographic İzdüşüm sisteminden ED50 Datum ve UTM İzdüşüm Sistemine datum ve projeksiyon dönüşümü yapılmıştır (DTED verilerinde yükseklikler, ARC/INFO ortamında UTM Katmanında VALUE öz niteliğinde saklanır).

(5)Referans veri kümeleri hazırlanmıştır (ARC/INFO LATTICE formatı, düzenli kare grid ağı yapısında Sayısal Yükseklik Modeli olup karelerin ortalarının yüksekliklerini tutar. Sürekli bir yüzey sağlar. İki LATTICE noktası arasındaki yükseklik değerleri enterpolasyon ile bulunur.)(Şekil-4).

ARC/INFO GRID formatı, ARC/INFO LATTICE formatı ile aynı olup karelerin sol alt köşelerinin yüksekliklerini tutar. Kesikli bir yüzeydir. Yani her bir grid karesindeki yükseklik değerleri aynıdır (Şekil-5).



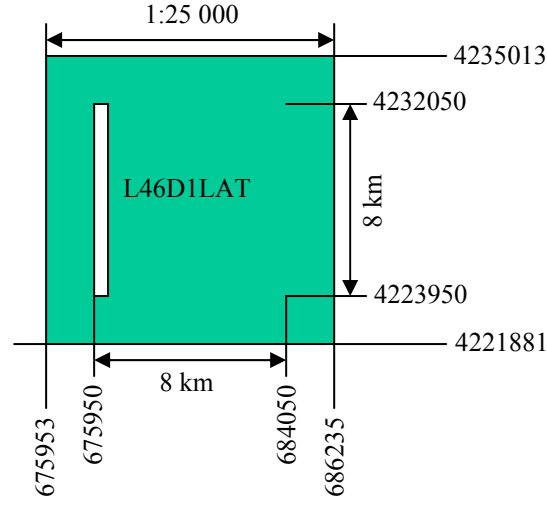
Şekil-4: ARC/INFO LATTICE formatı



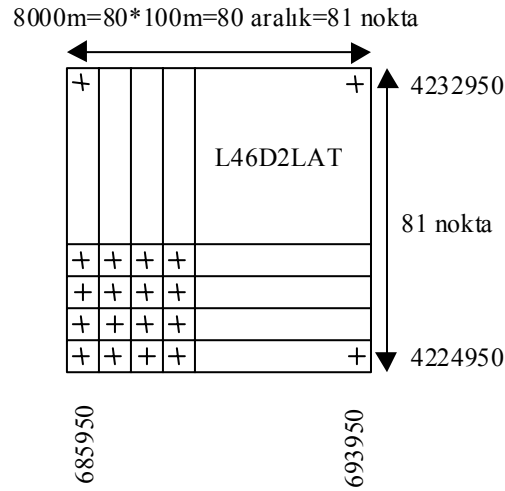
Şekil-5: ARC/INFO GRID formatı

Bu adımda, her 1:25 000'lik içinde 8 km X 8 km lik alanlar seçilmiştir. Dolayısı ile LATTICE formatına sadece seçilen bu bölge ve bu alana 1: 250 000 likte karşılık gelen bölge dönüştürülmüştür.

Referans veri kümelerinin hazırlanması sonucunda 81*81 lik bir Sayısal Yükseklik Modeli matris formatta (ARC/INFO LATTICE formatında) L46D1LAT, L46D2LAT, L46D3LAT ve L46D4LAT adlarında oluşur. Bu verilerin kaynağı 1: 25 000 ölçekli L46D1, L46D2, L46D3 ve L46D4 paftalarından oluşturulan ARC/INFO TIN formatındaki L46D1TIN, L46D2TIN, L46D3TIN ve L46D4TIN isimli katmanlardır (Şekil-6,7).



Şekil-6: L46D1LAT oluşturmak için kullanılan alan



Şekil-7: L46D2LAT için lattice formatı

(6) Test veri kümeleri hazırlanmış ve sonuçta UTM4138_1, UTM4138_2, UTM4138_3 ve UTM4138_4 isimli katmanlar elde edilmiştir.

(7) Aşağıdaki analizler yapılmıştır

(a) Eğim arttıkça yükseklik hatasının (yükseklik farkının) artacağı değerlendirilerek $m_h = a + b \cdot \tan \alpha$ matematiksel modelinin SAYM için doğruluk ölçütü olup olmayacağını belirlemek için, FARKDEM'ler (Δh) ile DEMEGİM'ler ($\tan \alpha$) arasında regresyon analizi ile bu modeldeki a ve b katsayıları tespit edilmiştir. Sonuçlar Tablo-1'de topluca gösterilmiştir.

Tablo-1: a,b katsayıları, RMSE (Hataların Karelerinin Toplamının Ortalamasının Karekökü) değerleri, Korelasyon Katsayıları

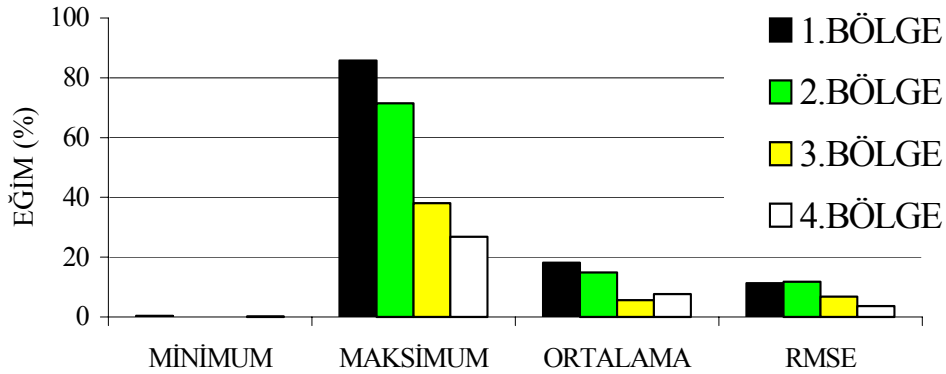
VERİ KÜMELERİ	a	b	RMSE	KORELASYON KATSAYISI
1.BÖLGE	14.174	22.784	15.449	0.164
2.BÖLGE	29.053	3.822	25.575	0.017
3.BÖLGE	15.520	5.798	10.651	0.037
4.BÖLGE	13.579	-26.544	9.249	-0.104

Tabloda görüldüğü gibi Fark ve Eğim verileri arasındaki korelasyon çok zayıftır. Bu nedenle a ve b katsayıları, kullanılan matematiksel modelin buradaki SAYM için doğruluk ölçütü olarak kullanılamayacağı değerlendirilmiştir.

(8)Oluşturulan DEMEGİM ve FARKDEM'lerin İstatistiksel Değerleri hesaplanmış olup Tablo-2, Şekil-8 ve Tablo-3, Şekil-9'da sunulmuştur.

Tablo-2: DEMEGİM'lerin İstatistiksel Değerleri

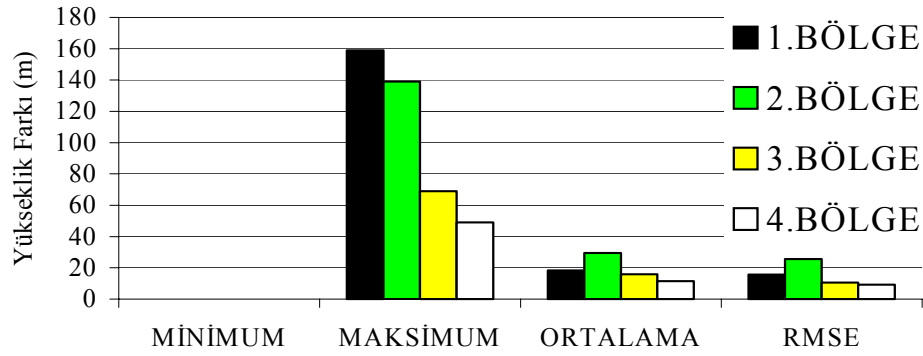
EĞİM	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	4.BÖLGE
MİNİMUM	0.395	0.000	0.000	0.177
MAKSİMUM	85.821	71.512	38.108	26.889
ORTALAMA	18.147	14.849	5.587	7.699
RMSE	11.284	11.752	6.813	3.654



Şekil-8: DEMEGİM'lerin İstatistiksel Değerleri

Tablo-3: FARKDEM'lerin İstatistiksel Değerleri

FARK	1.BÖLGE	2.BÖLGE	3.BÖLGE	4.BÖLGE
MİNİMUM	0.000	0.000	0.000	0.000
MAKSİMUM	159.000	139.000	69.000	49.000
ORTALAMA	18.308	29.546	15.884	11.535
RMSE	15.662	25.573	10.658	9.300



Şekil-9: FARKDEM'lerin İstatistiksel Değerleri

(9)Farklı eğim grupları için SAYM doğrulukları belirlenmiştir. Her bir bölge için RMSE'ler Tablo-3'deki değerler olarak elde edilmiş idi. Bu değerler %68.27 güven seviyesini ifade etmektedir. Diğer güven seviyelerindeki düşey doğruluk kriterleri NATO standardı olan Stanag 2215'deki dönüşüm katsayıları kullanılarak tespit edilmiştir. Dolayısıyla %90 güven düzeyindeki düşey duyarlılıklar her bölge için RMSE'nin 1.6449 değeri ile çarpılması sonucu bulunmuştur. Buna göre; hesaplanan SAYM doğruluk ölçütü olarak "Doğrusal Harita Doğruluk Standardı" (LMAS: Linear Map Accuracy Standard) değerleri Tablo-4'de sunulmuştur.

Tablo-4:LMAS değerleri

	1nci Bölge	2nci Bölge	3ncü Bölge	4ncü Bölge
LMAS (m)	25.762	42.065	17.531	15.298

Tablo-4'deki değerlere göre, örneğin 1'inci bölge için, SYM'nin Düşey doğruluğu %90 olasılıkla 25.762m den daha iyidir. Yani düşey yöndeki hatalar %90 olasılıkla 25.762m den daha iyidir.

(10)Test verilerine ilişkin SAYM doğrulukları NATO standardı (STANAG 2215) ile karşılaştırılmış olup, Tablo-5 ve Tablo-6'da sunulmuştur.

Tablo-5: NATO Standardı LMAS Doğruluk Ölçütü Kriterleri (metre)

DOĞRULUK SINIFI	ORTALAMA EĞİM (%) Level 1		
	0-10	10-30	30-50
0	$0 \leq LMAS \leq 5$	$0 \leq LMAS \leq 15$	$0 \leq LMAS \leq 25$
1	$5 < LMAS \leq 10$	$15 < LMAS \leq 30$	$25 < LMAS \leq 50$
2	$10 < LMAS \leq 20$	$30 < LMAS \leq 60$	$50 < LMAS \leq 100$
3	$LMAS > 20$	$LMAS > 60$	$LMAS > 100$
4	Belirlenmedi		

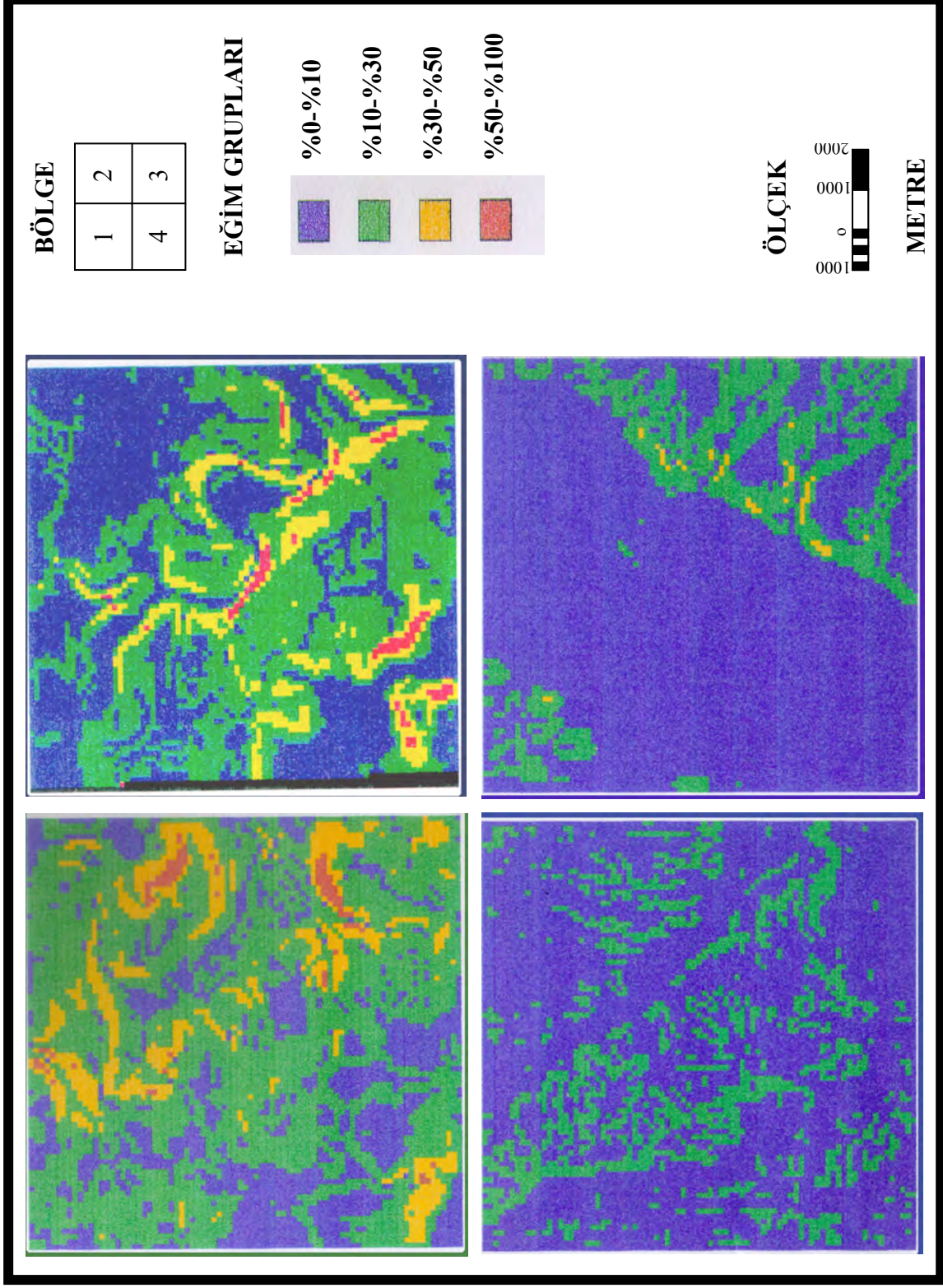
Tablo-6: Test Verileri

TEST VERİSİ KÜMESİ	ORTALAMA EĞİM (%)	DOĞRULUK (LMAS) (metre)	NATO STANDARDI DOĞRULUK SINIFI
1	18.1	25.7	1
2	14.8	42.1	2
3	5.6	17.5	2
4	7.7	15.3	2

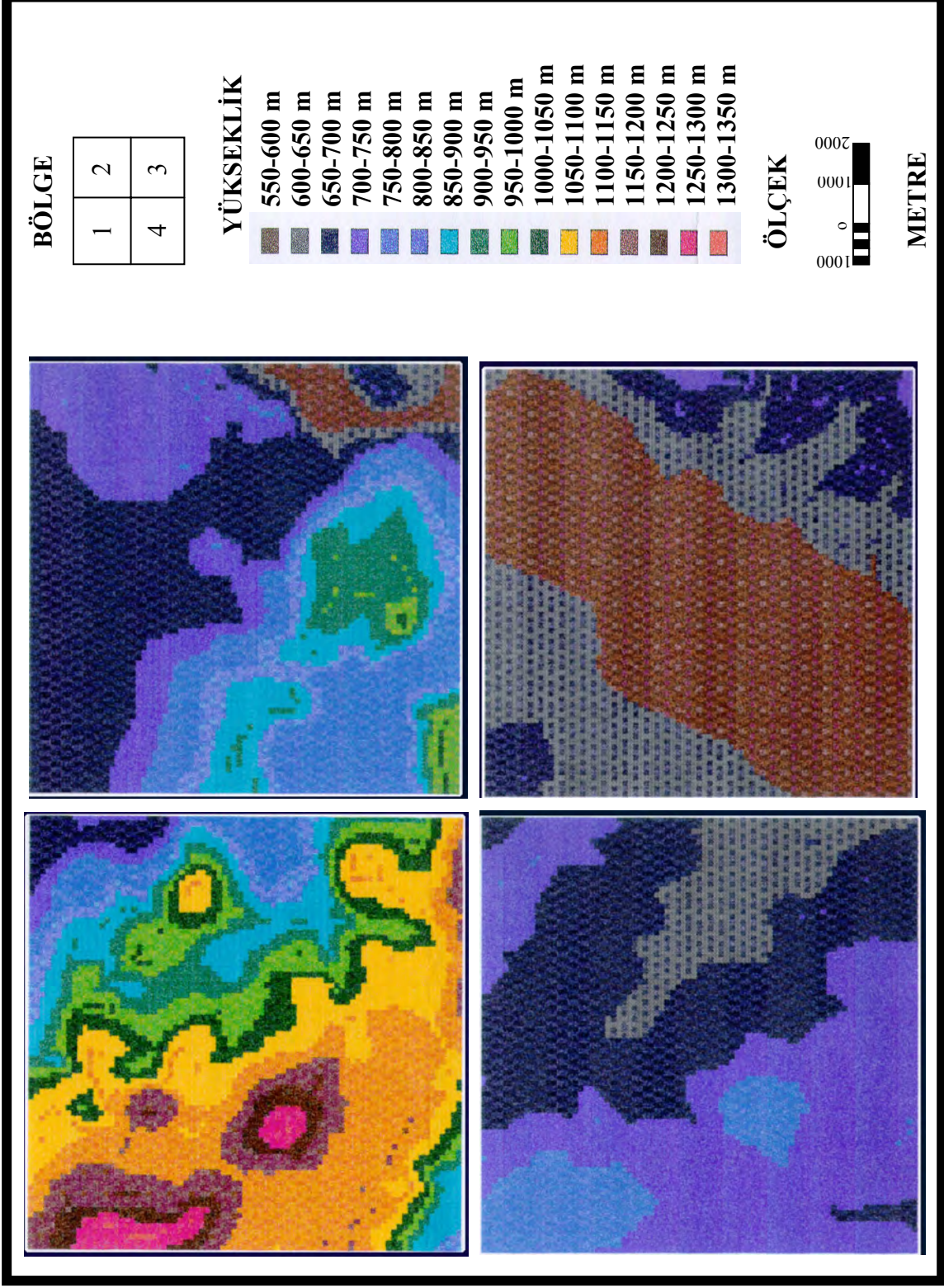
(11)Her bölge için Yükseklik, Yükseklik Farkı ve Eğim Haritaları oluşturulmuş ve çıktıları alınmıştır (Şekil-10,11,12,13).

3. SONUÇ

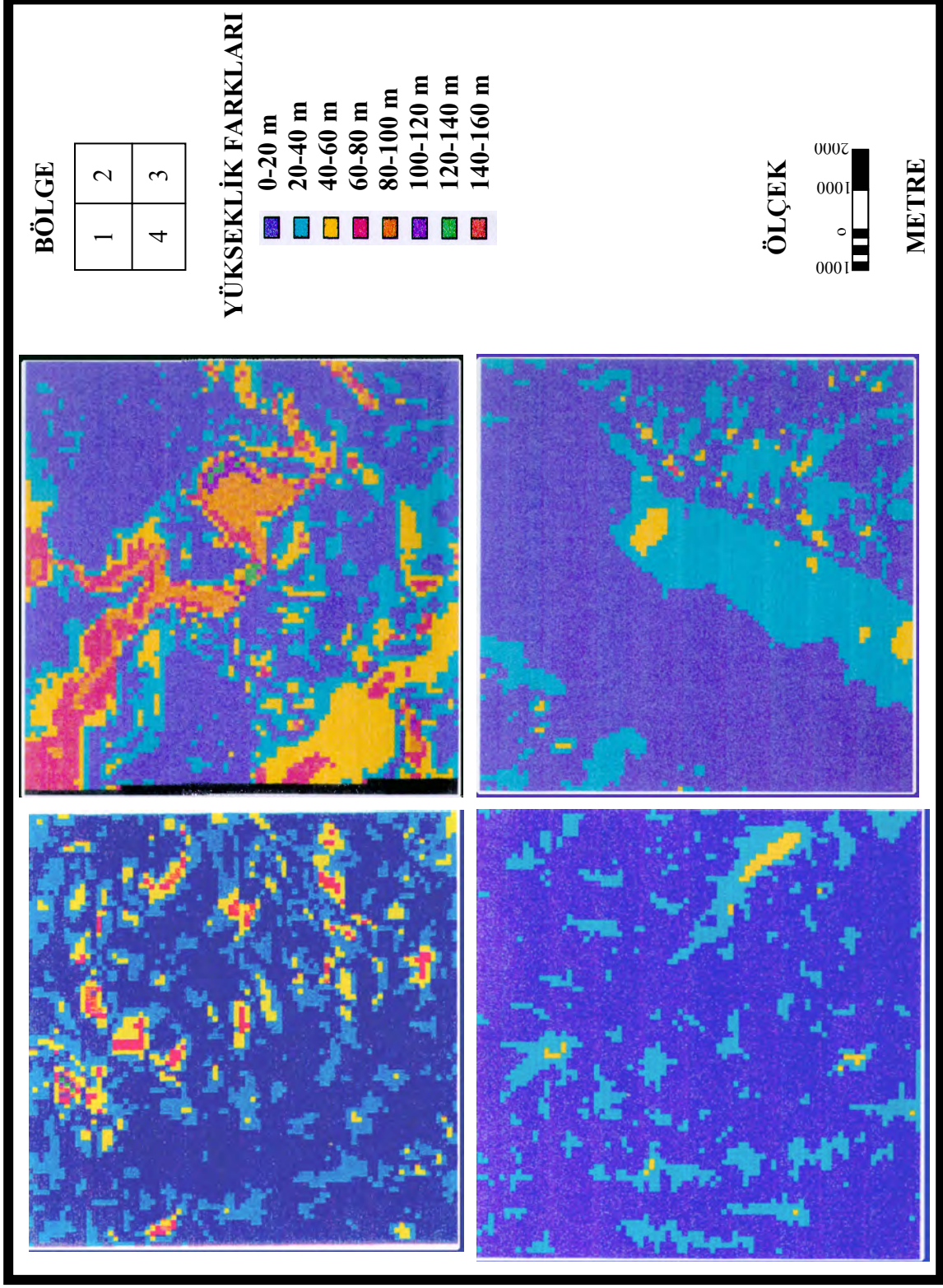
Uygulama bölümünde, 1°X1°'lik bir bölgeyi kapsayan ve 3"X3" (yaklaşık 100mX100m) sıklığındaki 1201X1201 adet noktadan oluşan bir hücrelik DTED sayısal arazi yükseklik verileri, daha doğru olarak kabul edilen ve 1:25 000 ölçekli harita münhani kalıplarının raster taranıp vektöre çevrilmesi ve yükseklik değerlerinin verilmesi sonucu elde edilen sayısal yükseklik paftalarından türetilen Sayısal Arazi Yükseklik verileri ile karşılaştırılmıştır. Bu amaçla seçilen bir DTED hücresi (4138.dt1) içerisinden farklı eğime sahip dört adet ayrı bölgeye ilişkin test verisi kümeleri, aynı bölgelere ilişkin referans veri kümeleri ile karşılaştırılmış, aradaki farklar ile eğim grupları arasında regresyon analizi yapılmış ve ayrıca bu farkların standart sapması hesaplanmıştır. Korelasyonların çok küçük çıkması sonucu, bu katsayıların SAYM'lerinin doğruluğu konusunda bir ölçüt olamayacağı görülmüştür. Bundan sonra RMSE'leri kullanarak %90 güven düzeyli LMAS değeri tespit edilmiştir. Bu değer NATO'nun Stanag 2215 ile belirlemiş olduğu 2'nci doğruluk sınıfını karşıladığı görülmüştür. Sonuç olarak STANAG'da yer alan doğruluk sınıflarını 0(çok iyi), 1(iyi), 2(orta), 3(zayıf) olarak nitelendirilirse, Harita Genel Komutanlığınca üretilen DTED-Level 1 formatındaki SAYM'lerinin doğruluğunun NATO standartlarına göre "**ORTA**" olduğu söylenebilir /4/.



ŞEKİL 10: Bölgelere Ait Raster Eğim Haritaları



Şekil-11: Bölgelere Ait DTED Hipsometrik Haritaları



ŞEKİL 13: Bölgelere Ait Yükseklik Farkı Hipsometrik Haritaları

K A Y N A K L A R

- /1/ Averbach, S., H. Schaeben : Surface Representations Reproducing Given Digitized Contour Lines, Mathematical Geodesy, Vol: 22, No: 6, 1990
- /2/ Bank,E., Taştan, H. : Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Konuma Bağlı Analizler, Harita Dergisi, Ankara, 1994
- /3/ Burroughs, P.A. : Principles of Geographical Information Systems For Land Resources Assesment, Oxford University Press, 1986
- /4/ Çolak, M. : Sayısal Arazi Yükseklik Modellerinin Doğruluk Araştırması, Bitirme Tezi, Harita Yüksek Teknik Okulu, Ankara, 1998
- /5/ Kraus, K. : Automotische Berechnung Digitaler Höhenlinien, Zeitschrift for Vermessungswesen, Nr.6, 1971
- /6/ Li, Z. : Variation Of The Accuracy of Digital Terrain Models With Sampling Interval, Photogrametric Record, Cilt: 14, Sayı: 79, Sayfa :13-128, 1992
- /7/ Maraş, H. : Sayısal Arazi Modeli Ürünleri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 1993
- /8/ Swain, C.J. : A Fortran IV Program For Interpolating irregularly Spaced Data using The Difference Equations For Minimum Curvature, Computer& Graphics, Vol:1, Sayfa: 231-240, 1976
- /10/ Taştan, H. : Coğrafi Veri Kalitesi, Harita Dergisi, Sayı:120, Ankara, Temmuz 1998