

# Coğrafi Bilgi Sistemleri ile Sayısal Yükseklik Modelinden Topoğrafik ve Morfolojik Özelliklerin Üretilmesi

## *Extracting Topographical and Morphological Features from Digital Elevation Model Using Geographic Information Systems*

**Derya Öztürk<sup>1\*</sup>, Aziz Şişman<sup>1</sup>, Yasemin Şişman<sup>1</sup>, Erdem E. Maraş<sup>1</sup>**

*Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Samsun*

**Özet:** Kentsel ve kırsal arazi kullanım planlarının hazırlanması, tarım, ormancılık, afet riskinin değerlendirilmesi vb. birçok çalışmada temel topoğrafik ve morfolojik parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), gelişen yazılımlarla birlikte yeryüzünün modellenmesi, konumsal ve 3-boyutlu analizler için güçlü bir araç olmuştur. Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), topoğrafyanın sayısal gösterimidir ve grid, TIN (Triangulated Irregular Network: Düzensiz Üçgen Ağı) ve kontur yapısında temsil edilir. SYM, veri ve modele bağlı olarak birtakım hata ve belirsizlikler içerir ve bu hatalar SYM'den türetilen arazi detaylarını da sistematik olarak etkilemektedir. Bu çalışmada; sayısal yükseklik veri kaynakları ve yapıları, grid SYM'de hata kaynakları, CBS ile SYM'den eğim, bakı, akış yönü, akış toplamı, havza-alt havza, drenaj ağının elde edilmesi ve matematik modelleri, grid SYM'nin çözünürlüğünün kendisinden türetilen topoğrafik ve morfolojik veriler üzerindeki etkisi incelenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sayısal Yükseklik Modeli, Grid Boyutu, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Topoğrafya, Morfoloji

**Abstract:** Basic topographic and morphological parameters are needed in many studies such as urban and rural land use planning, agriculture, forestry, disaster risk assessment, etc. Nowadays, Geographical Information Systems (GIS) with the GIS softwares have become a powerful tool for modeling of the earth, spatial and three-dimensional analysis. Digital Elevation Model (DEM) is a digital representation of topography and is represented in the structure of the grid, TIN (Triangular Irregular Network) and contour. DEM contains some errors and uncertainties depending on data and the model and this errors systematically influence the terrain features derived from DEM. In this study, digital elevation data sources and structures, grid DEM's error sources, to obtain slope, aspect, flow direction, flow total, the basin-subbasin, drainage network from DEM with GIS and mathematical models, the impact of the grid DEM's resolution on topographical and morphological data derived from DEM are investigated.

**Keywords:** Digital Elevation Model, Grid Size, Geographical Information Systems, Topography, Morphology

## 1. Giriş

Kaynak yönetimi, kentsel ve kırsal planlama, ulaşım planlaması, tarım, ormancılık, havza yönetimi, afet riskinin değerlendirilmesi vb. birçok çalışmada Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve buna bağlı olarak türetilen temel topoğrafik ve morfolojik parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) SYM'nin oluşturulması ve SYM'den topoğrafik ve morfolojik parametrelerin otomatik olarak türetilmesine olanak sağlamaktadır (Vaze ve Teng, 2007; Klingseisen vd. 2008; Yan, 2008).

SYM, topoğrafyanın sayısal gösterimidir ve grid, TIN (Triangulated Irregular Network: Düzensiz Üçgen Ağı) ve kontur yapısında temsil edilir. SYM, üretildiği veri ve kullanılan modele bağlı olarak birtakım hata ve belirsizlikler içerir ve bu hatalar SYM'den türetilen arazi detaylarını da sistematik olarak etkilemektedir. Bu nedenle SYM'nin doğruluğunun gerçekleştirilecek çalışma için yeterliliği mutlaka araştırılmalıdır (Zhou ve Liu, 2004a, 2004b, 2008; Wang vd., 2006; Liu ve Bian, 2008; Li ve Wong, 2010). CBS tabanlı analizlerde genellikle grid yapısındaki SYM kullanılmaktadır. Grid SYM'nin doğruluğu konum ve yükseklik çözünürlüğü ile ifade edilir. Grid SYM'nin konum

\* İletişim yazarı: D. Öztürk, e-posta: dozturk@omu.edu.tr

doğruluğu elde edildiği veri kaynağı, yükseklik doğruluğu ise veri kaynağı ve grid (piksel) büyüklüğü ile ilişkilidir (Usul ve Paşaoğulları, 2003; Kienzle, 2004; Erksine vd., 2007).

Bu çalışmada SYM’de başlıca veri kaynakları, SYM’nin doğruluğunu etkileyen hata kaynakları, SYM’den eğim, bakı, akış yönü, akış toplamı, havza-alt havza ve drenaj ağının elde edilmesi ve matematik modelleri incelenmiş; grid SYM’nin çözünürlüğünün kendisinden türetilen topoğrafik ve morfolojik veriler üzerindeki etkisi 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli standart topoğrafik haritalar (STH) ve 1/1000 ölçekli halihazır haritalardan elde edilen yükseklik verileri üzerinde incelenmiştir.

## 2. SYM’de Veri ve Hata Kaynakları, SYM’den Topoğrafik ve Morfolojik Parametrelerin Türetilmesi

SYM’nin oluşturulmasında en temel veri kaynakları olarak yersel jeodezik ölçümler, stereo-hava fotoğrafları, LIDAR, uydu görüntüleri, mevcut basılı haritalardan yükseklik eğrilerinin sayısallaştırılması yöntemleri yer almaktadır (Erksine vd., 2007). Yersel ölçümlerde ölçüm noktalarının sıklığı, ölçüm yöntemi, kullanılan ölçüm aletinin hassasiyeti; hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin çözünürlüğü; basılı haritaların ölçeği ve yükseklik eğrilerinin kaç metrede bir geçtiği, basılı haritanın elde edilmesinde kullanılan yöntemler, haritalarda oluşan deformasyon, tarama ve sayısallaştırma hataları yükseklik verilerinin elde edilmesinde başlıca hata kaynakları olarak sıralanabilir.

**Tablo 1.** STH’ların teknik özellikleri

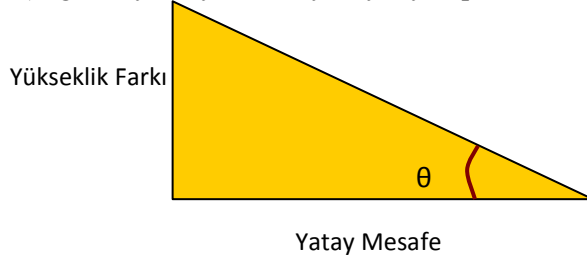
| 1. Ürünün Adı               | Topoğrafik Harita   | Topoğrafik Harita   | Topoğrafik Harita   |
|-----------------------------|---|---|---|
| 2. Ürünün Tanımı            | Havai fotogrametri yöntemi ile üretilen standart topoğrafik haritalardır. | 1/25.000 ölçekli haritalardan tahvil yöntemi ile üretilen standart topoğrafik haritalardır. | 1/50.000 ölçekli haritalardan tahvil yöntemi ile üretilen standart topoğrafik haritalardır. |
| A. Ölçeği                   | 1/25.000  | 1/50.000  | 1/100.000   |
| B. Serisi                   | K-816   | K-716   | K-613   |
| C. Projeksiyonu             | Transvers Merkator (Gauss-Kruger)   | Transvers Merkator (Gauss-Kruger)   | Transvers Merkator (Gauss-Kruger)   |
| D. Datumu                   | ED-50,WGS84   | ED-50   | ED-50   |
| E. Üretim Tarihi            | Bölgelere göre muhtelif   | Bölgelere göre muhtelif   | Bölgelere göre muhtelif   |
| F. Ebatları                 | 51x69 cm. (7,5' x 7,5')   | 53x69 cm. (15' x 15')   | 53x70 cm. (30' x 30')   |
| G.Doğruluğu                 | Yatay : 5 m. (Ortalama)<br>Düşey : 2,5 m.                                 | Yatay : 10 m. (Ortalama)<br>Düşey : 5 m.  | Yatay : 20 m. (Ortalama)<br>Düşey : 10 m.   |
| H. Kaynağı                  | Hava Fotoğrafları   | K-816 serisi 1/25.000 ölçekli haritalar   | K-716 serisi 1/50.000 ölçekli haritalar   |
| 4. Ürünün Üretim Yöntemi    | Fotogrametrik   | 1/25.000 ölçekli haritalardan kartoğrafik tahvil  | 1/50.000 ölçekli haritalardan kartoğrafik tahvil  |
| 5. Ürünün Arşivleme Ortamı  | Kağıt   | Kağıt   | Kağıt   |
| 6. Miktar                   | 5554  | 1456  | 393   |
| 7. Ürünün Gizlilik Derecesi | Hizmete Özel  | Hizmete Özel  | Hizmete Özel  |

**Kaynak:** HGK, 2010, Topoğrafik Haritalar

Günümüzde birçok CBS uygulamasında basılı haritalardan eş yükseklik eğrilerinin sayısallaştırılmasıyla SYM oluşturulmaktadır. 1/1000, 1/2000 ve 1/5000 ölçekli halihazır ve topoğrafik haritalar ile Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından üretilen 1/25.000, 1/50.000 ve 1/100.000 ölçekli STH’lar CBS uygulamalarının başlıca veri kaynakları olarak karşımıza çıkmaktadır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğine göre eş yükseklik eğrileri, arazinin engebe durumunu belirleyecek şekilde, 1/5000 ölçekte 5 m, 1/2000 ölçekte 2 m, 1/1000 ve 1/500

ölçeklerde 1 m aralıklarla çizilir. 1/25.000, 1/50.000 ve 1/100.000 ölçekli STH ile ilgili teknik özellikler ise Tablo1’de verilmiştir.

SYM’den türetilen topoğrafik ve morfolojik parametreler ele alınacak olursa; eğim bir yüzey üzerinde iki nokta arasındaki yükseklik değişimidir. Raster veriler için eğim, bir hücrenin yüksekliğinin komşusu olan 8 pikselin yükseklikleri üzerinde maksimum değişim oranıdır (Şekil 1). Bakı (yönelim) eğimin yönü ya da bir yüzeyin yön pusulası olarak tanımlanabilir.



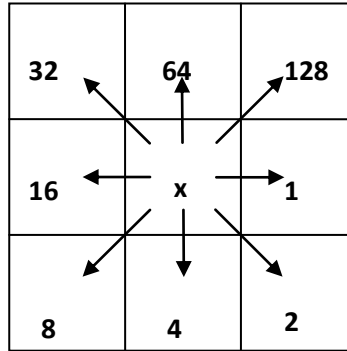
Şekil 1. Eğim (ESRI, 2006)

$$\tan \theta = \frac{\text{Yükseklik Farkı}}{\text{Yatay Mesafe}}$$

$$\text{Eğim (derece)} = \theta$$

$$\text{Eğim (\%)} = \frac{\text{Yükseklik Farkı}}{\text{Yatay Mesafe}} \times 100$$

Bir yüzeydeki akış, her zaman en yüksekten en alçak yöne doğru gerçekleşir. Eğer her bir hücrenin akış yönü bilinirse, herhangi bir hücre içine ne kadar hücre aktığı belirlenebilir (Şekil 2 ve Şekil 3). Bu bilgi akarsu ağları ve havza sınırlarını belirlemek için kullanılır. Akış yönü, her bir hücreden en fazla alçalma yönü olarak hesaplanır ve her bir yön Şekil 2’deki gibi kodlanır (Arc Hydro Tools-Tutorial, 2007).



Şekil 2. Akış yönü (Arc Hydro Tools – Tutorial, 2007)

Akış toplamı ile, tepedeki hücrelerden aşağıdaki her bir hücrenin içine akan suyun hesaplaması yapılır. Her bir hücrede 1 birim su bulunduğu varsayımından hareketle, tepedeki hücrelerden akan su aşağıdaki komşu hücrede 2 birime ulaşır. Bu akış işlemi en son hücreye kadar devam eder (İşlem Şirketler Grubu, 2003).

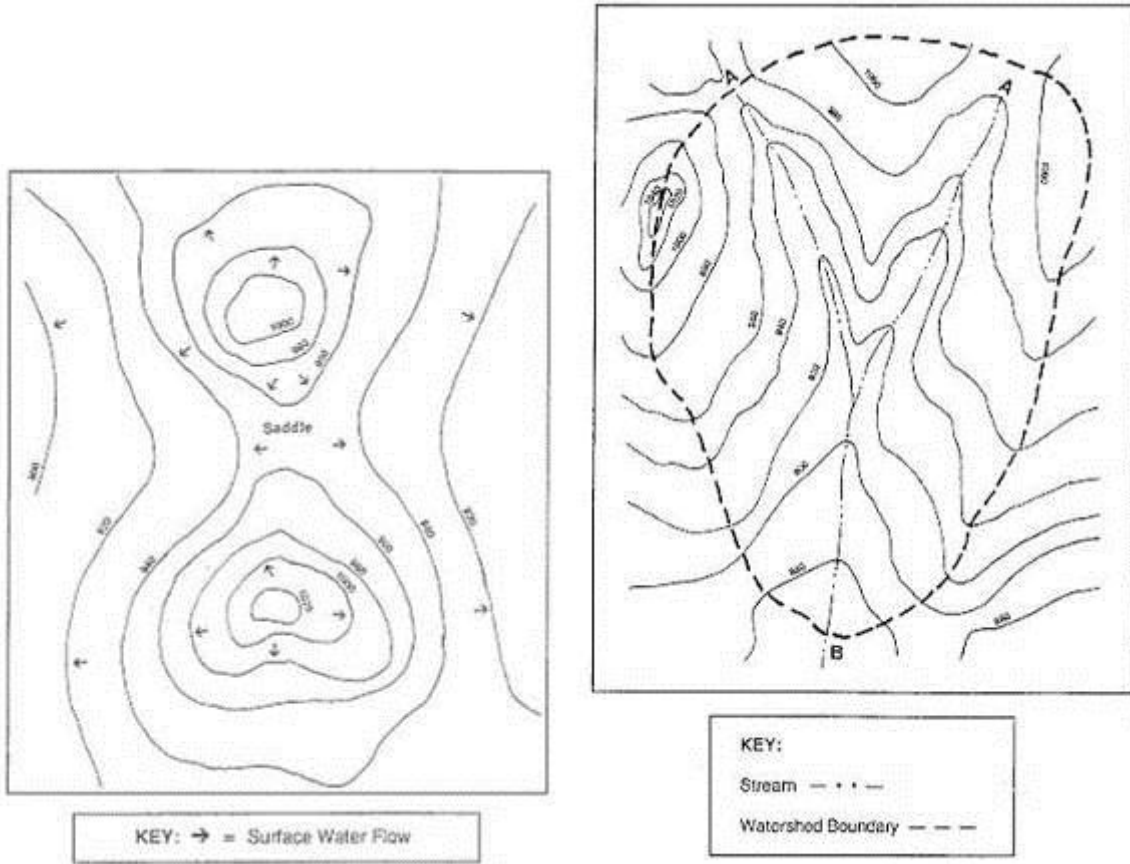
|    |    |    |    |
|----|----|----|----|
| 45 | 37 | 44 | 45 |
| 40 | 34 | 50 | 60 |
| 58 | 31 | 30 | 53 |
| 50 | 45 | 32 | 22 |

|     |    |   |    |
|-----|----|---|----|
| 1   | 4  | 8 | 16 |
| 1   | 4  | 4 | 8  |
| 1   | 1  | 2 | 4  |
| 128 | 64 | 1 | ?  |

|   |   |    |    |
|---|---|----|----|
| 0 | 1 | 1  | 0  |
| 0 | 5 | 0  | 0  |
| 0 | 9 | 12 | 0  |
| 0 | 0 | 0  | 15 |

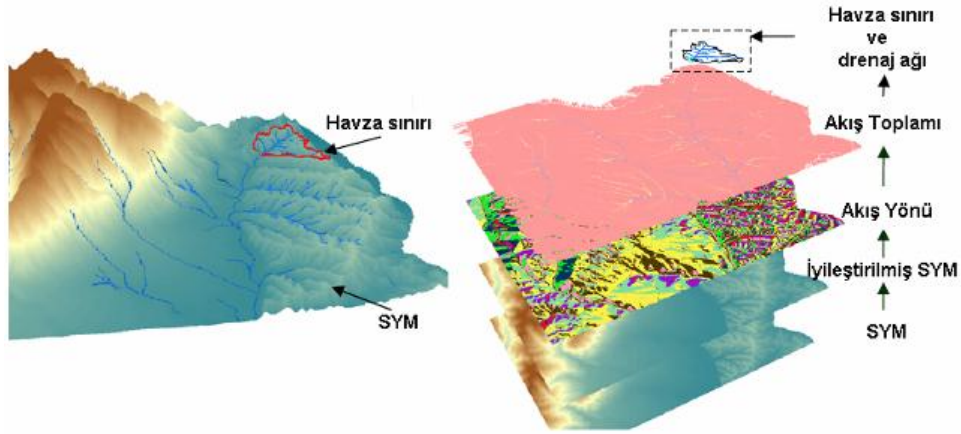
Şekil 3. SYM, Akış Yönü, Akış Toplamı (Arc Hydro Tools – Tutorial, 2007)

Suyun akışı için genel kural: su yükseklik eğrilerine dik doğrultuda akar. Tepe durumunda ise, su tepeden her yana doğru aşağı akar. Su aşağı yönde akarak önce daha büyük sulara daha sonra da denize ulaşır. Her akarsu kolunun drenaj alanı ayrı ayrı belirlenebilir. Ayrıca su yolu üzerindeki herhangi bir noktanın da drenaj alanı belirlenebilir (Şekil 4) (Jenson ve Domingue, 1988).



Şekil 4. Havzaların belirlenmesi

Havzaların bilgisayar yazılımları ile otomatik olarak çıkarılmasında sırasıyla SYM'den akış yönü ve akış yönünden akış toplamı hesaplanır (Şekil 5) (NRCS, 1991; Jenson ve Domingue, 1988 ).



Şekil 5. Havzaların otomatik olarak oluşturulması (NRCS, 1991)

### 3. Uygulama

Araştırma alanı olarak Samsun ili Atakum ilçesi seçilmiştir. Çalışmada ilçeye ait 1/100.000 ve 1/25.000 ölçekli standart topoğrafik haritalar (STH) ve 1/1000 ölçekli halihazır haritalara ait sayısal yükseklik verileri kullanılmıştır. Analizler ArcGIS 9.2 yazılımı Spatial Analyst, 3-D Analyst ve ArcHydro modülleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. 1/100.000 ölçekli harita yükseklik verilerinden 25, 50, 100, 200 ve 250 m, 1/25.000 ölçekli harita yükseklik verilerinden 10, 25, 50, 100 ve 200 m, 1/1000 ölçekli harita yükseklik verilerinden 2, 5, 10, 25 ve 50 m piksel boyutlu SYM oluşturulmuş ve her bir SYM'den eğim, bakı, drenaj ağı ve havza bilgileri ayrı ayrı üretilmiştir.

Tablo 2'de SYM'lerin istatistiksel bilgileri incelendiğinde; 1/1000 ölçekli harita verilerinden üretilen SYM'lerde piksel boyutu arttıkça (çözünürlük düştükçe) minimum değerlerin yükseliş gösterdiği, 1/1000 ve 1/25.000 ölçeklerinin her ikisinde de piksel boyutu arttıkça maksimum değerlerin düştüğü; bu etkinin büyük ölçekli-yüksek çözünürlüklü verilerde küçük ölçekli-düşük çözünürlüklü verilere göre daha fazla olduğu görülmektedir. Ölçek büyüdükçe aynı piksel boyutunda SYM'lerde maksimum değerlerde hızlı değişimler gözlenmektedir.

Tablo 3'teki eğim istatistiksel bilgileri incelendiğinde piksel boyutu arttıkça maksimum değerlerde çok hızlı bir düşüş olduğu, bu değişim etkisinin yüksek çözünürlü verilerde daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

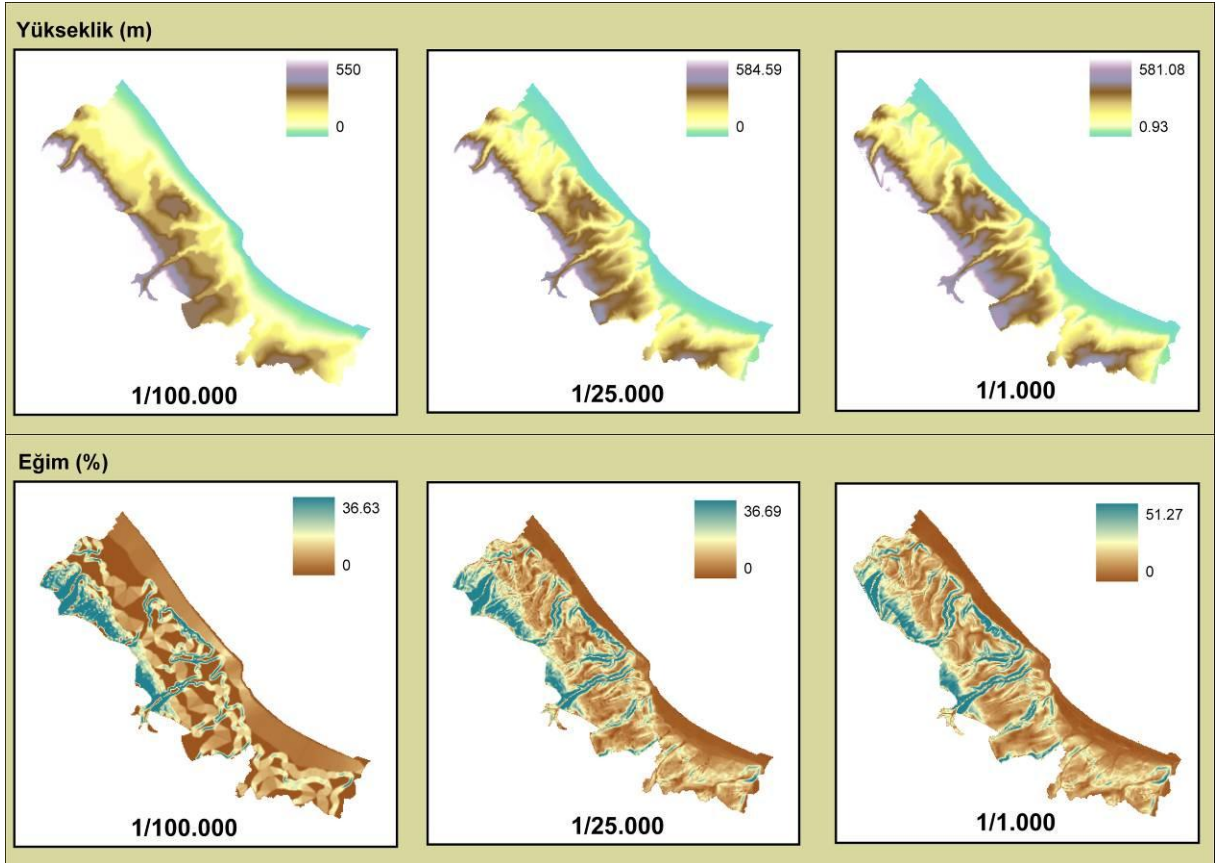
Tablo 2. SYM-İstatistiksel bilgileri

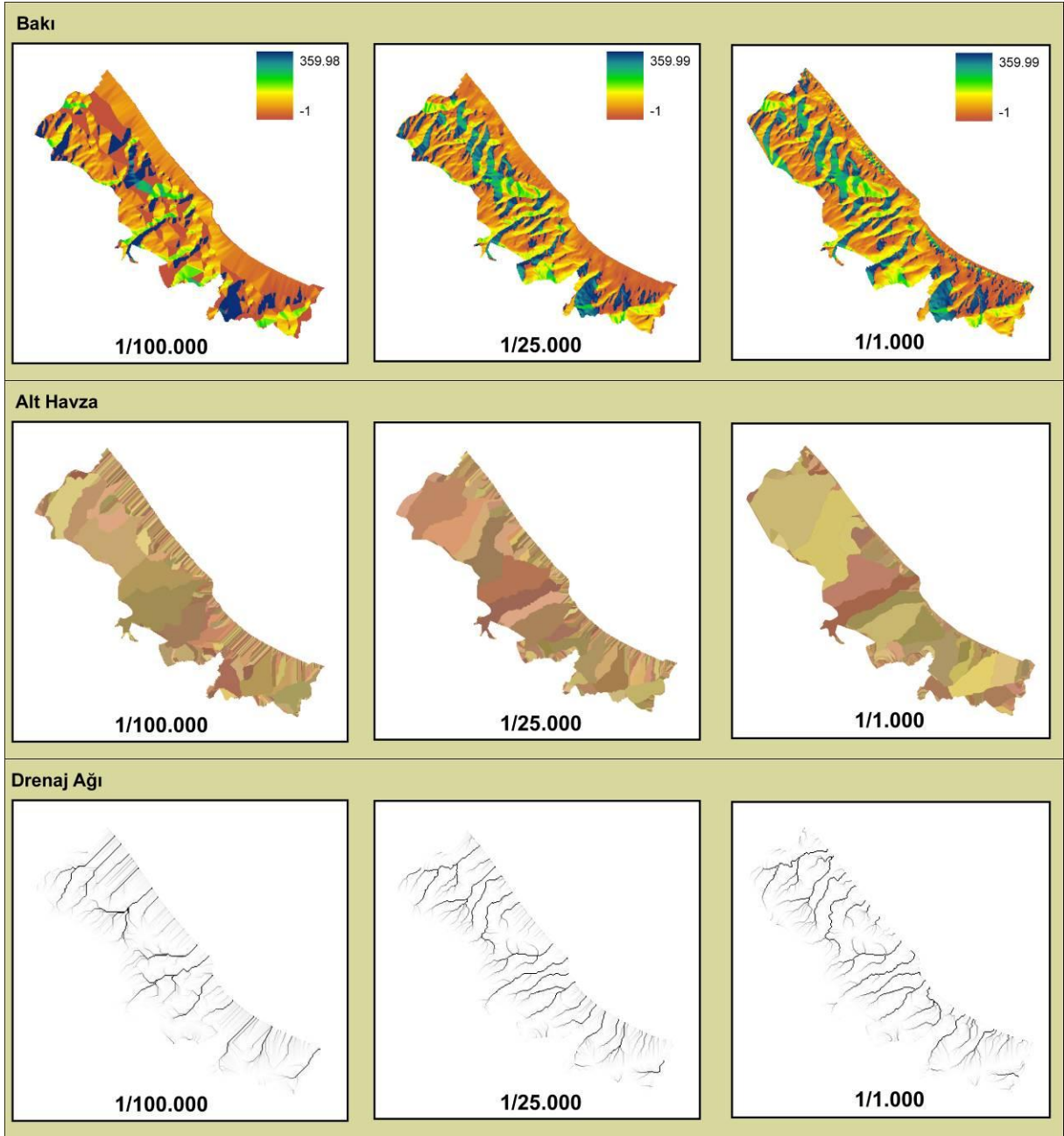
| Piksel Boyutu | Veri Kaynağı |         |          |         |          |         |
|---------------|--------------|---------|----------|---------|----------|---------|
|               | 1/100.000    |         | 1/25.000 |         | 1/1000   |         |
|               | Maksimum     | Minimum | Maksimum | Minimum | Maksimum | Minimum |
| 250           | 550          | 0       |          |         |          |         |
| 200           | 550          | 0       | 559.66   | 0       |          |         |
| 100           | 550          | 0       | 581.24   | 0       |          |         |
| 50            | 550          | 0       | 584.59   | 0       | 581.08   | 0.93    |
| 25            | 550          | 0       | 585      | 0       | 583.40   | 0.92    |
| 10            |              |         | 585      | 0       | 584      | 0.87    |
| 5             |              |         |          |         | 584      | 0.84    |
| 2             |              |         |          |         | 584      | 0.84    |

**Tablo 3.** Eğim-İstatistiksel bilgileri

| Piksel Boyutu | Veri Kaynağı |         |          |         |          |         |
|---------------|--------------|---------|----------|---------|----------|---------|
|               | 1/100.000    |         | 1/25.000 |         | 1/1000   |         |
|               | Maksimum     | Minimum | Maksimum | Minimum | Maksimum | Minimum |
| 250           | 26.40        | 0       |          |         |          |         |
| 200           | 27.77        | 0       | 28.90    | 0       |          |         |
| 100           | 33.28        | 0       | 34.28    | 0       |          |         |
| 50            | 36.62        | 0       | 36.69    | 0       | 51.27    | 0       |
| 25            | 40.11        | 0       | 40.90    | 0       | 53.45    | 0       |
| 10            |              |         | 49.88    | 0       | 71.82    | 0       |
| 5             |              |         |          |         | 80.44    | 0       |
| 2             |              |         |          |         | 86.83    | 0       |

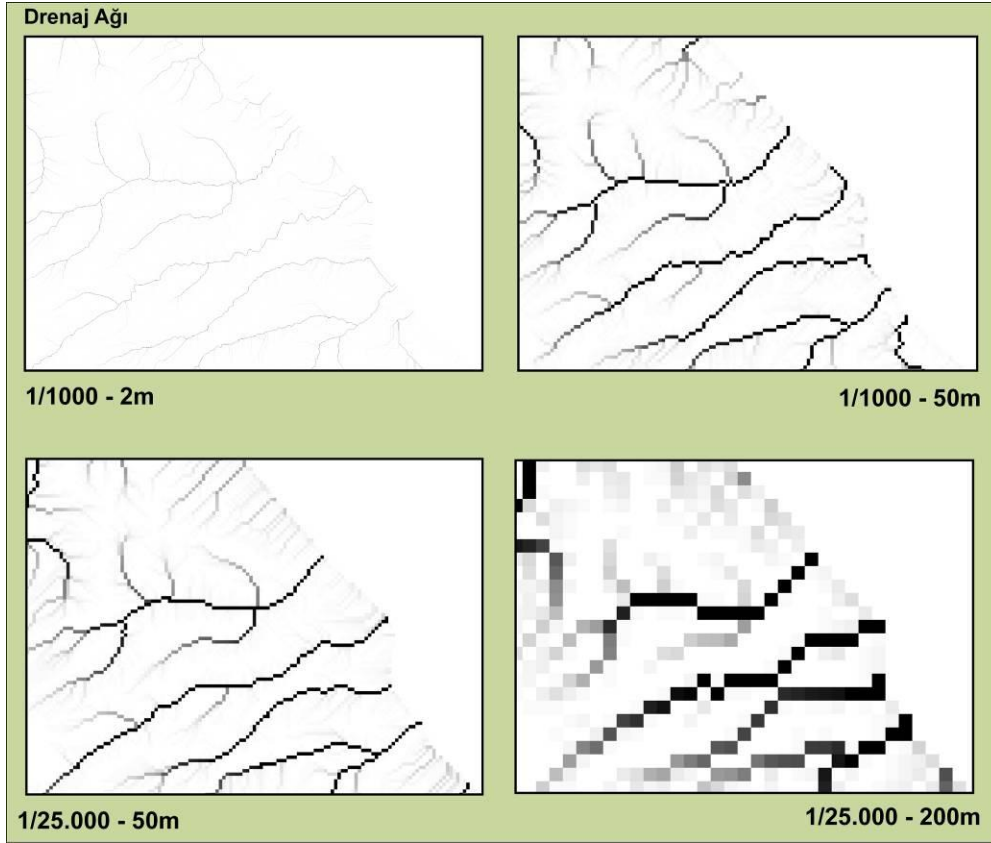
Şekil 6'daki 50 m grid boyutlu veriler ve Şekil 7 incelendiğinde havza ve drenaj ağı için veri kaynağı olan haritanın ölçeğinin çok etkili olduğu, ölçeğin otomatik havza belirlenmesi işleminin doğruluğunu büyük oranda etkilediği, büyük ölçekli verilerde kıyılarda oluşan hatalı havzaların daha az oluştuğu anlaşılmaktadır.





**Şekil 6.** 1/100.000, 1/25.000 ve 1/1000 ölçekli harita verilerinden 50 m piksel boyutunda elde edilen SYM, Eğim, Bakı, Havza ve Drenaj ağının karşılaştırılması





Şekil 7. 1/1000 ve 1/25000 ölçekli verilerden elde edilen drenaj ağının karşılaştırılması

#### 4. Sonuç

Bu çalışma ile konumsal verilerin kullanıldığı birçok çalışmada gerekli olan eğim, bakı, akış yönü, akış toplamı, havza-alt havza ve drenaj ağı bilgilerinin farklı çözünürlükteki grid SYM'den CBS ile kısa sürede elde edilebildiği ve sonuçların hem görüntü verisi olarak hem de öznitelik bilgisi olarak kullanılabilmesi görülmüştür. Analiz sonuçları incelendiğinde; grid SYM'nin çözünürlüğünün yüzey analizleri üzerinde çok fazla etkisinin olduğu ve grid SYM'nin çözünürlüğünün hem orijinal yükseklik verilerine hem de örneklediği grid boyutuna bağlı olduğu anlaşılmaktadır. SYM oluşturulurken grid boyutunun büyük seçilmesi hesaplama zamanını büyük oranda kısaltmakta ancak diğer yandan modelleme sonucunda önemli derecede detay kaybı söz konusu olmaktadır. Farklı ölçeklerdeki veri kaynaklarından elde edilen (1/100.000, 1/25.000 ve 1/1.000) ve aynı piksel boyutuna örneklenmiş SYM karşılaştırıldığında doğruluğu ve hassasiyeti düşük olan dolayısıyla topoğrafyayı yeteri kadar temsil etmeyen verilerden SYM oluşturulmasında grid boyutunun sonuç model doğruluğunu fazla etkilemediği anlaşılmaktadır. Dolayısıyla SYM'nin yükseklik veri kaynağının ve grid boyutunun her bir çalışma için amaca ve gereksinimlere göre belirlenmesi gerekmektedir.

#### Referanslar

- Arc Hydro Tools – Tutorial, Version 1.2 - May 2007.  
 Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği  
 Erskine, R.H.; Green, T.R.; Ramirez, J.A.; Macdonald, L.H., (2007) "Digital Elevation Accuracy and Grid Cell Size: Effects on Estimated Terrain", Soil Science Society of America Journal, 71(4):1371–1380.  
 ESRI Inc., ArcGIS 9.2, 2006, CA.  
 HGK, 2010, Topoğrafik Haritalar (<http://www.hgk.msb.gov.tr/urunler/haritalar/yurtciuretim/topografik/topohar.html>,



10.09.2010)

- İşlem Şirketler Grubu, (2003) ArcGIS Spatial Analyst Yazılımı, Ankara.
- Jenson, S.K.; Domingue, J.O., (1988) "Extracting Topographic Structure from Digital Elevation Data for Geographic Information System Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 4(11):1593–1600.
- Kienzle, S.W., (2004) "The Effect of Grid Cell Size on Major Terrain Derivatives", *Proceedings of the Twenty-Fourth Annual ESRI User Conference*.
- Klingseisen, B., Metternicht, G.; Paulus, G., (2008) "Geomorphometric Landscape Analysis Using a Semi-automated GIS-approach", *Environmental Modelling & Software*, 23(1):109–121.
- Li, J.; Wong, D.W.S., (2010) "Effects of DEM Sources on Hydrologic Applications", *Computers, Environment and Urban Systems*, 34(3):251–261.
- Liu, X.; Bian, L., (2008) "Accuracy Assessment of DEM Slope Algorithms Related to Spatial Autocorrelation of DEM Errors", *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography Advances in Digital Terrain Analysis, Section 4*, Springer Berlin Heidelberg, pp. 307–322.
- NRCS, (1991) How to Read a Topographic Map and Delineate a Watershed, (<http://www.nh.nrcs.usda.gov/technical/Publications/Topowatershed.pdf>, 11.09.2010)
- Usul, N.; Paşaoğulları, O., (2003) "Effect of Scale and Grid Size for Hydrological Modeling", *International Conference of GIS and Remote Sensing in Hydrology, Water Resources and Environment, China, September 2003*.
- Vaze, J.; Teng, J., (2007) "Impact of DEM Resolution on Topographic Indices and Hydrological Modelling Results", *MODSIM 2007 International Congress on Modelling and Simulation, December 2007*.
- Wang, P., Du, J., Feng, X.; Kang, G., (2006) "Effect of Uncertainty of Grid DEM on TOPMODEL: Evaluation and Analysis", *Chinese Geographical Science*, 16(4):320–326.
- Yan, L., (2008) "Based on the Triangular Grid Digital Elevation Model of the Terrain Modeling", *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 4:401–403.
- Zhou, Q.; Liu, X., (2004a) "Error Analysis on Grid-based Slope and Aspect Algorithms", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 70(8):957–962.
- Zhou, Q.; Liu, X., (2004b) "Analysis of Errors of Derived Slope and Aspect Related to DEM Data Properties", *Computers & Geosciences*, 30:369–378.
- Zhou, Q.; Liu, X., (2008) "Assessing Uncertainties in Derived Slope and Aspect from a Grid DEM", *In Advances in Digital Terrain Analysis*, Springer Berlin Heidelberg.

