

## Çoklu ölçekli sayısal yükseklik modellerinden çıkarılan fizyografik detaylara ait yüzey doku özelliklerinin gri düzey eş-oluşum matrisi ile analizi

Dinesh Sathyamoorthy\*

Savunma Bilim & Teknoloji Araştırma Enstitüsü, Savunma Bakanlığı, Malezya

### Özet

Bu çalışmanın amacı çoklu ölçekli Sayısal Yükseklik Modellerinden (SYMler) çıkarılan fizyografik detaylara ait yüzey doku özelliklerinin analizinde Gri Düzey Eş-Oluşum Matrisi (GDEM)'nin kullanılmasıdır. Enerji, kontrast, otokorelasyon ve entropi olmak üzere dört GDEM parametresi yatay (0°), düşey, ve köşegen (45 and 135°) yönler boyunca hücre çiftleri için hesaplanmıştır. Çeşitli yüzey profilleri ve farklı ölçeklerde oluşan değişimler nedeniyle fizyografik özellikler ve bunlara karşılık gelen SYMler için GDEM parametrelerinin çiziminde çeşitli örüntüler gözlemlenmektedir. Çoklu ölçeklendirme esnasında yeryüzündeki detayların yumuşatılması nedeniyle azalan engebeliliği gösterecek şekilde yüzey özellikleri artan enerji ve entropi değerlerine sahip olurken, azalan kontrast ve entropi değerleri oluşmaktadır. Farklı ölçeklerde farklı yüzey özellikleri ile karşılaştırıldıklarında dağlar en yüksek, havzalar ise en düşük engebelilik değerlerine sahip olmaktadır. Her bir parametre için dört farklı hücre çifti yönüne ait çizimlerde benzer eğilimler gözlenmektedir. Yani, farklı ölçeklerde, farklı yönlerde yüzey doku özelliklerindeki değişimde benzer eğilimler oluşmaktadır. Fakat, her bir yöndeki dokusal tekdüzeliğe bağlı olarak farklı yönler için değişen değerler gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, GDEM, yeryüzü şekillerine ait farklı doku özelliklerine dayanan çoklu ölçekli SYMleri kullanarak sınıflandırma yapmak için uygun bir araçtır.

### Anahtar Sözcükler

Çoklu ölçekli sayısal yükseklik modeli (SYM), Fizyografik detaylar, Yüzey doku özelliği, Gri düzey eş-oluşum matrisi (GDEM), hücre çifti.

### Abstract

#### Analysis of surface textures of physiographic features extracted from multiscale digital elevation models via grey level co-occurrence matrix

This paper is aimed at employing grey level co-occurrence matrix (GLCM) to analyse the surface textures of physiographic features extracted from multiscale digital elevation models (DEMs). Four GLCM parameters, energy, contrast, autocorrelation and entropy, are computed for horizontal (0°), vertical (90°) and diagonal (45 and 135°) cell pair orientations. For the respective DEMs and physiographic features, varying patterns are observed in the plots of the GLCM parameters due to varying surface profiles and the changes that occur over the scales. Due to the smoothing of the terrain during multiscaling, the features have increasing values of energy and entropy, and decreasing values of contrast and entropy, indicating decreasing roughness. Mountains have the highest roughness as compared to the other features over the scales, while basins have the lowest roughness. For each parameter, similar trends are observed in the plots for the four different cell pair orientations, indicating similar trends of change of surface texture in the different orientations over the scales. However, varying values are observed for the different orientations, depending on textural uniformity in the corresponding orientations. The results obtained demonstrate that GLCM can be an appropriate tool for classifying landforms from multiscale DEMs based on the different texture characteristics of the landforms.

### Keywords

Multiscale digital elevation models (DEMs), physiographic features, surface texture, grey level co-occurrence matrix (GLCM); cell pairs.

Cilt: 2  
Sayı: 1  
Sayfa: 59 - 69  
Mayıs 2013

Volume: 2  
Issue: 1  
Page: 59 - 69  
May 2013

\*\* Hakemli değerlendirme sürecinden geçerek, Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi'nde yayına kabul edilen ve asıl yazı dili İngilizce olan "Analysis of surface textures of physiographic features extracted from multiscale digital elevation models via grey level co-occurrence matrix" başlıklı eserin Türkçe diline çevirisidir. Çeviren; Oğuz Güngör.

\* Sorumlu Yazar: Tel: +603-8732 4431 Fax: +603-8734 8695

E-posta: dinesh.sathyamoorthy@stride.gov.my (Sathyamoorthy D.), ongungor@ktu.edu.tr (Güngör O.)

## 1. Giriş

Ölçekteki değişimler bilginin elde edileceği, sunulacağı veya analiz edileceği detay seviyesini sınırlandırabilmektedir. Ölçek terimi mekânsal boyut ile mekânsal detay veya çözünürlüğün kombinasyonu anlamına gelir (Tate ve Wood 2001; Li 2008; Drăguț ve Eisank 2011; Goodchild 2011). Sonuca etkilerinin ne olacağını anlamadan ölçeği değiştirmek, örüntülerin veya işlemlerin detay kaybı ve yüzey parametrelerindeki ve arazi şekillerindeki çeşitlilikler nedeniyle başta niyet edilenden farklı şekillerde temsil edilmesi sonucunu doğurabilir (Lam vd. 2004; Summerfield 2005; Drăguț ve Eisank 2011; Goodchild 2011). Bu sebepten dolayı genellikle detay saptama ve bunların özelliklerinin belirlenmesi işleminin farklı ölçeklerdeki ölçümlerden yapılması gerekmektedir. Wu vd. (2008), Wood (2009), Drăguț vd. (2009) ve Poulos vd. (2012) bir konumun farklı ölçeklerde analizinin bir Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'nden bir yüzey özelliğine ait mekânsal özelliklerle ilgili çok büyük miktarda bilgi çıkartılmasına imkan sağlayacağını göstermişlerdir.

Literatürde farklı ölçeklerdeki SYMLerden çıkartılan çeşitli yeryüzü şekillerinin sınıflandırılması ile ilgili çok sayıda çalışma yer almaktadır (Fisher vd. 2004; Tay vd. 2005; Schmidt ve Andrew 2005; Behrens vd. 2010; Dinesh vd. 2011; Zhao vd. 2012; Chiao vd., 2013). Fakat, araştırmacılar yeryüzü detaylarına ait doku özelliklerine farklı ölçeklerin etkileri konusuna pek fazla yoğunlaşmamışlardır. Doku, bir yüzeydeki birbirine bitişik piksel bloklarına ait yoğunluk değerlerinin mekânsal düzeni anlamına gelir. Doku, elemanların ya da örüntülerin düzlüğü, pürüzlülük veya düzenliliği, veya düzenli tekrarlılığı gibi algısal tanımlayıcılar kullanılarak değerlendirilebilir (Haralick vd. 1973; Karu vd. 1996; Srinivasan ve Shobha 2008; Gonzalez vd. 2009).

Bu çalışmanın amacı farklı ölçeklere sahip SYMLerden çıkarılan fizyografik yeryüzü detaylarına ait doku özelliklerinin incelenmesidir. Fizyografi (arazi yüzey özellikleri olarak ta bilinir) Dünya yüzeyindeki fiziksel nesnelere ve bunların öznelik bilgilerinin incelenmesidir. Araziye ait fizyografik detayların belirlenmesi çeşitli yeryüzü şekillerinin sınıflandırılmasında birinci aşamayı oluşturur. Arazi dağlar, dağ eteği eğimleri ve havzalar olmak üzere üç ana fizyografik nesneye bölümlenebilir (Miliaresis ve Argialas 1999; Dinesh vd. 2007).

Literatürde Laws'ın doku enerjisi (Laws 1980), Markov rastgele alan (Cros ve Jain 1983), fraktal analiz (Pentland 1984), Gabor süzgeçleme (Jain ve Farrokhnia 1991), dalgacık dönüşümleri (Chang ve Kuo 1993), morfolojik süzgeçleme (Liv vd. 1997) ve dördün yansımali süzgeçleme (DYS) (Randen ve Husøy 1999a) gibi pek çok doku analiz yöntemi önerilmiş olsa da bu çalışmada mekânsal yer saptama anlamında çok başarılı olduğu için Gri Düzey Eş-oluşum Matrisi (GDEM) (Haralick vd. 1973) kullanılmıştır (Ohanian ve Dubes 1992; Randen ve Husøy 1999b; Sharma ve Singh 2001; Srinivasan ve Shobha 2008). GDEM bir kare matristir ve boyutu görüntüdeki farklı gri değer sayısı kadardır. GDEM belli bir geometrik uzaklık ile birbirinden ayrılmış aynı gri değer çiftlerinin tekrarlanma sayılarının hesaplanması sonucu oluşturulur. GDEM çeşitli uygulamalarda doku analizi için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Baraldi ve Parmiggiani 1995; Al-Janobi 2001; Ruiz vd. 2002; Gadelmawla, 2004; Yang vd. 2011; Eichkitz vd. 2013).

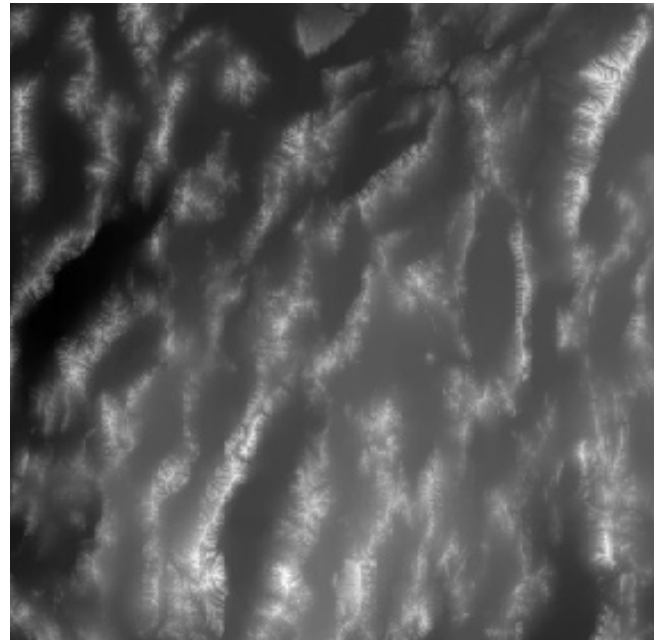
## 2. Metodoloji

### 2.1 Kullanılan veri

Şekil 1'de verilen SYM, Büyük Havza'nın ABD'nin Utah Eyaleti sınırları içerisinde kalan ve 38° 15' - 42° Kuzey enlemleri ile 118° 30' - 115° 30' Batı boylamları arasında kalan kısmını göstermektedir. SYM x ve y yönlerinde 925 m çözünürlüğe yeniden örneklendirilmiştir. Kullanılan SYM Küresel Sayısal Yükseklik Modeli (GTOPO30) verisidir ve USGS GTOPO30 web sitesinden (GTOPO30 1996) indirilmiştir. GTOPO30 SYM verisi küresel ölçekte veri sağlar ve Dünya yüzeyini 30 ark-saniye örnekleme aralığı ile sayısal olarak temsil eder. GTOPO30 SYMLeri üretmek için kullanılan arazi verisi ADB'ye ait 1-derecelik SYM ve Dünya Sayısal Haritası (DSH)'nin oluşturduğu Sayısal Arazi Yükseklik Verisi (SAYV)'nden elde edilir. Kaynak veriye bağlı olarak GTOPO30 SYM verisinin doğruluğu farklı konumlarda farklılık gösterir. SAYV ve 1-derecelik veri seti ±30 m düşey doğruluğa sahipken DSH'nin mutlak doğruluğu yatayda ±2,000 ve düşeyde ise ±650 m dir (Miliaresis ve Argialas 2002). SYM, engebeli yüzey profiline sahip dağlık arazileri gösterir. Arazi kabuğundaki ve yüzeyin ince olduğu bölgelerdeki çekme kuvvetleri normal faylanma ile geniş düz havzalardan ayrılan eğimli dağ bloklarını oluşturarak havza-sıradağlar (basin-and-range) fizyografisini oluşturur. (Howell 1995; Summerfield 1996, 2000; Miliaresis ve Argialas 1999; Miliaresis 2008).

### 2.2 Çoklu Ölçekli SYM Üretimi

Bu yayında çoklu ölçekleme, görüntü ve sinyal işlemede güçlü bir çoklu ölçekleme aracı olduğu ispatlanan (Claypoole ve Ba-



Şekil 1: Büyük Havza'ya ait GTOPO30 SYM Verisi. Araziye ait yükseklik değerleri (1,005 ila 3,651 m arası) 0-255 aralığına (En parlak piksel en yüksek yeri gösterecek şekilde) yeniden ölçeklendirilmiştir. Ölçek yaklaşık olarak 1:3,900,000.

raniuk 2000, Starck 2002, Guo vd. 2008; Abdul-Rahman vd. 2013) ve son zamanlarda yer-mekânsal analizlerde araştırmacıların dikkatini çeken (Hayat vd. 2008; Bernadin vd. 2008; Yang vd. 2009; Dinesh vd. 2011; Ahmad Fadzil vd. 2011; Chiao vd. 2013) kaldırma şeması (Sweldens 1996, 1997) kullanılarak yapılmıştır. Bunun sebebi, kaldırma şemasının sınırdaki bozulmaya sebep olmadan dalga, dalganın şekli ve genliği anlamında doğru yüzey profillerini koruma yeteneğidir (Jiang vd. 2001a,b; Nonomura vd., 2010). Kaldırma şeması orijinal veri kümesini aşağıda açıklanan üç adımda yüksek ve düşük frekanslı alt kümelere ayırır.

### Adım 1: Bölme

Orijinal veri kümesi  $x[n]$ , çift  $x_e[n]$  ve tek  $x_o[n]$  dizin noktaları olmak üzere birbirinden ayırık alt kümelere bölünür.

### Adım 2: Tahmin

Genellikle tek ve çift alt kümeler arasında yüksek oranda korelasyon vardır. Bu korelasyon yapısı genelde lokal olduğu için bir alt küme diğer alt kümeyi tahmin etmek için kullanılabilir. Bu durumda tahmin operatörü  $P$  (Eşitlik 9) kullanılarak çift endeksli alt küme tek endeksli alt kümeyi tahmin etmek için kullanılır. Tahmin edilen ile orijinal tek endeksli alt küme arasındaki fark yüksek frekanslı alt küme  $d[n]$ 'i verir (Eşitlik 10). Çift endeksli alt küme dönüşümdeki bir sonraki adıma girdi olabilmesi için değiştirilmeden bırakılır.

$$P(x_o[n]) = \frac{1}{2}(x_e[n] + x_e[n+1]) \quad (1)$$

$$d[n] = x_o[n] - P(x_o[n]) \quad (2)$$

### Adım 3: Güncelleme

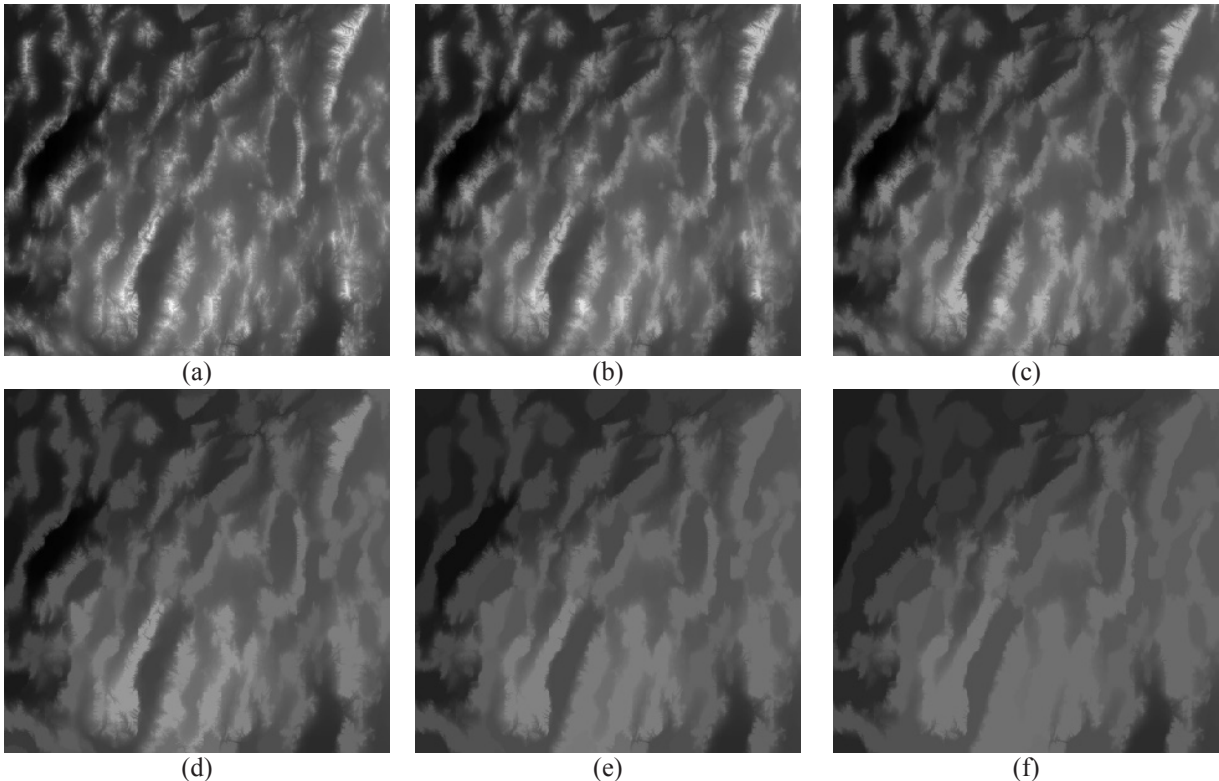
Güncelleme adımı çift endeksli alt kümeyi bir ortalama ile değiştirir. Bunu güncelleme operatörü  $U$ 'yu  $d[n]$ 'e (Eşitlik 11) uygulayarak ve çift endeksli alt kümeye ekleyerek yapar (Eşitlik 12). Bu, orijinal veri kümesinin kaba bir tahmini ve daha yumuşak bir temsili olan düşük frekanslı alt küme  $c[n]$ 'i verir.

$$U(d[n]) = \frac{1}{4}(d[n-1] + d[n+1]) \quad (3)$$

$$c[n] = x_e[n] + U(d[n]) \quad (4)$$

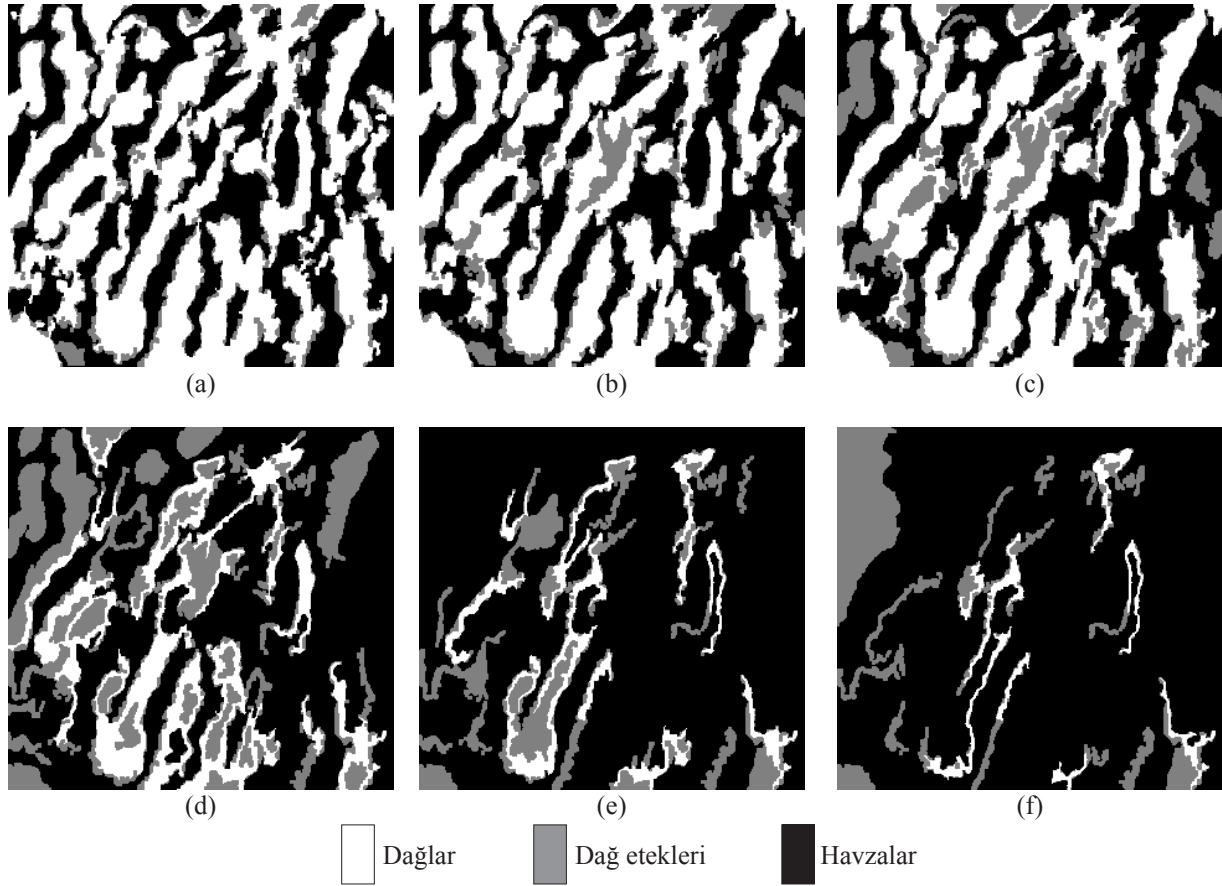
Yukarıdaki üç adım bir kaldırma aşaması oluşturur. Bir SYM'ni girdi olarak kullanarak kaldırma şemasının tekrarlı olarak uygulanması çoklu ölçekli SYM'lerin tüm kümesi olan  $cs[n]$ 'i ve ölçek  $ds[n]$ 'deki değişim sebebiyle oluşan yükseklik kaybını oluşturur. Her bir iterasyonda  $cs[n]$  iterasyona girdi olarak verilen noktaların yalnızca yarısını içerir ve bu yüzden, üretilen çoklu ölçekli SYM'nin çözünürlüğü iki kat kötüleşir. Her iterasyonda değiştirilen SYM hücreleri kavisli (engebeli) bölgelerken, değiştirilmeyen hücreler düz bölgelerdir. İterasyon, SYM'deki tüm kavisler ortadan kaldırılıp yalnızca düz bölgeler kalana kadar tekrarlanır. Farklı SYM'ler için gerekli olan iterasyon sayısı yüzey profiline göre değişir; pürüzlü yüzey profili daha fazla iterasyona ihtiyaç duyarken daha yumuşak yüzey profili daha az sayıda iterasyon gerektirebilir.

Büyük Havza bölgesine ait çoklu ölçekli SYM'ler ölçek değeri  $s$ 'nin 1 ile 20 arasında değişen değerleri için kaldırma şeması uygulanarak üretilmiştir. Şekil 2'de gösterildiği üzere, ölçek arttıkça küçük alanların komşu gri değer bölgeleri ile birleştirilmesi işlemi artar ve bu SYM'deki ince detayların kaybolmasına sebep olur. Sonuç olarak, üretilen çoklu ölçekli SYMler yüksek dereceli ölçeklerde düşük çözünürlüğe sahip olur.



Şekil 2: (a) 1 (b) 3 (c) 5 (d) 10 (e) 15 (f) 20 ölçekleri kullanılarak üretilen çoklu ölçekli SYMler.





Şekil 3: Şekil 2'deki çoklu ölçekli SYM'lere karşılık gelecek şekilde fizyografik olarak bölünmüş araziler.

### 2.3 Fizyografik Detayların Çıkarımı

Üretilen çoklu ölçekli SYM'ye ait dağlar, havzalar ve dağ eteği yamaçları [Dinesh vd. \(2007\)](#)'de önerilen matematiksel morfolojik temelli segmentasyon algoritması kullanılarak çıkartılmıştır. SYM'nin en tepe ve çukur noktalarını çıkartmak için en yüksek erezyon kullanılmıştır. Dağlık alanlara ve havzalara ait pikselleri elde etmek için SYM'ye ait tepe ve çukur noktalarda koşullu dilatasyon uygulanmıştır. Dağ yada havzaya ait hücreler olarak sınıflandırılmamış olan pikseller dağ eteği yamaçları olarak atanmıştır.

Şekil 3'te de görüldüğü üzere, küçük alanların komşu gri değer bölgeleri ile birleştirilmesi ve SYM'deki ince detayların ortadan kaldırılması çıkarılan dağların azalmasına ve çıkarılan havza alanlarının artmasına sebep olmaktadır. Genelde, dağ eteği yamaçları neredeyse sabit kalmaktadır, fakat dağ eteği yamaçlarının biçimi dağ ve havzaların biçimine ve yapısına bağlı olarak büyük oranda değişmektedir.

### 2.4 GDEM Üretimi

SYMler her bir piksel konumunda yükseklik değerinin temsil edildiği 2 boyutlu matrislerdir. Eş-oluşumluluk matrisi elemanlarının bütün piksel yükseklik değerleri kullanılarak hesaplanması GDEM'de düşük değerlerde çok fazla sayıda girdinin oluşması sonucunu doğuracaktır ve bu durum, hesaplanan doku parametrelerinin görüntüdeki gürültü sebebiyle kolaylıkla bozulmasına neden olacaktır. Bu sebepten dolayı, orijinal yükseklik değer aralığının skalar ya da vektörel nicemleme kullanılarak daha küçük sayıda gri değer seviyesine dönüştürülmesi tercih edilir ([Ohanian ve Dubes 1992](#); [Randen ve Husøy 1999b](#); [Aria vd. 2004](#)). Bu çalış-

mada eş-oluşumluluk elemanlarını çıkartmak için SYM'deki farklı yükseklik değerlerinin sayısı histogram dönüşümü kullanılarak 32'ye düşürülmüştür ([Gonzalez vd. 2009](#)).

GDEM  $N(i, j)$ ,  $(\Delta x, \Delta y)$  mesafesi kadar araları ayrılmış hücre çiftleri için kartezyen koordinatlar cinsinden hesaplanır:

$$N(i, j) = \#\{i(x, y), j(x + \Delta x, y + \Delta y)\} \quad (5)$$

burada  $(x, y)$  ve  $(x + \Delta x, y + \Delta y)$  hücre çiftlerine ait ana ve komşu hücreleri,  $i$  ve  $j$  ise ana ve komşu hücrelere ait gri değer seviyelerini, ve  $\#$  ise frekansını göstermektedir.

Bu çalışmada küçük alanlar boyunca oluşan gri değer çeşitliliğini değerlendirmek için ana hücre ile komşu hücre arası mesafe 1 olarak alındı. Literatürdeki daha önce yapılan çalışmalarca ([Haralick vd. 1973](#); [Ohanian ve Dubes 1992](#); [Randen ve Husøy 1999b](#); [Gadelmawla 2004](#); [Yang vd. 2011](#); [Eichkitz vd. 2013](#)) önerildiği üzere, 0, 45, 90 ve 135 ° yönlerine karşılık olarak hücre çiftleri arasındaki mesafe  $(\Delta x = 1, \Delta y = 0)$ ,  $(\Delta x = 1, \Delta y = -1)$ ,  $(\Delta x = 0, \Delta y = -1)$  ve  $(\Delta x = -1, \Delta y = -1)$  olarak alınmıştır. Bu strateji yatay (0°), dikey (90°) ve köşegen (45° ve 135°) yönlerindeki doku özelliklerinin yakalanabilmesini sağlamaktadır.

Görüntüdeki gri değerlerin olasılık dağılımı  $P(i, j)$  aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$P(i, j) = \frac{N(i, j)}{M} \quad (6)$$

burada,  $M$  incelenmekte olan bölgedeki toplam hücre sayıdır.

Literatürde çok sayıda GDEM doku parametresi önerilmiş olsa da (Haralick vd. 1973; Ohanian ve Dubes 1992; Baraldi ve Parmiggiani 1995; Randen ve Husøy 1999b), bu çalışmada sadece dört tanesi kullanılmıştır. İlk iki parametre olan kontrast ve otokorelasyon görüntüdeki yerel değişimleri ölçmektedir. Öte yandan, diğer iki parametre olan enerji ve entropi ise görüntüdeki gri değer dağılımlarının düzenliliğini ölçmektedir (Eichkitz vd. 2013). Bu dört parametrenin hesaplanması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

### a) Kontrast $S_C$ (Eşitlik 7)

Kontrast görüntüdeki mevcut yerel çeşitlilik miktarının bir ölçüsüdür. Düşük dereceli yerel çeşitliliğin olduğu düz bir yüzey profiline sahip bir görüntüde GDEM elemanları matrisin köşegeni boyunca kümeleşecektir ve sonuç olarak düşük kontrast değeri üretecektir. Diğer taraftan, yüksek kontrast değeri görüntünün pürüzlü ve engebeli bir yüzey profiline sahip olduğunu ima edecektir.

$$S_C = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 (i-j)^2 \cdot P(i,j) \quad (7)$$

### b) Otokorelasyon $S_R$ (Eşitlik 8)

Otokorelasyon bir görüntüde gri değerler arasındaki lineer bağımlılığın bir ölçüsüdür. Yüksek otokorelasyon değeri hücre çiftlerinin gri değerleri arasında lineer bir ilişkinin varlığını, dolayısıyla düz bir yüzey profiline gösterir.

$$S_R = \frac{\sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 i \cdot j \cdot P(i,j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y} \quad (8)$$

burada  $\mu_x$ ,  $\mu_y$ ,  $\sigma_x$  ve  $\sigma_y$ ,  $p_x$  and  $p_y$ 'nin ortalama ve standart sapma değerlerini göstermektedir (Eşitlik 9-14).

$$p_x(i) = \sum_{j=0}^3 P(i,j) \quad (9)$$

$$p_x(i) = \sum_{j=0}^3 P(i,j) \quad (9)$$

$$\mu_x = \sum_{i=0}^3 i \cdot P_x(i) \quad (10)$$

$$\mu_y = \sum_{j=0}^3 j \cdot P_y(j) \quad (11)$$

$$\mu_y = \sum_{j=0}^3 j \cdot P_y(j) \quad (12)$$

$$\sigma_x = \sqrt{\sum_{i=0}^3 (i - \mu_x)^2 \cdot P_x(i)} \quad (13)$$

$$\sigma_y = \sqrt{\sum_{j=0}^3 (j - \mu_y)^2 \cdot P_y(j)} \quad (14)$$

### c) Enerji $S_N$ (Eşitlik 15)

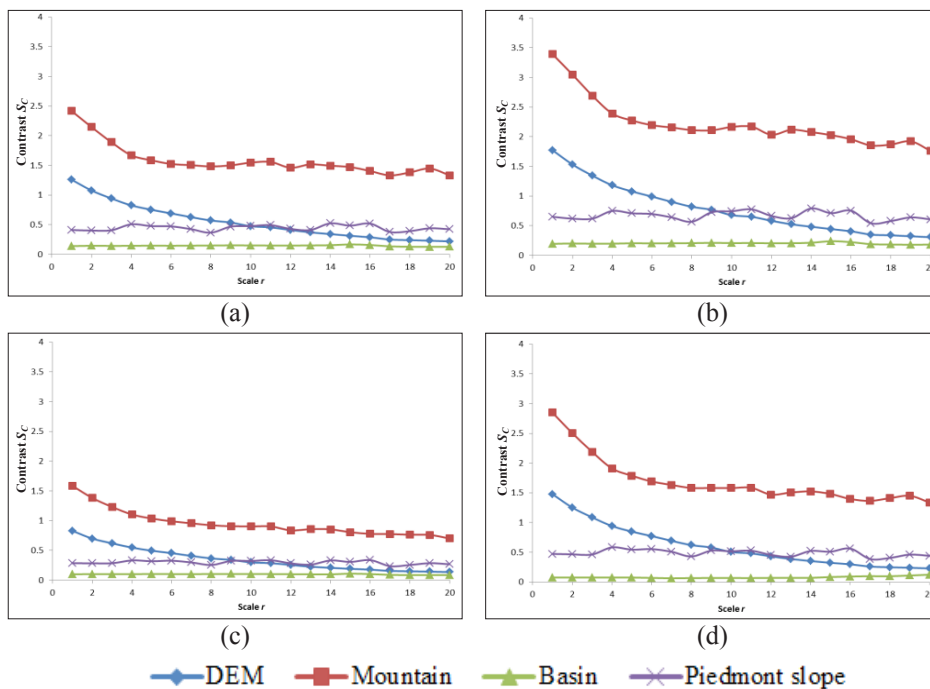
Enerji, dokusal tekdüzelik bilgisi gösteren, hücre çiftleri arasında tekrarlı geçişin bir ölçüsüdür. Yüksek enerji değeri, görüntüdeki gri değer dağılımının ya sabit ya da periyodik bir yapıda olduğu durumlarda oluşur, ki bu durum iki piksel arasındaki mesafenin (vektördeki değişimin) çoğu zaman aynı gri değer çifti (i,j) üzerinde olduğu durumdur.

$$S_N = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 P^2(i,j) \quad (15)$$

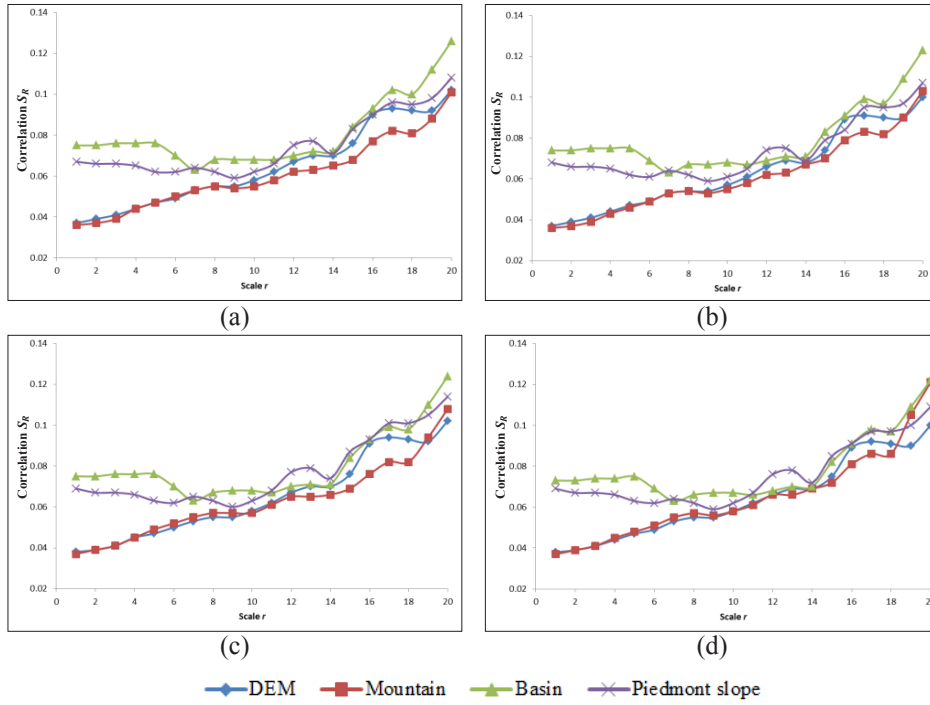
### d) Entropi $S_E$ (Eşitlik 16)

Entropi görüntüdeki rastgeleliğin bir ölçüsüdür. Eğer görüntü doku bilgisi anlamında tek düze değilse GDEM'indeki çoğu eleman düşük değerlere sahip olacaktır ve bu durum yüksek entropi değeri üretecektir.

$$S_E = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 P(i,j) \cdot \log P(i,j) \quad (16)$$



Şekil 4: Üretilen çoklu ölçekli SYMler için hesaplanan kontrast değerleri ve bunlara karşılık gelen (a) 0, (b) 45, (c) 90 ve (d) 135° hücre çifti yönleri için çıkarılan fizyografik detaylar.



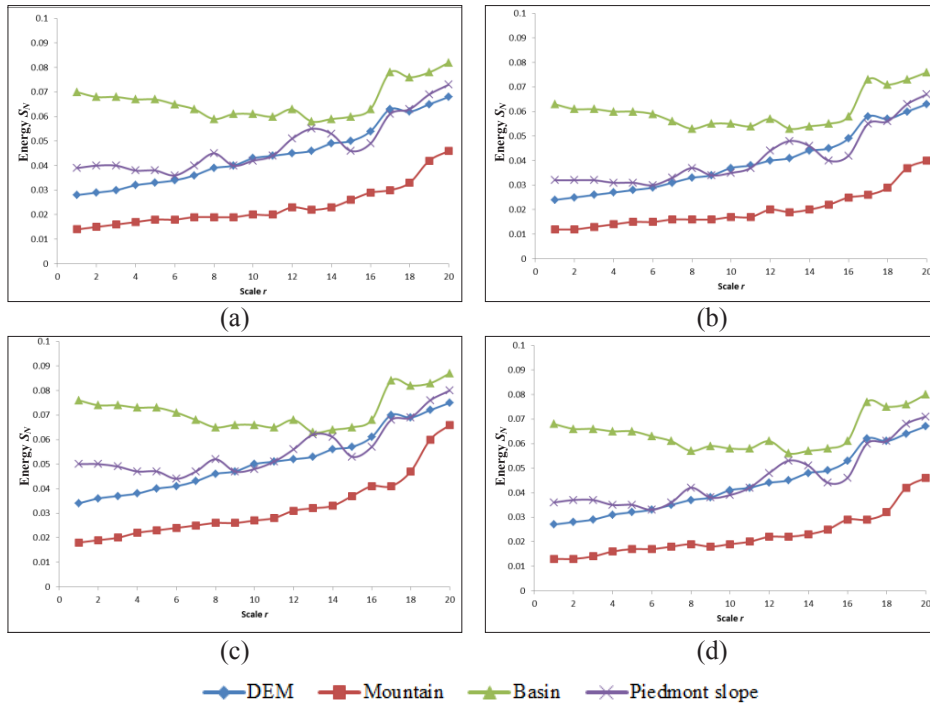
Şekil 5: Üretilen çoklu ölçekli SYMler için hesaplanan otokorelasyon değerleri ve bunlara karşılık gelen (a) 0, (b) 45, (c) 90 ve (d) 135° hücre çifti yönleri için çıkartılan fizyografik detaylar.

### 3. Bulgular ve İrdelemeler

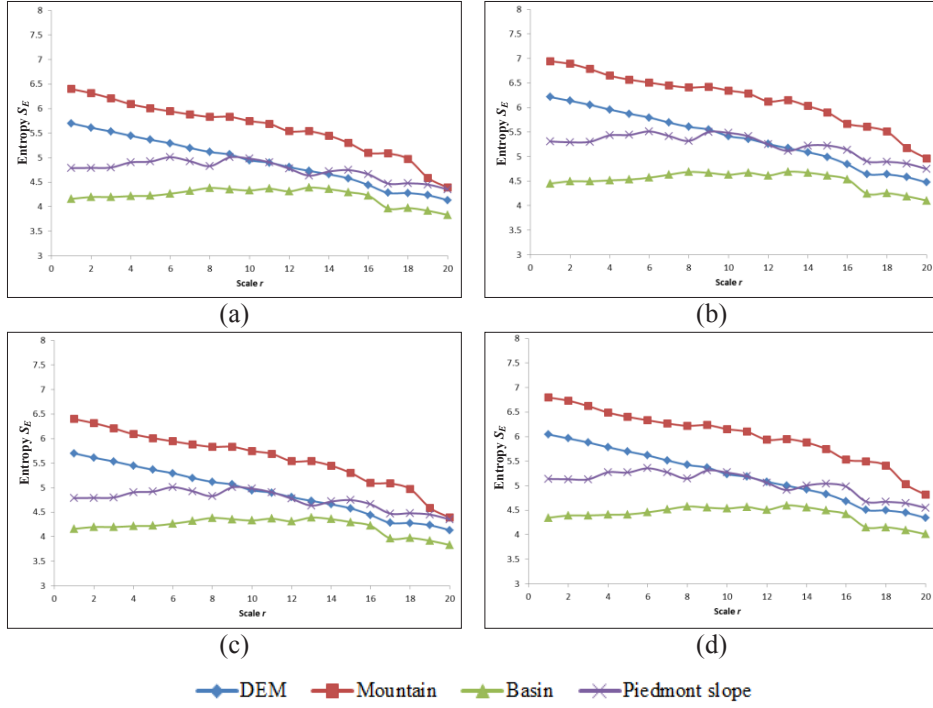
Üretilen çoklu ölçekli SYM'lere ait GDEM parametreleri ve bunlara karşılık gelen çıkarılmış fizyografik detaylar Şekil 4-7'de gösterilmiştir. SYMler ve bunlara karşılık gelen fizyografik detaylarda yüzey profillerinin çeşitliliği ve farklı ölçeklerde oluşan değişimler nedeniyle çizimlerde çeşitli örüntüler gözlemlenmiştir. Çoklu ölçekleme esnasında arazinin

yumuşatılması eğri ve engebeli bölgelerin ortadan kalmasına sebep olmaktadır. Dışbükey ve içbükey çentikler içeren engebeli bölgeler SYMlerden hidrografik detaylar çıkartmak için kullanılmıştır. Bu sayede dışbükey ve içbükey çentikler kullanılarak sırt ve drenaj ağları detayları çıkartılmıştır

(Howard 1994; Rodríguez-Iturbe ve Rinaldo 1997; Sagar vd. 2003; Ahmad Fadzil vd. 2011). Bir arazideki engebeli bölgelerin dağılımı yüzey dokusunun pürüzlülüğünü belirler.



Şekil 6: Üretilen çoklu ölçekli SYMler için hesaplanan enerji değerleri ve bunlara karşılık gelen (a) 0, (b) 45, (c) 90 ve (d) 135° hücre çifti yönleri için çıkartılan fizyografik detaylar.



Şekil 7: Üretilen çoklu ölçekli SYMLer için hesaplanan entropi değerleri ve bunlara karşılık gelen (a) 0, (b) 45, (c) 90 ve (d) 135° hücre çifti yönleri için çıkartılan fizyografik detaylar.

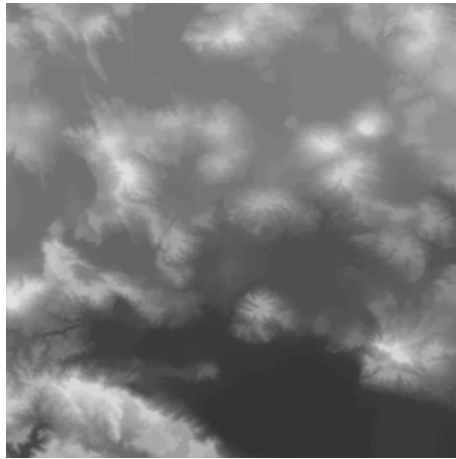
Çoklu ölçekleme işlemi esnasında engebeli bölgelerin ortadan kaldırılması çoklu ölçekli SYMLer ve bunlara karşılık gelen detaylarda artan enerji ve entropi değerlerine sebep olurken azalan pürüzlülüğü gösterecek şekilde azalan kontrast ve entropi değerlerine neden olur.

Genelde dağlar ve havzalar engebeli bölgeler anlamında en yüksek ve en düşük dağılımlara sahiptirler. Bu yüzden, diğer detaylarla karşılaştırıldığında tüm ölçeklerde dağların en yüksek pürüzlülük değerine, havzaların ise en düşük pürüzlülük değerine sahip olduğu gözlemlenmiştir. Otokorelasyon için başlangıçta kullanılan ölçeklerde SYMLer ve dağlar benzer örüntüler sergilemektedir. Bu durum pürüzlü yüzey profiline sahip araziler için arazi karakterini deşifre etmede dağların üç baskın fizyografik detay içerisinde en baskını olduğunu göstermektedir.

Her bir parametre için dört farklı hücre çifti yönüne ait çizimlerde benzer eğilimler gözlenmektedir. Yani farklı öl-

çeklerde, farklı yönlerde yüzey doku özelliklerindeki değişimde benzer eğilimler oluşmaktadır. Fakat, her bir yöndeki dokusal tekdüzeliğe bağlı olarak farklı yönler için değişen değerler gözlenmiştir. En yüksek enerji ve entropi değerleri ile en düşük kontrast ve entropi değerleri düşey yönde (90°) gözlenmektedir ve bu durum bu yöndeki dokusal detayların en düşük pürüzlülüğe sahip olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan, en düşük enerji ve entropi değerleri ve en yüksek kontrast ve entropi değerleri çapraz yönlerde (45° ve 135°) gözlenmektedir ve bu durum ise bu yönlerdeki dokusal detayların en yüksek pürüzlülüğe sahip olduklarını göstermektedir.

Bu aşamaya kadar elde edilen sonuçlar pürüzlü ve engebeli yüzey profiline sahip bir dağlık alanın analizine dayanmaktadır. Analizler daha orta seviyede engebeli yüzey profiline sahip Büyük Havza, Nebraska (39° - 43° K enlemleri ve 98° - 101° B boylamları ile sınırlanan) ve düz yüzey profiline

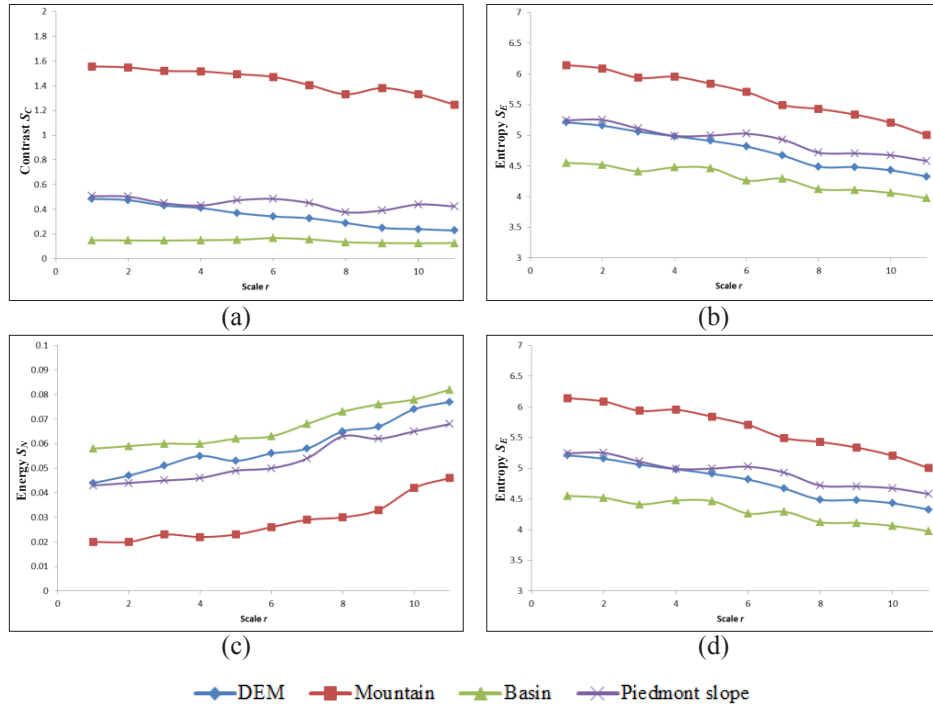


(a)



(b)

Şekil 8: (a) Great Plains (yükseklik farkı 25 ila 1,736 m) ve (b) Great Falls (yükseklik farkı 0 ila 1,105 m) bölgelerine ait GTOPO30 SYMLer. Ölçek yaklaşık 1:3,900,000.

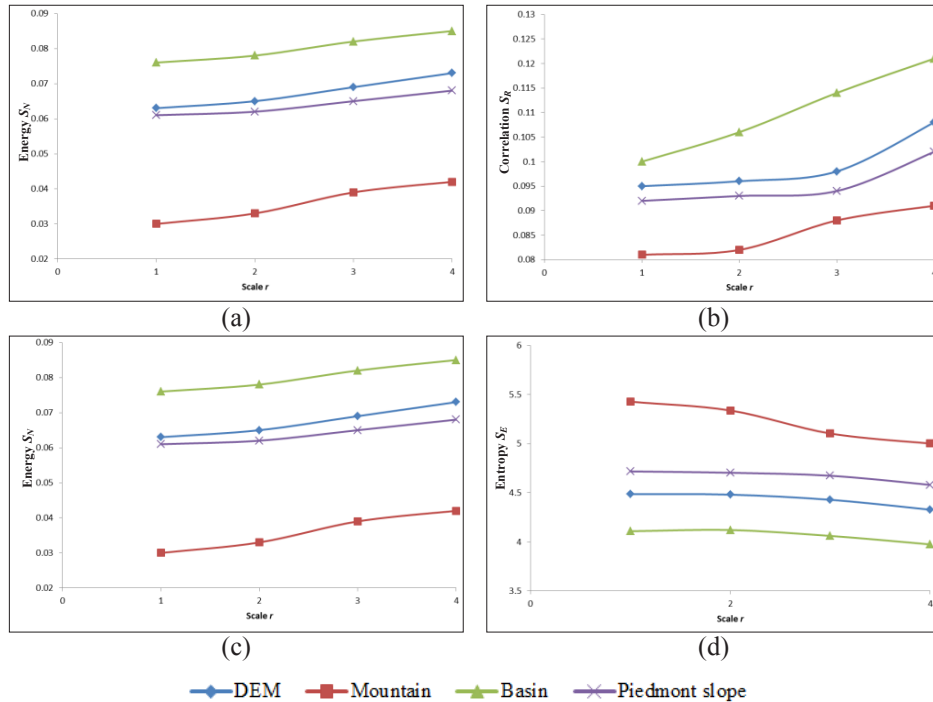


Şekil 9: Great Plains bölgesi için üretilen çoklu ölçekli SYMler bunlara karşılık gelen  $0^\circ$  yönünde hücre çiftleri için çıkarılmış fizyografik detaylara ait hesaplanan (a) kontrast, (b) otokorelasyon, (c) enerji ve (d) entropi değerleri

sahip Great Falls, Montana ( $36^\circ - 40^\circ$  K enlemleri ve  $75^\circ - 79^\circ$  B boylamları ile sınırlanan) bölgelerine ait GTOPO30 SYM verilerini de içerecek şekilde genişletilmiştir (Şekil 8). Bu arazilere ait daha düz yüzey profilleri bütün engebeleri ortadan kaldırmak için çok daha az sayıda çoklu ölçek iterasyonu gerektirir. Örneğin, orta derecede engebeli alanlar için 11, düz alanlar için ise 4 iterasyon gerekir. Daha düz yüzey profilleri ayrıca azalan pürüzlülüğü gösterecek şekilde artan enerji ve entropi değerlerine ve aksi şekilde azalan kontrast ve entropi değerlerine (Şekil 9 ve Şekil 10) sebep

olur. Pürüzlü yüzey profiline sahip arazilere benzer şekilde, dağlar en yüksek engebeliğe, havzalar ise en düşük engebeliğe sahiptir.

Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, GDEM, yeryüzü şekillerine ait farklı doku özelliklerine dayanan çoklu ölçekli SYMleri kullanarak sınıflandırma yapmak için uygun bir araçtır. Yüzey doku bilgisi genellikle görüntü sınıflandırma işleminde renk bilgisi ile birlikte kullanılır (Woodcock ve Strahler 1987; Carr ve Miranda 1998; Randen ve Husøy



Şekil 10: Great Falls bölgesi için üretilen çoklu ölçekli SYMler bunlara karşılık gelen  $0^\circ$  yönünde hücre çiftleri için çıkarılmış fizyografik detaylara ait hesaplanan (a) kontrast, (b) otokorelasyon, (c) enerji ve (d) entropi değerleri.



1999a; van Ginneken ve Haar Romeny 2003; Yang vd. 2011). Dokunun kullanımı, SYM'deki yeryüzü şekillerinin mekânsal olarak homojen olmadığını ima ederken, yeryüzü şekillerinin homojen olmaması da farklı doku özellikleri üretmektedir.

## 5. Sonuçlar

Bu çalışmada, GDEM çoklu ölçekli SYMlerden çıkarılan fizyografik yüzey doku özelliklerinin analizinde kullanılmıştır. SYMler ve bunlara karşılık gelen fizyografik detaylarda yüzey profillerinin çeşitliliği ve farklı ölçekler sebebiyle oluşan değişimler nedeniyle GDEM parametrelerinin çizimlerinde çeşitli örüntüler görülmüştür. Çoklu ölçekleme esnasında arazinin yumuşatılarak düzleştirilmesi nedeniyle engebiliğin azalacağını gösterir şekilde detaylar, artan enerji ve entropi değerlerine ve azalan kontrast ve entropi değerlerine sahip olmaktadır. Farklı ölçeklerde diğer detaylarla karşılaştırıldığında dağlar en yüksek havzalar ise en düşük engebililik değerlerine sahip olmaktadır. Başlangıçtaki ölçeklerde otokorelasyon açısından bakıldığında SYMler ve dağlar benzer örüntüler sergilemektedir. Bu durum arazi karakterini deşifre etmede dağların üç baskın fizyografik detay içerisinde en baskını olduğunu göstermektedir. Her bir parametre için dört farklı hücre çifti yönüne ait çizimlerde benzer eğilimler gözlenmektedir. Yani farklı ölçeklerde, farklı yönlerde yüzey doku özelliklerindeki değişimde benzer eğilimler oluşmaktadır. Fakat, her bir yöndeki dokusal tekdüzeliğe bağlı olarak farklı yönler için değişen değerler gözlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermektedir ki, GDEM, yeryüzü şekillerine ait farklı doku özelliklerine dayanan çoklu ölçekli SYMleri kullanarak sınıflandırma yapmak için uygun bir araçtır.

## Kaynaklar

Abdul-Rahman H.S., Jiang X.J., Scott P.J., (2013), *Freeform surface filtering using the lifting wavelet transform*, Precision Engineering, 37(1), 187-202, doi: 10.1016/j.precisioneng.2012.08.002.

Ahmad Fadzil M.H., Dinesh S., Vijanth Sagayan A., (2011), *A method for computation of surface roughness of digital elevation model terrains via multiscale analysis*, Computers & Geosciences, 37(2), 177-192, doi:10.1016/j.cageo.2010.05.021.

Al-Janobi A., (2001), *Performance evaluation of cross-diagonal texture matrix method of texture analysis*, Pattern Recognition, 34(1), 187-197, doi:10.1016/S0031-3203(99)00206-X.

Aria E.H., Saradjian M.R., Amini J., Lucas C., (2004), *Generalized cooccurrence matrix to classify IRS-1D images using neural network*, XX<sup>th</sup> ISPRS Congress, 12-23 Temmuz 2004 İstanbul, Türkiye.

Baraldi A., Parmiggiani F., (1995), *An investigation of the textural characteristics associated with gray level co-occurrence matrix statistical parameters*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33(2), 293-302, doi:10.1109/36.377929.

Behrens T., Zhu A.X., Schmidt K., Scholten T., (2010), *Multiscale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping*, Geoderma, 155(3-4), 175-185, doi:10.1016/j.geoderma.2009.07.010.

Bernardin T., Cowgill E. S., Gold R. D., Hamann, B., Kreylos O., Schmitt A., (2008), *Real-time terrain mapping*, Scientific Visualization: Challenges for the Future' un İçinde, (Hagen H., Ed.), IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, ss. 275-288.

Carr J.R., Miranda F.P., (1998), *The semivariogram in comparison to the co-occurrence matrix for classification of image texture*, IEEE Transactions on Geosciences and Remote Sensing, 36(6):1945-1952, doi:10.1109/36.729366.

Chang T., Kuo C.C.J., (1993), *Texture analysis and classification with tree-structured wavelet transform*, IEEE Transactions in Image Processing, 2(4), 429-441, doi:10.1109/83.242353.

Chiao L.Y., Hsieh C., Chiu T.S., (2013), *Exploring spatiotemporal ecological variations by the multiscale interpolation*, Ecological Modelling, 246(10), 26-33.

Cross G.R., Jain A.K., (1983), *Markov random field texture models*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 5(1), 25-39, doi:10.1109/TPAMI.1983.4767341.

Claypoole R.L., Baraniuk R.G., (2000), *A multiresolution wedgelet transform for image processing*, In Wavelet Applications in Signal and Image Processing VIII, Volume 4119 of SPIE Proceedings (Unser M.A., Aldroubi A., Laine A.F., Ed.), SPIE, Bellingham, Washington, ss. 253-262.

Dinesh S., Radhakrishnan P., Sagar B.S.D., (2007), *Morphological segmentation of physiographic features from DEM*, International Journal of Remote Sensing, 28(15), 3379-3394, doi:10.1080/01431160500486708.

Dinesh S., Ahmad Fadzil M.H., Vijanth Sagayan A., (2011), *Computation of uncertainty of physiographic features extracted from multiscale digital elevation models using fuzzy classification*, Image Processing, Image Analysis and Real-Time Imaging (IPIARTI) Symposium 2011, 6 Ekim 2011, Multimedia University (MMU), Cyberjaya.

Drăguț L., Eisank C., (2011), *Object representations at multiple scales from digital elevation models*, Geomorphology, 129 (3-4), 183-189, doi:10.1016/j.geomorph.2011.03.003.

Drăguț L., Schauppenlehner T., Muhar A., Strobl J., Blaschke T., (2009), *Optimization of scale and parametrization for terrain segmentation: An application to soil-landscape modeling*, Computers & Geosciences, 35(9), 1875-1883, doi:10.1016/j.cageo.2008.10.008.

Eichkitz C.G., Amtmann J. and Schreilechner M.G (2013), *Calculation of grey level co-occurrence matrix-based seismic attributes in three dimensions*, Computer & Geosciences, 30, 176-183, doi:10.1016/j.cageo.2013.07.006.

Fisher P., Wood J., Cheng T., (2004), *Where is Helvellyn? Multiscale morphometry and the mountains of the English Lake District*, Transactions of the Institute of British Geographers, 29, 106-128, doi:10.1111/j.0020-2754.2004.00117.x.

Gademawla E.S., (2004), *A vision system for surface roughness characterisation using gray-level co-occurrence matrix*, NDT&E International, 37(7), 577-588, doi:10.1016/j.ndteint.2004.03.004.

Gonzalez R.C., Woods R.E., Eddins S.I., (2009), *Digital Image Processing Using MATLAB*, Prentice Hall, New Jersey.

Goodchild M.F., (2011), *Scale in GIS: An overview*, Geomorphology, 130(1-2), 5-9, doi:10.1016/j.geomorph.2010.10.004.

GTOPO30, (1996), *GTOPO30: Global 30 Arc Second Elevation Data Set*, Available online at: <http://edcwww.cr.usgs.gov/landdaac/gtopo30/gtopo30.html>, [Erişim 1 June 2009].

Guo S.M., Chang W.H., Tsai J.S.H., Zhuang B.L., Chen L.C., (2008), *JPEG 2000 wavelet next term filter design framework*

- with chaos evolutionary programming, *Signal Processing*, 88(10): 2542-2553, doi:10.1016/j.sigpro.2008.05.009.
- Haralick R.M., Shanmugam K., Dinstein I., (1973), *Texture features for image classification*, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 3(6), 610-621, doi: 10.1109/TSMC.1973.4309314.
- Hayat K, Puech W., Gesquère G., (2008), *Scalable 3-D terrain visualization through reversible JPEG2000-based blind data hiding*, *IEEE Transactions on Multimedia*, 10(7), 1261-1276, doi:10.1109/TMM.2008.2004905.
- Howard A.D., (1994), *A detachment-limited model of drainage basin evolution*, *Water Resources Research*, 30(7), 2261-2285, doi:10.1029/94WR00757.
- Howell D., (1995), *Principles of Terrain Analysis: New Applications for Global Tectonics*, Chapman and Hall, London.
- Jain A.K., Farrokhnia F., (1991), *Unsupervised texture segmentation using Gabor filters*, *Pattern Recognition*, 24(12), 1167-1186, doi: 10.1016/0031-3203(91)90143-S.
- Jiang X.Q., Blunt L., Stout K.J., (2001a), *Application of the lifting scheme to rough surfaces*, *Precision Engineering*, 25(2), 83-89, doi:10.1016/S0141-6359(00)00054-4.
- Jiang X.Q., Blunt L., Stout K.J., (2001b), *Lifting wavelet for three-dimensional surface analysis*, *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 41(13-14), 2163-2169, doi: 10.1016/S0890-6955(01)00083-9.
- Karu K., Jain A.K., Bolle R.M., (1996), *Is there any texture in the image?*, *Pattern Recognition*, 29(9), 1437-1446, doi: 10.1016/0031-3203(96)00004-0.
- Lam N., Catts D., Quattrochi D., Brown D., McMaster R., (2004), *Scale, A Research Agenda for Geographic Information Science'in İçinde*, (Rehçığıl M., McMaster R.B., Usery E.L., Ed.), CRC Press, New York, ss. 93-128.
- Laws K.I., (1980), *Textured Image Segmentation*, Doktora Tezi, University of Southern California, Los Angeles, California.
- Li Z., (2008), *Multi-scale digital terrain modelling and analysis*, In *Advances in Digital Terrain Analysis* (Zhou Q., Lees B., Tang G., Ed.), Springer, Berlin, ss. 59-83.
- Li W., Haese-Coat V., Ronsin J., (1997), *Residues of morphological filtering by reconstruction for texture classification*, *Pattern Recognition*, 30(7), 1081-1093, doi:10.1016/S0031-3203(96)00146-X.
- Miliaresis G. (2008). *Quantification of terrain processes*, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, XIV: 13-28.
- Miliaresis G., Argialas D.P., (1999), *Segmentation of physiographic features from Global Digital Elevation Model/GTOPO30*, *Computers & Geosciences*, 25(7), 715-728, doi: 10.1016/S0098-3004(99)00025-4.
- Miliaresis G., Argialas D.P., (2002), *Quantitative representation of mountain objects extracted from the Global Digital Elevation Model (GTOPO30)*, *International Journal of Remote Sensing*, 23(5), 949-964, doi:10.1080/01431160110070690
- Nonomura K., Ono M., Zhou L.B., Shimizu J., Ojima H., (2010), *Design of digital filters for Si wafer surface profile measurement: Noise reduction by lifting scheme wavelet transform*, *Advanced Materials Research*, 126-128, 732-737., doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.126-128.732.
- Ohanian P.P., Dubes R.C., (1992), *Performance evaluation for four classes of textural features*, *Pattern Recognition*, 25(8), 819-833, doi: 10.1016/0031-3203(92)90036-I.
- Pentland A., (1984), *Fractal-based description of natural scenes*, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 6(6), 661-674, doi: 10.1109/TPAMI.1984.4767591.
- Poulos M.J., Pierce J.L., Flores A.N., Benner S.G., (2012), *Hillslope asymmetry maps reveal widespread, multi-scale organization*, *Geophysical Research Letters*, 39(6), L06406, doi: 10.1029/2012GL051283.
- Randen T., Husøy J.H., (1999a), *Texture segmentation using filters with optimized energy separation*, *IEEE Transactions on Image Processing*, 8(4), 571-582, doi:10.1109/83.753744.
- Randen T., Husøy J.H., (1999b), *Filtering for texture classification: A comparative study*, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 21(4), 291-310, doi: 10.1109/34.761261.
- Rodríguez-Iturbe I., Rinaldo A., (1997), *Fractal River Basins: Chance and Self-Organization*, Cambridge University Press, New York.
- Ruiz L.A., Sarria A.F., Recio J., (2002), *Evaluation of texture analysis techniques to characterize vegetation*, *Recent Advances in Quantitative Remote Sensing'in İçinde*, (Sobriño J.A., Ed.), Universitat de València, Valencia, ss. 514-521.
- Sagar B.S.D., Murthy M.B.R., Rao C., Raj B., (2003), *Morphological approach to extract ridge-valley connectivity networks from digital elevation models*, *International Journal of Remote Sensing*, 24(3), 573-581, doi:10.1080/01431160304983.
- Schmidt J., Andrew R., (2005), *Multi-scale landform characterization*, *Area*, 37(3), 341-350, doi: 10.1111/j.1475-4762.2005.00638.x.
- Sharma M., Singh S., (2001), *Evaluation of texture methods for image analysis*, *The Seventh Australian and New Zealand Intelligent Information Systems Conference (ANZIIS 2001)*, 18-21 November 2001, Perth, Avusturalya.
- Srinivasan G.N., Shobha G. (2008), *Statistical texture analysis*, *Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology*, 36, 1264-1269.
- Starck J.L., (2002), *Non-linear multiscale transforms*, *Multiscale and Multiresolution Methods: Theory and Applications'in İçinde*. Springer, (Barth T.J., Chan T., Haimes R., Ed.), Heidelberg, Almanya, ss. 239-266, doi: 10.1007/978-3-642-56205-1\_5.
- Summerfield M., (1996), *Global Geomorphology*, Longman, Essex.
- Summerfield M., (Ed.), (2000), *Geomorphology and Global Tectonics*, John Wiley & Sons, New York.
- Summerfield M., (2005), *Atale of two scales, or two geomorphologies*, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 30(4), 402-415, doi: 10.1111/j.1475-5661.2005.00182.x.
- Sweldens W., (1996), *The lifting scheme: A custom-design construction of biorthogonal wavelets*, *Applied and Computational Harmonic Analysis*, 3(2), 186-200, doi:10.1006/acha.1996.0015.
- Sweldens W., (1997), *The lifting scheme: A construction of second generation wavelets*, *Journal on Mathematical Analysis*, 29(2), 511-546, doi: 10.1137/S0036141095289051.
- Tate N., Wood J., (2001), *Fractals and scale dependencies in topography*, *Modelling Scale in Geographical Information Science'in İçinde*, (Tate N., Atkinson P., Ed.), Wiley, Chichester, ss. 35-51.

- Tay L. T., Sagar B.S.D., Chuah H.T., (2005), *Analysis of geophysical networks derived from multiscale digital elevation models: A morphological approach*, IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, 2(4), 399-403, doi: 10.1109/LGRS.2005.856008.
- van Ginneken B., Haar Romeny B.M., (2003), *Multi-scale texture classification from generalised locally orderless images*, Pattern Recognition, 36(4), 899-911, doi: 10.1016/S0031-3203(02)00118-8.
- Wood J., (2009), *Geomorphometry in LandSerf*, Developments in Soil Science'in İçinde, vol. 33: Geomorphometry: Concepts, Software, Applications, (Hengl T., Reuter H.I., Ed.), Elsevier, Amsterdam, ss. 333-349.
- Woodcock C.E., Strahler A.H., (1987), *The factor of scale in remote sensing*, Remote Sensing of Environment, 21(3), 311-332, doi: 10.1016/0034-4257(87)90015-0.
- Wu S., Li J., Huang G.H., (2008), *A study on DEM-derived primary topographic attributes for hydrologic applications: Sensitivity to elevation data resolution*, Applied Geography, 28(3), 210-223, doi: 10.1016/j.apgeog.2008.02.006.
- Yang M.D., Su T.C., Pan N.F., Liu P., (2011), *Feature extraction of sewer pipe defects using wavelet transform and co-occurrence matrix*, International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing, 9, 211-225, doi:10.1142/S0219691311004055.
- Yang Z., Liu H., Yang N., Xiao X., (2009), *Study on multiscale generalization of DEM based on lifting scheme*, Proceedings of the SPIE' in İçinde, Volume 7492, (Liu, Y., Tang, X., Ed.), SPIE, Bellingham, Washington, ss. 74922E-74922E-6.
- Zhao Y., Kazuo K., Fujita F., (2012), *Multi-scale decomposition of co-seismic deformation from high resolution DEMs: A case study of the 2004 mid-Niigata earthquake*, Acta Geologica Sinica, 86(4), 1013-1021, doi: 10.1111/j.1755-6724.2012.00725.x.