

Topografik Özellikleri Kullanarak Arazi Morfolojisi Analizi: Uşak Ulubey Kanyonu Örneği

Ahmet Çilek^{1*}, Süha Berberoğlu¹, Müge Ünal Çilek¹, Cenk Dönmez¹

Özet: Yeryüzü şekilleri, geçmişte fizyografik ve morfometrik haritalar el yöntemleri ile çizilerek konumsal teknolojilerin gelişmesiyle arazi formlarının otomatik üretilmesi, veri tabanlarında depolanması kolaylaşarak, jeomorfoloji, toprak, ekoloji, peyzaj mimarlığı gibi fiziki planlarla ilgilenen pek çok bilim dalı tarafından daha etkin kullanılmaya başlamıştır. Bu çalışmada Ulubey Kanyonlarının arazi formlarını Coğrafi Bilgi Sistemleri aracılığıyla Topografik Pozisyon İndeksi (TPI) ile morfolojik analizler yaparak sınıflandırmak amaçlanmıştır. Uşak Ulubey Kanyonu, Amerika Birleşik Devletleri'nin Arizona eyaletinde bulunan Büyük Kanyon'dan (Grand Canyon) sonra dünyanın en büyük ikinci kanyonu unvanına sahiptir. Uşak'ın Ulubey ilçesinde yer alan kanyon, Ulubey ve Banaz çayları boyunca devam eden bir ana kanyon ve buna bağlanan onlarca büyük yan kanyonlardan oluşmaktadır. Morfolojik sınıflandırmaların oluşturulmasında 30 m çözünürlükte ASTER Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kullanılmıştır. Arazi morfolojisinin oluşturulmasında SYM verilerinden üretilen eğim, eğrisellik, yükseklik farkı, topografik açıklık vb. morfolojik parametreler kullanılmaktadır. TPI hesaplanmasında kullanılan Jenness algoritması, en küçük kareleri kullanarak belirlenen pencere boyutuna ikinci dereceden bir polinom yerleştirerek çok ölçekli bir yaklaşım kullanılmaktadır. Araştırmada farklı ölçekteki SYM verileri için 300 m ve 2000 m pencere genişliği kullanılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır. Oluşturulan morfolojik sınıflar kanyonlar, sığ vadiler, yaylalar, tabanlı vadiler, ovalar, açık yamaçlar, dik yamaçlar, vadilerde tepeler, orta eğimli sırtlar veya ovalardaki küçük tepeler, zirveler olmak üzere 10 sınıfta toplanmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen bilgiler, farklı özelliklere sahip arazi değişkenleri (toprak, bitki örtüsü, yükseklik vb.) için doğal sınırlar olarak kabul edilen yüzey morfolojisinin sınıflandırılması özellikle arazi bozulması ve jeomorfolojide belirlenmesinde faydalı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Arazi Formu, Ulubey Kanyonu, Topografik Pozisyon İndeksi, CBS

Landform Analysis using Topographic Characteristics: An Example of Usak Ulubey Canyon

Abstract: Earth shapes, physiographic and morphometric maps have been drawn by hand in the past. With the development of spatial technologies, automatic production of landforms and storage in databases has become easier and has been used more effectively by many disciplines interested in physical plans such as geomorphology, soil, ecology and landscape planning. This study aims to classify the landforms of Ulubey Canyons by morphological analysis with Topographic Positions Index (TPI) using Geographical Information Systems. Usak Ulubey Canyon is the second largest canyon in the world after the Grand Canyon in Arizona, USA. The canyon, located in the Ulubey district of Usak, consists of a main canyon along the Ulubey and Banaz streams and dozens of large side canyons connected to it. ASTER Digital

¹Cukurova University, Landscape Architecture Department, Adana, Turkey

*Corresponding author (İletişim yazarı): acilek@cu.edu.tr

Citation (Atıf): Çilek, A., Berberoğlu, S., Ünal Çilek, M., Dönmez, C., (2019). Topografik Özellikleri Kullanarak Arazi Morfolojisi Analizi: Uşak Ulubey Kanyonu Örneği. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3(Special Issue): 77-88.

Elevation Model (DEM) with 30 m resolution was used to form the morphological classifications. Morphological parameters such as slope, curvature, height difference, topographic aperture, etc. are used to generate the land morphology. The Jenness algorithm used in the TPI calculation uses a multi-scale approach by placing a quadratic polynomial in the specified window size using the least squares. In this study, 300 m and 2000 m window widths were combined for landform classification. The morphological classes are classified into 10 class including i) canyons, deeply incised streams ii) mid-slope drainages, shallow valleys iii) upland drainages, headwaters iv) U-shape valleys v) plains vi) open slopes vii) upper slopes, mesas viii) local ridges/hills in valleys ix) mid-slope ridges, small hills in plains x) mountain tops, high ridges. The information obtained from this study, classification of surface morphology considered as natural boundaries for land variables (soil, vegetation, height, etc.) with different characteristics will be useful in determining land degradation and geomorphology.

Keywords: Landform, Ulubey Canyon, Topographic Position Index, GIS

1. Giriş

Son yıllarda arazi formunun sınıflandırılması için otomatik tekniklerin uygulanması çok yaygın hale gelmiştir (De Reu vd. 2013; Grohmann ve Riccomini 2009; Han vd. 2011; Ilia vd. 2017; Ilia I vd. 2013; Mokarram vd. 2015; Mokarram ve Sathyamoorthy 2018; Rigol-Sanchez vd. 2015; Seif 2014; Skentos ve Ourania 2017; Tagil ve Jenness 2008). Arazi formu sınıflandırması yer bilimleri ile sınırlı olmayıp özellikle arkeoloji, ekoloji, tarım, ormancılık, kırsal peyzaj planlama, afet yönetimi gibi bir bilim dalı için de önemli bir veri kaynağı olduğu kanıtlanmıştır (Ho ve Umitsu 2011; Hoersch vd. 2002; Mac Millan vd. 2003; Martín-Duque vd. 2003; McNab 2007; Mert vd. 2013; Oruç vd. 2017; Özdemir ve Özkan 2016; Verhagen ve Drâguț 2012; Şentürk vd. 2019; Tekin ve Çan, 2019). Morfometri, yer şekillerinin kantitatif bir tanımı sağlar ve matematik, mühendislik ve son yıllarda bilgisayar bilimi kombinasyonunu kullanarak türetilmektedir. Blaszczyński'ye (1997) göre arazi morfolojisi yer şekilleri, ovalar, dağ silsileleri gibi büyük ölçekli özelliklerden bireysel tepeler ve vadiler gibi küçük ölçeklere kadar değişen dünyanın yüzeyindeki spesifik jeomorfolojik özellikler olarak tanımlanmaktadır. Tepe, ova, vadi gibi topografik özellikler eğim, derinlik ve engebelilik hakkında bilgiler verdiği için peyzajı etkileyen fiziksel ve biyolojik işlemler için önemlidir. Bitkilerin doğal habitatları, erozyon potansiyeli ve güneş radyasyonu arazi formu ve konumu ile doğrudan ilgilidir.

Sayısal yükseklik modelleri (SYM) topografyanın digital olarak temsil edilmektedir ve 1970'lerin başından beri her alanda kullanılmaktadır. SYM'ler ve eğim, bakı, gölgeli yamaçlar, hidrolojik yapı gibi bu veriden üretilen veriler jeomorfolojik ve jeomorfometrik çalışmalar için

araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Jeomorfolojik araştırmalarda, arazinin morfometrik parametrelerinin incelenmesi, arazi formunun yorumlanması için büyük önem taşımaktadır. Arazi morfolojisi verisi multispektral görüntüler ile birlikte kullanıldığında jeoloji, litoloji, toprak, arazi örtüsü/kullanımı, fay hatları gibi birçok yersel bilgi için hızlı ve faydalı bilgiler sağlamaktadır. Bu çalışmada da SYM verilerine gelişmiş konumsal istatistik ve görüntü işleme algoritmaları uygulayarak Uşak Ulubey Kanyonunda arazi formlarını topografik pozisyon indeksi (TPI) yardımıyla arazi formlarını yarı otomatik olarak tanımlamak ve sınıflandırmaktır.

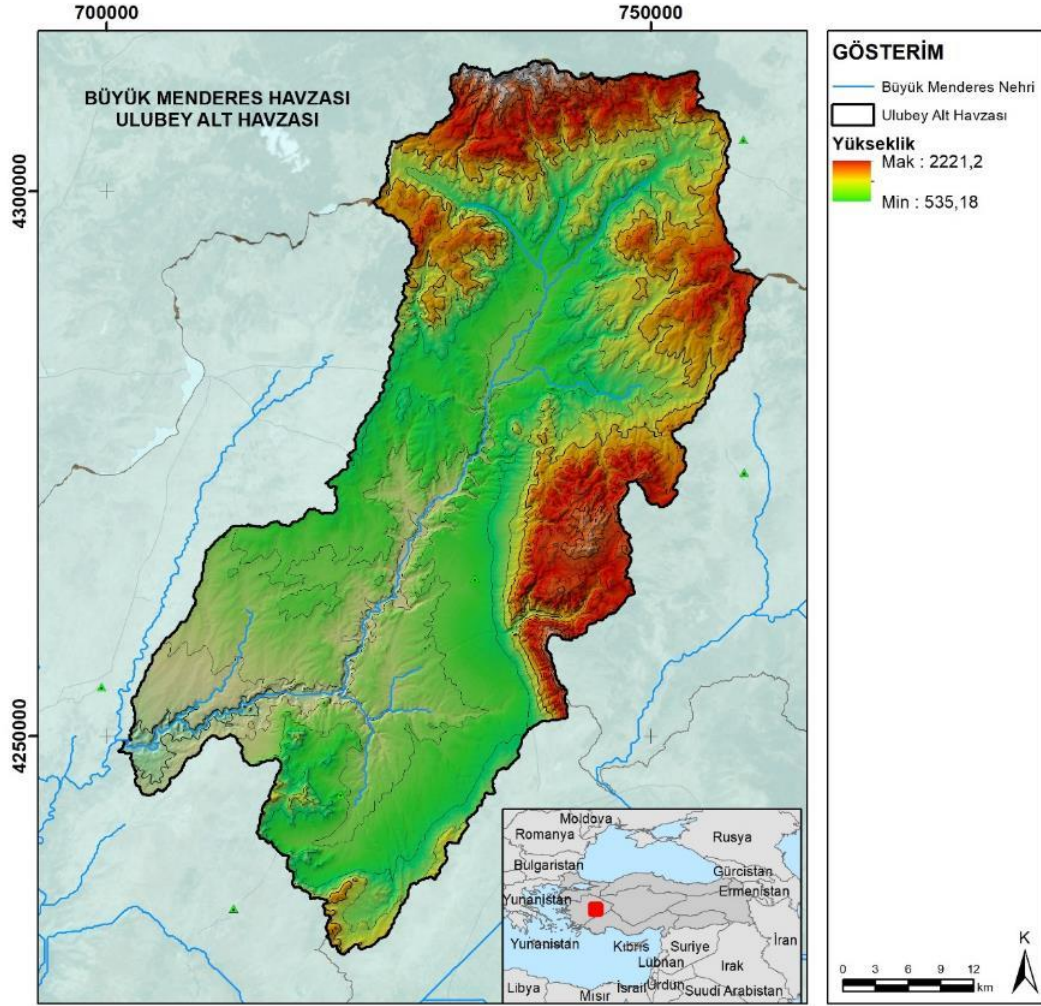
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı, Ege Denizi'ne akan Büyük Menderes Nehri'nin başlıca kollarından olan Banaz çayı ve Ulubey Deresi'nin geçtiği alanı kapsayan Ulubey kanyonları 500-1000 m genişliğe, 135-170 m derinliğe ve 40-45 km uzunluğa sahip olup Banaz-Ulubey akarsuları boyunca uzanmaktadır. Dikey tektonik hareketlerden etkilenerek Büyük Menderes Grabeninin çökmesiyle Horst-Graben sistemi şeklini alarak karstik bir oluşum meydana getirmiştir. 27 Haziran 2013 tarihinde tabiat parkı olarak ilan edilen Ulubey Kanyonu ve çevresi jeolojik, jeomorfolojik, bilimsel ve kültürel açıdan ender özelliklere sahiptir. Ege ve İç Anadolu bölgeleri arasında bir geçiş alanı üzerinde bulunması sebebiyle her iki bölgenin iklim özelliklerini bir arada gösterir. Ege kıyılarına göre yazları sıcak ve kurak geçen, kışları ise İç Anadolu Bölgesi'ne göre daha ılıman geçen bir geçiş iklimine sahiptir. Ege Denizi üzerinden

gelen hava kütlelerinin getirdiği yağışlar bölgenin iklimini nemli hale getirir. Yıllık ortalama yağış

miktarı 551.0 mm'dir ve aylara-mevsimlere göre düzensiz bir dağılışı göstermektedir.

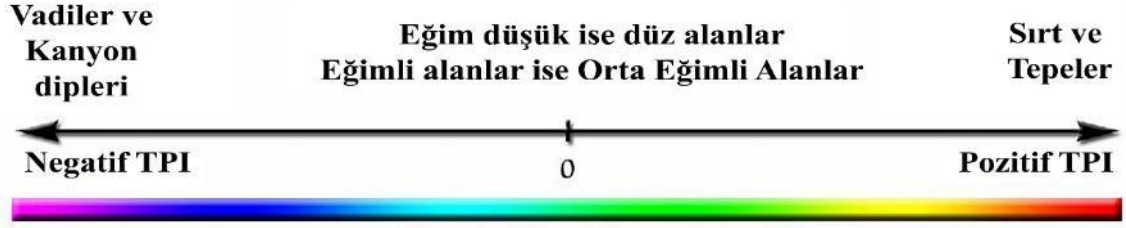


2.2. Metod

2.2.1. Topografik Pozisyon İndeksi (TPI)

Andrew Weiss TPI kavramını ve nasıl hesaplanacağını ESRI Uluslararası Kullanıcı Konferansında bir poster sunum ile ortaya çıkarmıştır (Guisan vd. 1999; Jones vd. 2000; Weiss 2001). TPI'yi farklı ölçeklerde ve eğim verisini kullanarak bir alanı hem eğim durumuna (sırt, vadi tabanı, orta eğim vb.) hem de arazi formuna göre (dik dar kanyonlar, geniş vadiler, ovalar, açık yamaçlar vb.) sınıflamaktadır. Geliştirilen algoritma sisteminin basitçe temeli bir pikselin yükseklik değeri ile o hücrenin

etrafındaki komşu piksellerin ortalama değeri dikkat alır. Çıkan değer pozitif ise o pikselin diğer piksellerden yüksek olduğu, negatif ise de düşük olduğu anlamına gelmektedir. Ayrıca pikselin eğim derecesi de bazı sınıflarda dikkate alınmaktadır. Eğer bir hücre komşu hücrelerinden önemli oranda yüksek ise o bölgeler tepe veya sırt olarak sınıflandırılmaktadır. Komşu hücrelere göre önemli derecede düşük değerler ise o hücrenin vadi tabanı veya tabana yakın olduğunu göstermektedir. Sıfıra yakın değerler ise düz alanları veya orta eğimli alanlar olarak sınıflandırılır. Bu durumda eğim derecesi de hesaba dahil edilerek düz alanlar ile orta eğimli alanlar ayırt edilmektedir (Şekil 2).

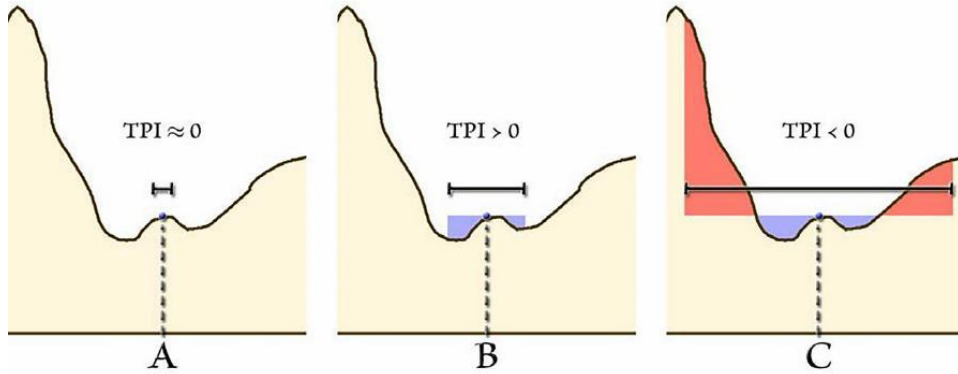


Şekil 2. TPI değerlerinin arazi formunun belirlenmesindeki durumu (Jeness 2006)

TPI hesaplaması doğal olarak büyük oranda ölçeğe bağlıdır. Bir sıra dağlardaki tepe noktası bir otoyol inşaat ekibine açılan sırt veya bir fareye ise düz bir alan olarak algılanabilir (Jeness 2006). Böylece üretilen sınıflandırmalar tamamen peyzaj analizinde kullandığımız ölçeğe bağlıdır.

Örneğin Şekil 3 de verilen çizimde TPI üç farklı ölçek kullanılarak aynı nokta için hesaplanmıştır. Kullanıcılar kendi çalışmalarında hangi ölçeğin en uygun olduğunu dikkatlice düşünmelidir. Büyük habitatların özellikleri hakkında bir çalışmada büyük ve belirgin bir arazi formu tanımlanabilir.

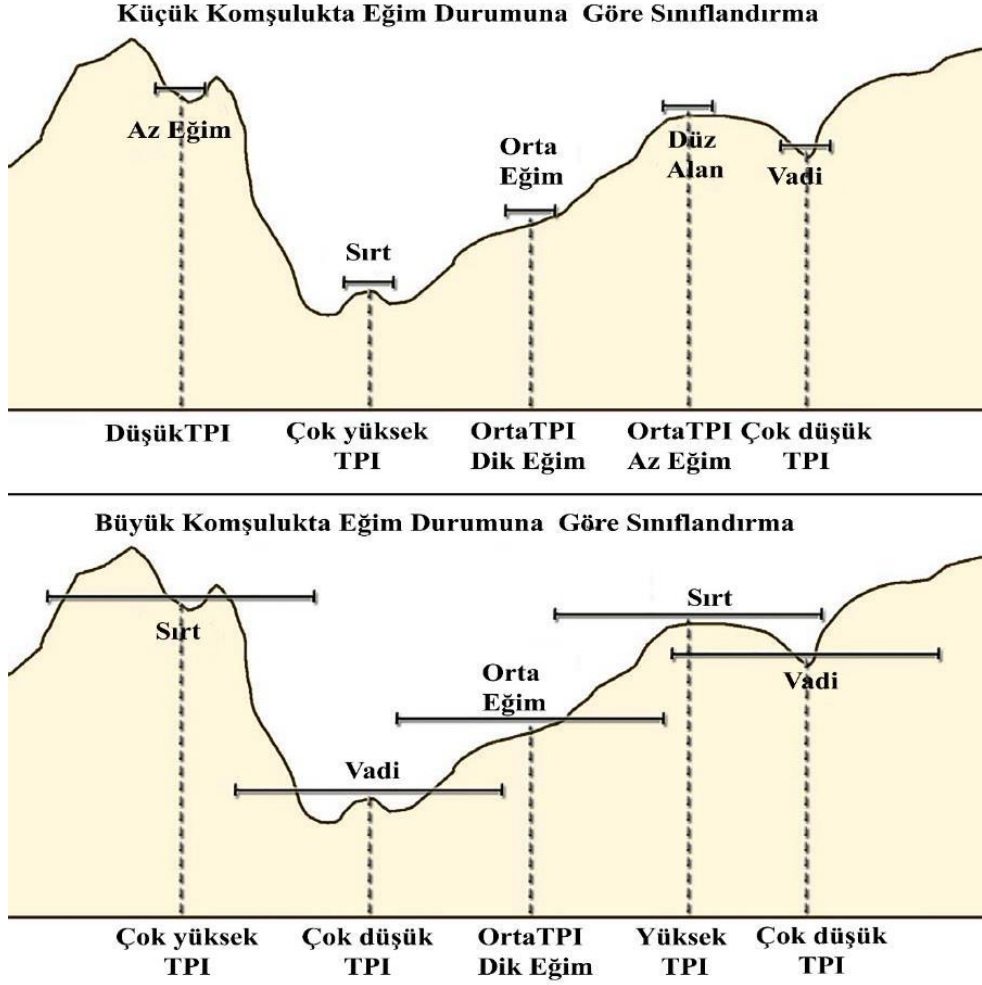
Üç farklı ölçekte TPI hesaplaması



Şekil 3. Farklı ölçeklerde TPI hesaplaması (Jeness 2006)

Örneğin bir dağ aslanı çevresindeki yüzlerce metre yüksekliğindeki sırt çizgisi küçük tepeler ve engebellikten daha fazla etkileneceği muhtemeldir. Diğer bir örnekte kanyonun dibindeki küçük bir tepenin üstündeki nokta bir ölçekte kanyon olarak sınıflandırılırken, başka ölçekte tepe olarak sınıflandırılabilir. Uygulamada her ikisi de doğru ve geçerli bir sınıflandırmadır. Kullanıcılar hangi ölçeğin çalışmada uygun olduğunu belirlemesi gerekmektedir. Ölçek TPI

analizinde kullanılan komşu pikseller tarafından belirlenmektedir. Az komşu piksellerin dahil edilmesi ile küçük ve yerel tepeler, vadiler; çok komşu piksellerin dahil edilmesi büyük ölçekli özellikler sınıflandırılır (Şekil 4). Her iki komşuluk sınıflandırmalarının ve eğim durumunun kullanılması ile Weiss (2001) tarafından yaklaşım geliştirilerek 10 sınıflı arazi formu sınıfları meydana gelmiştir.



Şekil 4. Farklı komşuluk hesaplamalarında TPI ve arazi formu sınıflandırması (Jenness 2006)

3. Bulgular

TPI değerleri iki farklı komşuluk mesafesi kullanılarak hesaplanmıştır. 300 m yarıçaplı dairesel komşulukta 10 piksel yarıçapında hücrelerin değerleri hesaba dahil edilerek yapılmaktadır. 2000 m yarıçaplı dairesel

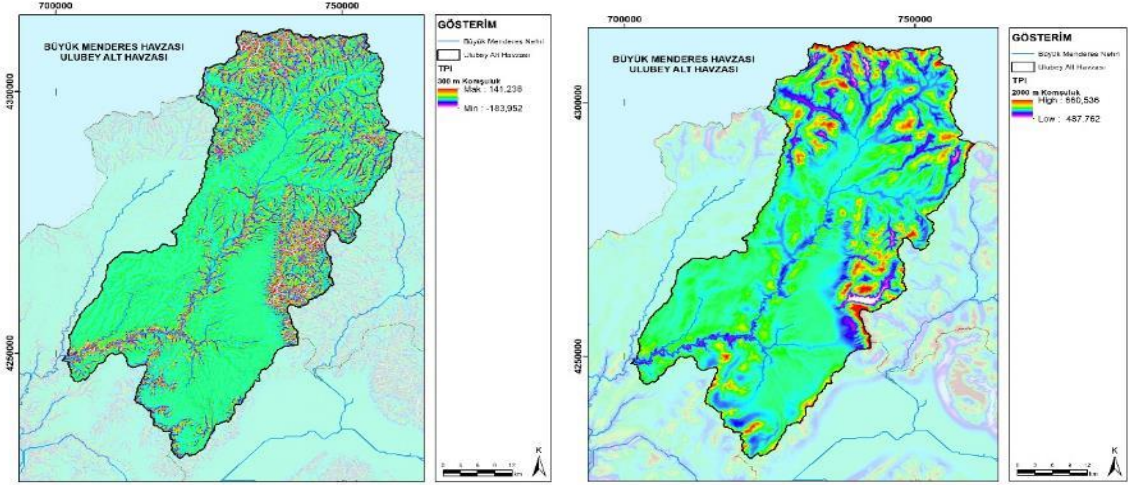
komşulukta ise 67 piksel yarıçapında komşu hücrelerin değeri hesaplanmıştır. 300 m yarıçaplı veriden kanyonlar ve yan bağlantıları detaylı bir şekilde çıkartılırken, 2000 m yarıçapı veri ile genel kanyon sistemi (Şekil 5) ortaya konulmuştur.



Şekil 5. Ulubey kanyonları

TPI değerleri 300 m komşulukta 141 ile -183 arasında, 2000 m komşulukta ise 660 ile -487 arasında bulunmuştur. Sıfıra yakın alanlar düz alanları (eğimin sıfıra yakın olduğu yerler) ve orta

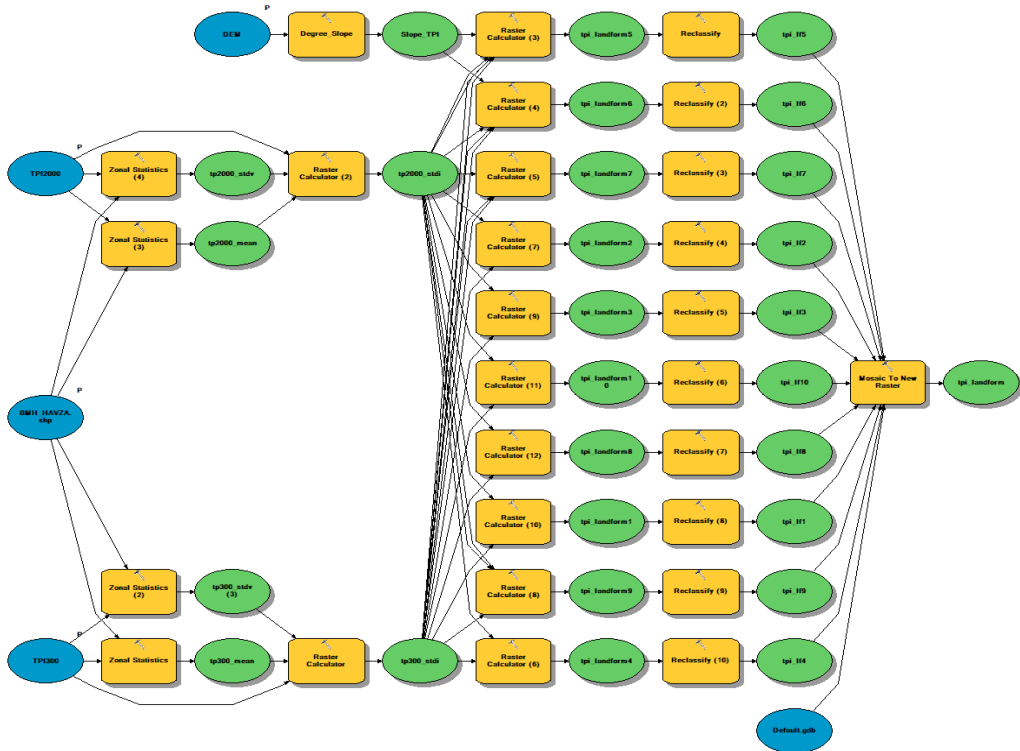
eğimli alanları, yüksek değerler zirve ve sırtları, eksi değerler ise vadi ve kanyonları göstermektedir (Şekil 6).



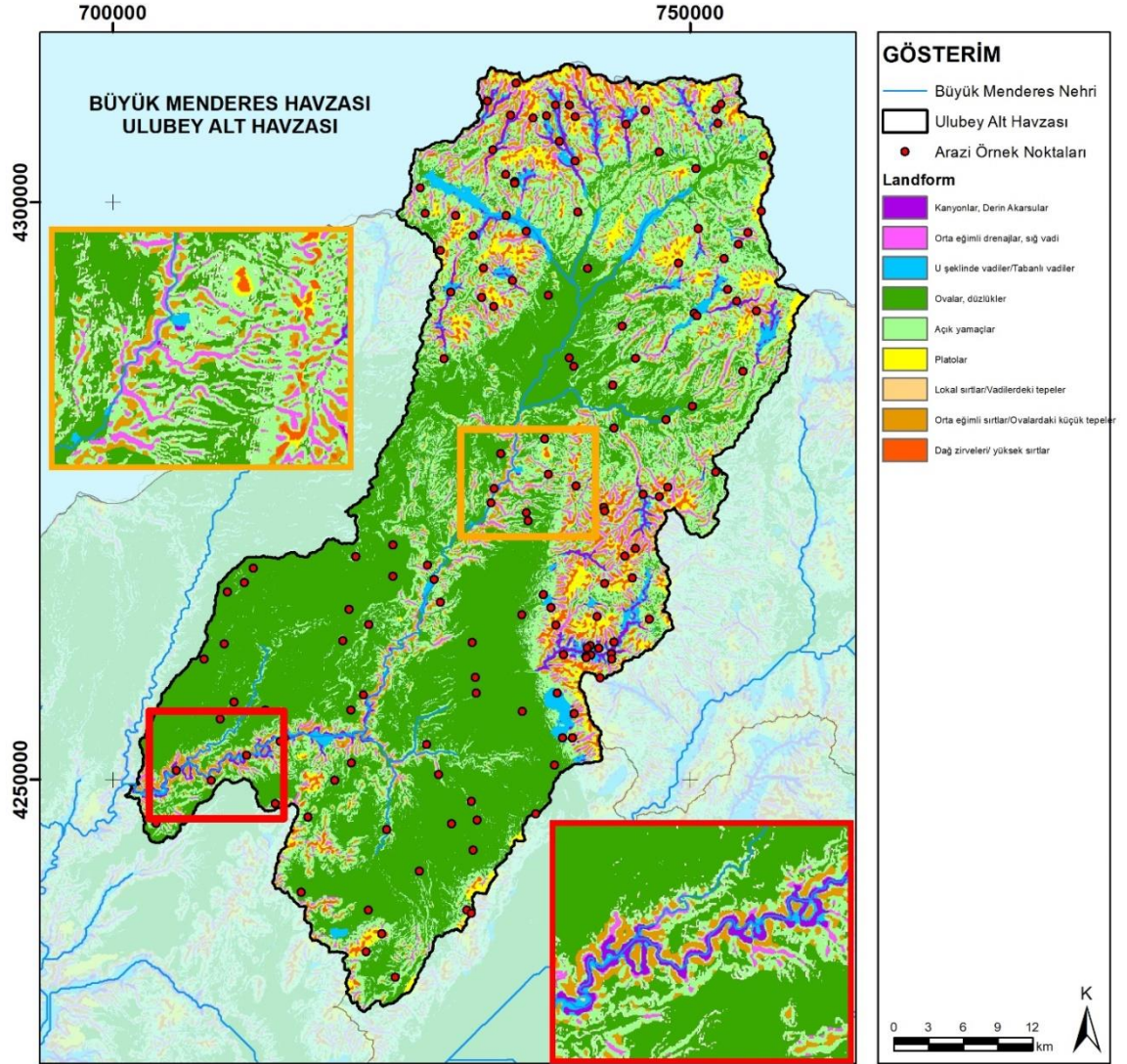
Şekil 6. Farklı komşuluklarda (300m ve 2000m) TPI verisi üretimi

TPI verileri üretildikten sonra CBS yazılımları kullanılarak arazi formu verisi üretilmiştir (Şekil 8). Çizelge 1’de belirtilen TPI değer aralıkları Model Maker kullanılarak otomatik sınıflayıcı modeli uygulanmıştır. Bu model içerisine çalışma alanı sınırı, TPI 300, TPI 2000 ve SYM verileri dahil edildiğinde otomatik olarak hesaplamalar

yapılacak ve arazi formu sonuç haritası 10 sınıfta sınıflanacaktır. Böylelikle işlemler arasında üretilecek veri (Şekil 7’de yeşil renkli veriler) kalabalığı ve olası yanlış değerler girilme hatası önlenecektir. Model istenildiği takdirde ise TPI değer eşikleri değişikliğine olanak sağlamaktadır.



Şekil 7. TPI verisinden arazi formu üretilmesinde ArcGIS yazılımıyla modelin uygulanması



Şekil 8. Ulubey alt havzası Arazi formu sınıfları haritası

TPI değerleri ve eğim derecesi dikkate alınarak çalışma alanı için arazi form sınıfları üretilmiştir. Toplamda on farklı sınıf her hücredeki iki farklı komşuluktaki TPI değerlerinden eşik değerler kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Örneğin kanyon alanlar küçük ve büyük komşulukta -1 değerine eşit veya küçük olması gerekmektedir. Ovalar/düzlük alanlar ise küçük ve büyük komşulukta -1 ile 1 arasında ve eğim derecesi de

5 dereceden düşük olması gerekmektedir. Oluşturulan arazi formlarının alan ve yüzde dağılımı Çizelge 1’de verilmiştir. Özellikle ovalar ve açık yamaçların çalışma alanında baskın sınıflar olarak görülmektedir. Ancak kanyonlarında önemli miktarda alan kapladığı dikkat çekmektedir.

Çizelge 1. Çalışma alanı arazi formları sınıfları, kapladığı alanlar ve TPI değerleri (Weiss, 2001)

Arazi formu Sınıfları	Alan		Sınıflama tanımları		
	Ha	%	Eğim	Küçük Komşuluk (300 m)	Büyük Komşuluk (2000 m)
Kanyonlar, Derin Akarsular	4510.17	2.1	-	$TPI \leq -1$	$TPI \leq -1$
Orta eğimli drenajlar, sığ vadi	11523.87	5.3	-	$TPI \leq -1$	$-1 < TPI < 1$
Yüksek drenajlar, Üst nehir kolları	-	-	-	$TPI \leq -1$	$TPI \geq 1$
U Şeklinde vadiler (Tabanlı vadiler)	6677.37	3.1	-	$-1 < TPI < 1$	$TPI \leq -1$
Ovalar, düzlükler	107510.76	49.3	≤ 5	$-1 < TPI < 1$	$-1 < TPI < 1$
Açık yamaçlar	60353.19	27.7	> 5	$-1 < TPI < 1$	$-1 < TPI < 1$
Platolar	8445.06	3.9	-	$-1 < TPI < 1$	$TPI \geq 1$
Lokal sırtlar/Vadilerdeki tepeler	303.39	0.1	-	$TPI \geq 1$	$TPI \leq -1$
Orta eğimli sırtlar/Ovalardaki küçük tepeler	12482.37	5.7	-	$TPI \geq 1$	$-1 < TPI < 1$
Dağ zirveleri/ yüksek sırtlar	6084.09	2.8	-	$TPI \geq 1$	$TPI \geq 1$

Üretilen verilerde doğrulama verileri, yüksek çözünürlüklü görüntüler, mevcut sınıflandırılmış görüntüler veya CBS veri katmanlarından elde edilerek test edilebilir. Sınıflandırılmış bir haritanın doğruluğunu değerlendirmenin en yaygın yolu, yer gerçeği verilerinden bir dizi rastgele nokta oluşturmak ve bunu bir hata matrisindeki sınıflandırılmış verilerle karşılaştırmaktır. Bu amaçla üretilen haritanın doğruluk değerlendirmesi için çalışma alanında

alansal büyüklüklere göre orantılı rastgele 147 nokta seçilmiş ve her bir noktanın yer gerçeği verileri karşılaştırılmıştır. Hata matrisleri oluşturularak her bir arazi formu sınıfı için doğruluk değerlendirme sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Doğruluk analizinde, her bir sınıf için kullanıcının doğruluğu ve üreticinin doğruluğunun yanı sıra genel kappa istatistiği hesaplanmıştır.

Çizelge 2. Arazi formları sınıfları doğruluk analizi matrisi (Weiss, 2001)

Arazi Formu Sınıfları	Kanyonlar, Derin Akarsular	Orta eğimli drenajlar, sığ vadi	U Şeklinde vadiler	Ovalar, düzlükler	Açık yamaçlar	Platolar	Lokal sırtlar/Vadilerdeki tepeler	Orta eğimli sırtlar/Ovalardaki küçük tepeler	Dağ zirveleri/yüksek sırtlar	Kullanıcı Doğruluğu
Kanyonlar, Derin Akarsular	8	1	1	0	0	0	0	0	0	0.80
Orta eğimli drenajlar, sığ vadi	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0.90
U Şeklinde vadiler	1	1	8	0	0	0	0	0	0	0.80
Ovalar, düzlükler	0	0	0	46	1	2	0	0	0	0.94
Açık yamaçlar	0	0	0	0	25		1	1	0	0.89
Platolar	0	0	0	1	1	8	0	0	0	0.80
Lokal sırtlar/Vadilerdeki tepeler	0	0	0	0	0	0	9	1	0	0.90
Orta eğimli sırtlar/Ovalardaki küçük tepeler	0	0	0	0	0	0	1	9		0.90
Dağ zirveleri/ yüksek sırtlar	0	0	0	0	0	0	0	1	9	0.90
Üretici Doğruluğu	0.80	0.82	0.89	0.98	0.93	0.80	0.82	0.75	1.00	0.89
Kappa İstatistiği										0.87

Hata matrisi sınıflamanın % 89 doğruluğunu ve genel kappa istatistik değerini 0.87 olarak hesaplamaktadır. Foody (2002)'ye göre % 85'in üzerinde doğruluk olan sınıflandırmaların kabul edilebilir degerde olduğunu ifade etmektedir.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Jeomorfolojik analizlere dayanan CBS ve uzaktan algılama teknikleri ile birlikte peyzaj analizi ve haritalama teknikleri doğal kaynakların yönetimi için faydalı araçlardır. Bu çalışmada yarı otomatik bir arazi formu sınıflarını üretmek için TPI indeksi kullanılmıştır. Weiss (2001) tarafından geliştirilen yöntem kullanılarak ekoloji, toprak, jeoloji, planlama gibi konularda çalışan araştırmacılar için önemli olabilecek ve çok çeşitli peyzaj morfolojik özellikleri sağlayacak yaklaşım Büyük Menderes Havzası Ulubey kanyonlarında TPI'nin topografik özellikleri tanımlamak için güçlü bir araç olduğu ortaya konulmuştur.

Sonuç olarak, kanyonların hem jeolojik ortamın hem de topografyanın jeomorfolojik gelişimine

katkıda bulunan faktörler olduğu görülmektedir. Alanın büyük bir bölümünü ova/düzlük alanlar oluştururken, nehir ağları etrafında çok sayıda kanyonlar meydana geldiği görülmektedir. Arazi formunun oluşturulması ile böylesi farklı arazi tiplerinin tespit edilmesi öne çıkmaktadır. Otomatik olarak arazi formu sınıflandırmasının morfoloji ile ilgilenen bilim dalları için güçlü bir coğrafi işlem tekniği olduğunu göstermektedir. Arazi formu sınıflarının jeolojik birimler ile ilişkilendirilmesi ise jeomorfolojik yapı ve jeolojik yapının oluşumu hakkında anlamlı bilgiler için kullanılabilir. Ayrıca bu verilere ek olarak SYM'lerden üretilmiş arazi rölyefi, eğrisellik, topografik açıklık, eğim, vadi derinliği, yüzey pürüzlülüğü gibi verilerle daha detaylı morfometrik analizler yapılabilir.

Kaynaklar

Blaszczynski, J. S. (1997). Landform characterization with geographic information systems. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.

- De Reu, J., Bourgeois, J., Bats, M., Zwertvaegher, A., Gelorini, V., De Smedt, P., vd. (2013). Application of the topographic position index to heterogeneous landscapes. *Geomorphology*. doi:10.1016/j.geomorph.2012.12.015
- Foody, G. M. (2002). Status of land cover classification accuracy assessment. *Remote Sensing and Environment*, 80 (2002) 185-201
- Grohmann, C. H., & Riccomini, C. (2009). Comparison of roving-window and search-window techniques for characterising landscape morphometry. *Computers and Geosciences*. doi:10.1016/j.cageo.2008.12.014
- Guisan, A., Weiss, S. B., & Weiss, A. D. (1999). GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution. *Plant Ecology*. doi:10.1023/A:1009841519580
- Han, H., Jang, K., Song, J., Seol, A., Chung, W., & Chung, J. (2011). The effects of site factors on herb species diversity in Kwangneung forest stands. *Forest Science and Technology*, 7(1), 1–7. doi:10.1080/21580103.2011.559942
- Ho, L. T. K., & Umitsu, M. (2011). Micro-landform classification and flood hazard assessment of the Thu Bon alluvial plain, central Vietnam via an integrated method utilizing remotely sensed data. *Applied Geography*. doi:10.1016/j.apgeog.2011.01.005
- Hoersch, B., Braun, G., & Schmidt, U. (2002). Relation between landform and vegetation in alpine regions of Wallis, Switzerland. A multiscale remote sensing and GIS approach. *Computers, Environment and Urban Systems*. doi:10.1016/S0198-9715(01)00039-4
- Iliá, I., Rozos, D., & Koumantakis, I. (2017). Landform classification using GIS techniques. The case of Kimi municipality area, Euboea Island, Greece. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 47(1), 264. doi:10.12681/bgsg.10940
- Iliá I, Rozos D, & Koumantakis I. (2013). LANDFORM CLASSIFICATION USING GIS TECHNIQUES. THE CASE OF KIMI MUNICIPALITY AREA, EUBOEA ISLAND, GREECE. *Bulletin of the Geological Society of Greece*. doi:10.12681/bgsg.10940
- Jenness, J. (2006). Topographic Position Index (tpi_jen.avx) extension for ArcView 3.x, v. 1.2. *Jenness Enterprises*.
- Jones, K. B., Heggem, D. T., Wade, T. G., Neale, A. C., Ebert, D. W., Nash, M. S., vd. (2000). Assessing landscape condition relative to water resources in the western united states: A strategic approach. *Çinde Environmental Monitoring and Assessment*. doi:10.1023/A:1006448400047
- Mac Millan, R. A., Martin, T. C., Earle, T. J., & Mc Nabb, D. H. (2003). Automated analysis and classification of landforms using high-resolution digital elevation data: Applications and issues. *Canadian Journal of Remote Sensing*. doi:10.5589/m03-031
- Martín-Duque, J. F., Pedraza, J., Sanz, M. A., Bodoque, J. M., Godfrey, A. E., Diez, A., & Carrasco, R. M. (2003). Landform Classification for Land Use Planning in Developed Areas: An Example in Segovia Province (Central Spain). *Environmental Management*. doi:10.1007/s00267-003-2848-2
- McNab, W. H. (2007). A topographic index to quantify the effect of mesoscale landform on site productivity. *Canadian Journal of Forest Research*. doi:10.1139/x93-140
- Mert, A., Şentürk, Ö., Güney, C. O., Akdemir, D., & Özkan, K. (2013). Mapping of Some Distal Variables Available for Mapping Habitat Suitabilities of The Species . A Case Study from Buldan District. *Çinde 3rd International Geography Symposium - GEOMED 2013* (ss. 489–497).
- Mokarram, M., Roshan, G., & Negahban, S. (2015). Landform classification using topography position index (case study: salt dome of Korsia-Darab plain, Iran). *Modeling Earth Systems and Environment*, 1(4), 1–7. doi:10.1007/s40808-015-0055-9
- Mokarram, M., & Sathyamoorthy, D. (2018). A review of landform classification methods. *Spatial Information Research*, 26(6), 647–660. doi:10.1007/s41324-018-0209-8

- Oruç, M. S., Mert, A., & Özdemir, İ. (2017). Modelling Habitat Suitability for Red Deer (*Cervus elaphus* L.) Using Environmental Variables in Çatacık Region, Eskişehir. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 1(2), 135–142.
- Özdemir, S., & Özkan, K. (2016). Ecological properties of Turkish Oregano (*Origanum onites* L.) and balsamic sage (*Salvia tomentosa* Miller) in the Ovacık Mountain district of the Mediterranean region. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(1), 264–277. doi:10.17099/jffiu.39407
- Rigol-Sanchez, J. P., Stuart, N., & Pulido-Bosch, A. (2015). ArcGeomorphometry: A toolbox for geomorphometric characterisation of DEMs in the ArcGIS environment. *Computers and Geosciences*. doi:10.1016/j.cageo.2015.09.020
- Seif, A. (2014). Using Topography Position Index for Landform Classification (Case study: Grain Mountain). *BEPLS Bull. Env. Pharmacol. Life Sci*, 311(311), 33–39. <http://www.beples.com/october2014beples/6.pdf>
- Skentos, A., & Ourania, A. (2017). Landform Analysis Using Terrain Attributes. A Gis Application on the Island of Ikaria (Aegean Sea, Greece). *Annals of Valahia University of Targoviste, Geographical Series*, 17(1), 90–97. doi:10.1515/avutgs-2017-0009
- Şentürk, Ö., Negis M.G. & Gülsoy, S. (2019). Alpha Species Diversity and Ecological Site Factor Relations in Brutian Pine Forests: A Case Study From Gölhisar District. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(2), 178-188.
- Tekin, S. & Çan, T. (2019). Slide Type Landslide Susceptibility Assessment of the Ermenek River Watershed (Karaman) Using Artificial Neural Network. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 3(1), 21-28.
- Tagil, S., & Jenness, J. (2008). GIS-based automated landform classification and topographic, landcover and geologic attributes of landforms around the Yazoren Polje, Turkey. *Journal of Applied Sciences*. doi:10.3923/jas.2008.910.921
- Verhagen, P., & Drăguţ, L. (2012). Object-based landform delineation and classification from DEMs for archaeological predictive mapping. *Journal of Archaeological Science*. doi:10.1016/j.jas.2011.11.001
- Weiss, A. (2001). Topographic position and landforms analysis (Poster presentation). İçinde *ESRI User Conference, San Diego, CA, July 9-13*.