

Frekans Oranı Metodu ile Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesi

Deniz ARCA^{1*}, Şenol Hakan KUTOĞLU²

¹Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Meslek Yüksekokulu, Harita-Kadastro Bölümü, 35000, İzmir.

²Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 67000, Zonguldak.

Özet

Ülkemizin en fazla yağış alan ve engebeli bölgelerinden biri olan Karadeniz Bölgesi'nde meydana gelen doğal afetlerin başında heyelanlar gelmektedir. Bu çalışmada, Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Kozlu bölgesi ve çevresinin heyelan duyarlılık haritasının üretilmesi amaçlanmıştır. Heyelan duyarlılık analizinde eğim, litoloji, yükseklik, bakı ve arazi kullanım yoğunluğu parametreleri kullanılmıştır. Literatürde yaygın olarak kullanılıyor olması, doğru sonuçlar sağlaması ve uygulamasının kolay olması nedeniyle çalışmada "frekans oranı yöntemi" kullanılmıştır. Üretilen duyarlılık haritası, "çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek derecede duyarlı" alanlar olmak üzere 5 grup altında sınıflandırılmıştır. Heyelan duyarlılık haritasının güvenilirliğini test etmek için heyelan envanter haritasında yer alan heyelan alanları duyarlılık haritası ile karşılaştırılmıştır. Üretilen heyelan duyarlılık haritasının kontrol heyelanları ile çok yüksek ve yüksek derecede duyarlı bölgeler bazında toplamda %96.11 uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Sözcükler

CBS, Heyelan, Frekans Oranı Yöntemi, Duyarlılık Haritası, Kozlu.

Abstract

Landslides are leading natural disasters occurring in the Black Sea Region which is one of the regions receiving a great deal of rain and which is the roughest one in our country. In this study, it was aimed to produce a landslide susceptibility map of around the city of Kozlu selected in the West Black Sea region. The slope, lithology, altitude, aspect and land use density parameters have been used in the landslide susceptibility analysis. Frequency ratio method has been used in the study since it is widely used in the literature, provides accurate results and is very easy to apply. The areas in the produced susceptibility map has been classified into five groups as "very low, low, moderate, high and very high susceptible". Landslide areas located in the landslide inventory map and the landslide susceptibility map have been compared to each other in order to test the reliability of the produced map. As a result, it was verified that the produced landslide susceptibility map is consistent with the control landslides in a ratio of 96.11% on the basis of the very high and the high susceptible areas.

Keywords

GIS, Landslide, Frequency Ratio Method, Susceptibility Map, Kozlu.

1. Giriş

Doğal afetler, insan yaşamını olumsuz etkileyen, büyük oranlarda can ve mal kayıplarına yol açan, yerel ve küresel anlamda büyük zararlar doğuran doğal olay ya da olaylar bütünüdür. Türkiye'de kütle hareketlerinin özellikle de heyelanların, ortaya çıkardığı kayıplar son derece önemlidir. Hemen her yıl ülkemizin pek çok yerinde görülen heyelanlar, çok sayıda can ve mal kayıplarına yol açar. Bu kayıpların başında ise telafisi mümkün olmayan insan kayıpları gelmektedir (Öztürk 2002).

Heyelanlardan kaynaklanan zararların azaltılması ve arazi kullanım planlamalarına yardımcı olması bakımından son yıllarda bölgesel anlamda heyelan duyarlılık çalışmaları oldukça yaygın olarak üretilmektedir (Gökçeoğlu ve Aksoy 1996, Karakaya 2003, Süzen ve Doyuran 2004, Ercanoğlu ve Gökçeoğlu 2004, Çörekcioğlu 2004, Çan vd. 2005, Yeşilnacar ve Topal 2005). Heyelan duyarlılık analizinin temel amacı, tehlikeli ve riskli alanları tespit ederek heyelanın etkilerini azaltmaktır. Doğal tehlike haritaları geçmişte meydana gelen heyelan, sel, deprem ve volkan patlaması gibi doğal olayların oluşumunun tanımlandığı ve gelecekte böyle doğal olayların oluşumlarının tahmin edildiği bilgileri içerir (Varnes 1984). Heyelan duyarlılık haritaları ise, genel anlamda herhangi bir bölge içerisindeki alanların göreceli olarak heyelana olan hassasiyetinin sınıflandırılmasıdır.

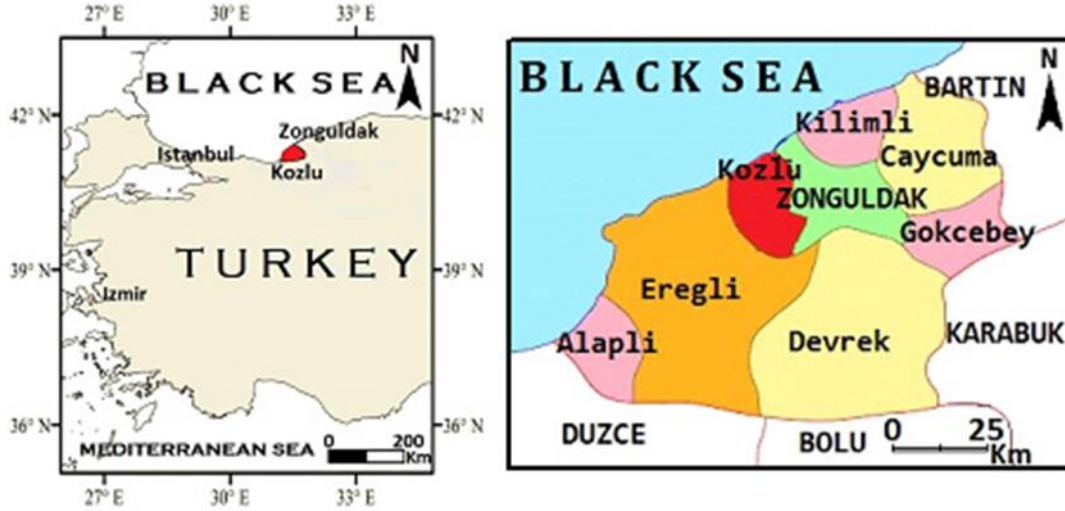
Coğrafi Bilgi Sistemlerindeki (CBS) gelişim ve kullanımındaki yayılım duyarlılık haritaların üretilmesini kolaylaştıran önemli bir etken olmuştur. Günümüzde heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasında CBS teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, literatürde gelişen teknolojilere paralel olarak çoğu araştırmacı heyelan duyarlılık haritası üretmede, olasılık yöntemi (sıklık oranı), analitik hiyerarşi süreci (AHP), iki değişkenli, çok değişkenli, lojistik regresyon, bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi değişik yöntemler kullanılmaktadır. Heyelan duyarlılık haritalarının üretiminde literatürde yaygın olarak kullanılan diğer bir metot ise olasılık modeline dayalı frekans oranı metodudur. (Pradhan vd. 2009, Yılmaz 2010, Yalçın vd. 2011, Şahin 2012).

Bu çalışmada, Frekans Oranı Metodu kullanılarak Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Kozlu bölgesinin heyelan duyarlılık haritası üretilmiştir. Uygulamada, eğim, litoloji, bakı, yükseklik ve arazi kullanım yoğunluğu dikkate alınmıştır.

* Sorumlu Yazar E-posta: deniz.arca@deu.edu.tr (Deniz Arca)

2. Çalışma Alanı

Kozlu İlçesi, Karadeniz Bölgesi'nde yer almakta olup, Zonguldak İli, Kozlu Belediyesi idari sınırları içindedir. Kozlu ilçe sınırları, 41-27 K. enlemleri ile 31-49 D. boylamları arasında yer almaktadır. İlçe sınırları içerisindeki alan 1063 hektar olup, ayrıca 1832 hektar büyüklüğünde mücavir alana sahiptir (Çizgi Şehir Planlama 2009). Kuzeydoğusunda Zonguldak ili, güneybatısında Ereğli, doğusunda Çaycuma, güneydoğusunda Beycuma ve Devrek ilçeleri yer almaktadır. İnceleme alanının kuzey-kuzeydoğu sınırını kıyı kenar çizgisi oluşturmaktadır. İnceleme alanının sınırlarının yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Çalışma Alanının Yer Bulduru Haritası (Arca et al 2017).

3. Heyelan Duyarlılık Haritasının Üretilmesinde Kullanılan Verilerin Temini ve Hazırlanması

Heyelan duyarlılık haritasının üretilmesinde en önemli noktalardan biri faktörlerin uygun şekilde seçilmesidir. Çalışma kapsamında heyelan duyarlılık haritasının oluşturulması için eğim, litoloji, yükseklik, bakı ve arazi kullanım yoğunluğu parametreleri belirlenmiştir. Analiz sonucunda oluşan heyelana duyarlı alanların doğruluğunun saptanması amacıyla mevcut heyelan envanteri haritasından faydalanılmıştır. Heyelan envanter haritaları, arazideki mevcut heyelan alanlarının alansal dağılım ve özelliklerinin gösterildiği haritalardır (Çevik ve Topal 2003, Yalçın 2007, Reis et al., 2009). Çalışmada MTA'dan elde edilen 1/25000 ölçekli Heyelan Envanter haritası kullanılmıştır (Şekil 2a).

Heyelanların oluşmasına sebep olan topoğrafik faktörlerden en önemlilerinden biri arazinin eğimidir. Eğimlerin fazla olduğu bölgelerde heyelan riski artmaktadır (Öztürk 2002). Bu çalışmada eğim verisinin elde edilmesi için çalışma alanına ait 10m çözünürlüklü sayısal yükseklik modelinden faydalanılmıştır. Üretilen eğim haritasının eğim derecesi 0 ile 83 derece aralığında elde edilmiştir. Oluşturulan eğim haritası risk alanlarının tespiti ve analizi için düz (0°-2°), hafif eğimli (2°-5°), eğimli (5°-10°), çok eğimli (10°-15°), kısmen dik (15°-30°), dik (30°-60°) ve çok dik (>60°) olmak üzere 7 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 2b).

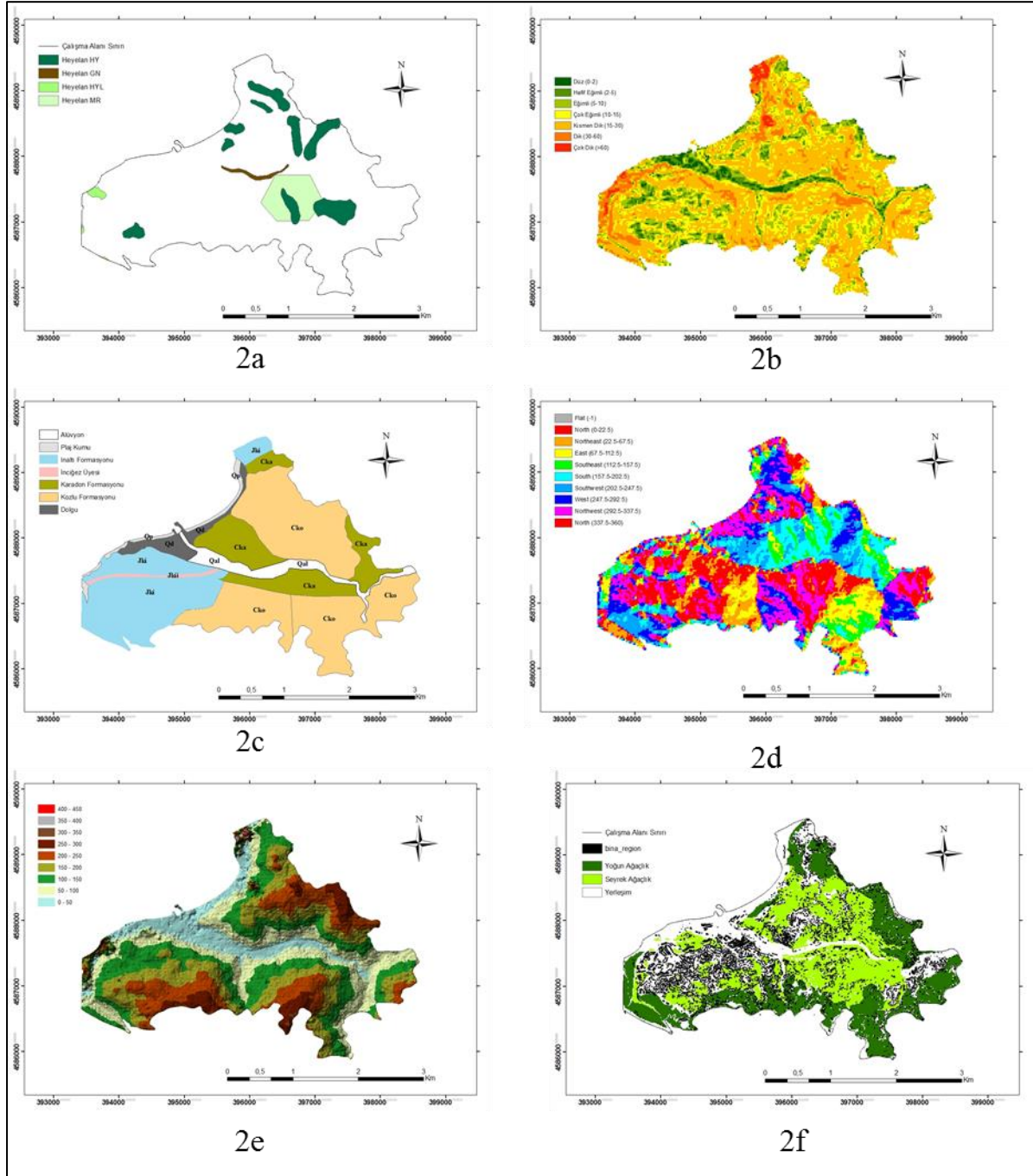
Heyelan duyarlılığın belirlenmesinde bölgenin zemin özelliklerini gösteren litolojik yapı ana faktörlerdendir (Ayalew et al. 2005, Wang et al. 2009, Dai and Lee 2002). Farklı litolojiye sahip birimlerde su iletim özelliklerinin ve birimlerin kayma gerilimlerinin farklı olması, bu birimlerin kaymaya karşı duyarlılığının da farklı olmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında; Kozlu Formasyonu (Cko), Karadon Formasyonu (Cka) İnathı Formasyonu (Jki), Alüvyon (Qal), Plaj kumu (Qp), İncigez Üyesi (Jkü) ve TTK tarafından oluşturulan dolgular (Qd) yer almaktadır. İnceleme alanının %45'ini Kozlu formasyonu, %25'ini İnathı, %17'sini Karadon, %6'sını Alüvyon, %4'ünü Dolgu, %2'sini Plaj Kumu ve %1'ini İncigez üyesi oluşturmaktadır (Şekil 2c).

Bakı yönü, topraktaki nem tutma oranı ve arazi örtüsü gelişimi gibi etkilere neden olduğu için toprak dayanımı ve heyelan duyarlılığı üzerinde etki oluşturur (Dai and Lee 2001). Bu nedenle çalışmada -1 ve 360 derece aralığında 10 sınıfa kapsayacak şekilde bakı haritası oluşturulmuştur (Şekil 2d). Oluşturulan haritada -1o kısım düzlük bölgeleri (deniz, göl, vs), 0 o -360 o aralığı ise 22,5 o'lık aralıklarda 9 coğrafi yönü (Kuzey, Kuzey Doğu, Doğu vb) kapsamaktadır.

Yükseklik faktörü, heyelana duyarlı alanların belirlenmesinde etkisi tam olarak belirlenmemiş ve araştırmaya açık konulardan biri olmasına rağmen bazı bilimsel çalışmalarda yüksekliğin heyelana neden olan bir faktör olduğu ifade edilmektedir (Dai and Lee 2002). Ek olarak yükseklik biyolojik etmenlere ve doğal-yapay unsurlara etki ettiğinden, yükseklik faktörü şev durağanlığına ve şev kırılmalarına yol açabilmektedir (Vivas 1992). Çalışmada bölgenin sayısal yükseklik modelinden 0-450m aralığında 9 eşit zona bölünerek yükseklik haritası oluşturulmuştur (Şekil 2e).

Heyelan duyarlılık analizinde topoğrafik, jeolojik ve diğer tematik etmenlerin yanı sıra, arazi kullanım yoğunluğu ve önemi tartışılması gereken bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Arazi kullanım yoğunluğu insan ve doğal etkenlerden kolayca etkilenen ve değişime uğrayan bir özelliğe sahiptir. Önemli değişim süreçlerine sahip toprak hidrolojisini içinde barındıran arazi yoğunluğu heyelan duyarlılığının analizinde dikkate alınması gereken bir faktördür (Yalcin et al.2011).

Bölgeye ait genel arazi kullanım yoğunluğunu gösteren tematik harita Google Earth görüntüsünden (GeoEye görüntüleri) elde edilmiştir (Şekil 2f).



Şekil 2. Çalışmada Kullanılan Veri Katmanları ((a)Heyelan Envanter,(b)Eğim,(c)Litoloji,(d)Bakı,(e)Yükseklik,(f)Arazi kullanım yoğunluğu.

3. Yöntem

Genelde, heyelanların oluşumunu tahmin etmek için şu yaklaşıma gereksinim duyulmaktadır: Geçmişte, heyelana neden olduğu düşünülen faktörlerden dolayı meydana gelmiş bir heyelan, gelecekte aynı faktörlerden dolayı yeni heyelanların meydana gelmesi konusunda ışık tutacaktır (Chung and Fabbri 1999). Bu yaklaşıma bağlı olarak, heyelanın meydana geldiği alanlar ile bu alanlardaki heyelan neden olan faktörler arasındaki ilişki, geçmişte heyelan olmamış alanlar ile heyelan neden olan faktörler arasındaki ilişkilerden ayırt edilebilir (Lee et al. 2004).

Heyelan duyarlılık çalışmalarında, “gelecekteki heyelanlar, geçmişte meydana gelen heyelanlar ile ilişkili aynı faktörler nedeniyle oluşacaktır” varsayımı yaygın kabul görmektedir (Lee et al. 2004, Yılmaz 2009, Jadda et al. 2009). Bu nedenle, geçmiş heyelan konumları ile heyelanı etkileyen her bir faktör arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için frekans oranı yöntemi kullanılmaktadır (Lee and Min 2001, Lee et al. 2004, Erener vd. 2010).

* Sorumlu Yazar E-posta: deniz.arca@deu.edu.tr (Deniz Arca)

Frekans oranı, bir olayın gerçekleşme olasılığının gerçekleşmeme olasılığına oranı şeklinde tanımlanmaktadır (Erener vd. 2010). Frekans oranları metodu, geçmiş heyelan konumları ile dikkate alınan heyelanı etkileyen herbir faktörün korelasyonunu araştırmak için kullanılmıştır. Bu nedenle her bir heyelanı etkileyen faktör kategorilere ayrılmış ve her bir faktörün her bir kategorisindeki frekans oranı değeri CBS fonksiyonları kullanılarak hesaplanmıştır. Frekans oranı hesabı için 1 numaralı formül kullanılmıştır.

$$FR = \frac{PLO}{PIF} \quad (1)$$

Burada PLO, heyelanı etkileyen bir faktörün her bir alt kategorisi içinde heyelan varlığının yüzdesi, PIF ise heyelanı etkileyen bir faktörün her bir kategorisinin yüzdesidir. Hesaplanan frekans oranı değerleri 1'den büyük olursa, heyelan ve heyelana neden olan parametre arasındaki ilişki o kadar yüksek, tersine, 1'den ne kadar küçük olursa bu ilişki o kadar düşük olacaktır.

Bu yaklaşımdan hareketle, frekans oranı değerlerini hesaplamak için mevcut heyelan verileri ve ilgili parametre ilişkileri kullanılarak bir olasılık çizelgesi hazırlanmıştır (Tablo 1).

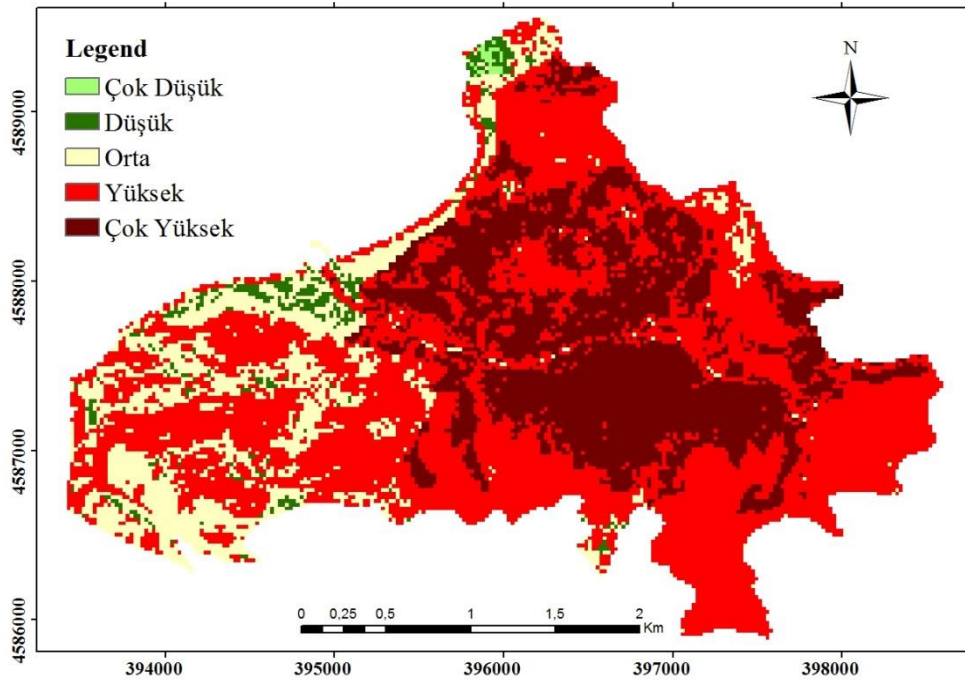
Tablo 1: Heyelanı etkileyen faktörlerin frekans oranları.

PARAMETRE	DEĞER	NORMAL ALAN		HEYELANLI ALAN		(b/a)
		PİKSEL SAYISI	ORAN% ^(a)	PİKSEL SAYISI	ORAN% ^(b)	
Eğim	Düz	447	2,35	40	1,55	0,66
	Hafif Eğimli	1273	6,68	176	6,80	1,02
	Eğimli	2839	14,91	306	11,83	0,79
	Çok Eğimli	3930	20,63	526	20,33	0,99
	Kısmen Dik	8744	45,91	1306	50,48	1,02
	Dik	1599	8,40	217	8,39	1,00
	Çok Dik	215	1,13	16	0,62	0,55
Litoloji	Alüvyon	1057	5,55	269	10,40	1,87
	Kozlu	8650	45,41	1038	40,10	0,88
	Dolgu	760	3,99	14	0,54	0,13
	İnaltı	4821	25,31	173	6,70	0,26
	İncigez	201	1,06	11	0,44	0,42
	Karadon	3227	16,94	1059	40,92	2,41
	Plaj Kumu	331	1,74	23	0,89	0,51
Yükseklik	0-50	2331	12,24	290	11,21	0,92
	50-100	4140	21,75	584	22,56	1,04
	100-150	4599	24,13	600	23,18	0,96
	150-200	4043	21,22	643	24,84	1,17
	200-250	2891	15,18	359	13,87	0,91
	250-300	964	5,06	113	4,37	0,86
	300-350	48	0,25	0	0	0
	350-400	25	0,13	0	0	0
	400-450	6	0,03	0	0	0
Arazi Kullanım Yoğunluğu	Yoğun	5320	27,92	353	13,65	0,49
	Ağaçlık					
	Seyrek	6403	33,62	1776	68,62	2,04

	Ağaçlık					
	Örtüsüz	7324	38,45	459	17,73	0,46
Bakı	Düz	6	0,03	0	0	0
	K	3871	20,32	735	28,40	1,40
	KD	2173	11,40	226	8,81	0,77
	D	1819	9,56	182	6,96	0,73
	GD	1525	8,01	198	7,65	0,96
	G	2140	11,24	317	12,25	1,09
	GB	2002	10,51	166	6,41	0,61
	B	2324	12,20	257	9,93	0,81
	KB	3187	16,73	507	19,59	1,17

4. Sonuçlar

Frekans oranı ile elde edilen heyelan duyarlılık haritası kullanıcı tabanlı sınıflandırma metodu kullanılarak çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere 5 farklı duyarlılık sınıfına bölünmüştür (Şekil 3). Ayrılan sınıfların tercih edilen piksel yüzdeleri; çok düşük %0.17, düşük %2.20, orta %14.90, yüksek %54.27 ve çok yüksek %28.46 şeklindedir.



Şekil 3. Frekans oranı yöntemi ile üretilen heyelan duyarlılık haritası.

Oluşturulan heyelan duyarlılık haritasının doğruluğunu belirlemek için üretilen heyelan duyarlılık haritası çalışma alanına ait heyelan envanter haritası ile karşılaştırılmıştır ve mevcut heyelanlı alanların duyarlılık sınıflarına göre dağılımları belirlenmiştir. Buna göre, çok yüksek duyarlılık %67.16, yüksek %28.95, orta duyarlılık %3.81, düşük duyarlılık %0.08 ve çok düşük heyelan duyarlılığı %0.00 oranında belirlenmiştir. Sonuç olarak, mevcut heyelan değerlerinin %96.11'i üretilen heyelan duyarlılık haritasının yüksek ve çok yüksek duyarlılık alanında gerçekleştiği tespit edilmiştir.

Gerçekleştirilen çalışma ile CBS tabanlı frekans oranı yönteminin duyarlılık haritalarının üretilmesinde oldukça güçlü bir yöntem olduğu söylenebilmektedir.

Kaynaklar

Arca D., Keskin Çıtıröğlu H., Kutoğlu Ş.H., Mekik Ç., Deguchi T., (2017), *Assessment of geo-environmental properties depressing urban development with gis: a case study of kozlu settlement, turkey*, Natural Hazards, DOI: 10.1007/s11069-017-2765-y [Basımda]

- Ayalew L., Yamagishi H., Marui H., Kanno T., (2005), *Landslides in sado island of Japan part II. GIS-based susceptibility mapping with comparisons of results from two methods and verifications*, *Engineering Geology*, 81, 432–445.
- Chung C.F and Fabbri A.G., (1999), *Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping*, *Photogrammetric Eng. And Remote Sen.*, 65 (12), 1388-1399.
- Çan T., Nefeslioğlu H. A., Gökçeoğlu C., Sönmez H., Duman T .Y., (2005), *Susceptibility assessments of shallow earthflows triggered by heavy rainfall at three catchments by logistic regression analyses. geomorphology* [Baskıda].
- Çizgi Şehir Planlam San. ve Tic Ltd. Şti. (2009), *Zonguldak-Kozlu Beldesi Ekonomik sosyal – fiziki mekan çözümleme raporu*, Zonguldak, 84 s.
- Çevik E. ve Topal T., (2003), *GIS-Based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey)*, *Environmental Geology*, 44, 949-962.
- Çörekçioğlu Ş., (2004), *Coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yazı havzasının (orta-çankırı) heyelan duyarlılık değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniv. Jeo. Müh. Bölümü, 66 s. [Yayınlanmamış].
- Dai F.C., Lee C.F., Li J., Xu Z.W., (2001), *Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong*, *Environmental Geology*, Volume 40, Number 3, 381-391.
- Dai F.C., Lee C.F., (2002), *Landslide characteristics and slope instability modeling using gis*, *Lantau Island, Hong Kong. Geomorphology*, 42, 213-228.
- Ercanoğlu M., Gökçeoğlu C., (2004), *Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey)*, *Engineering Geology*, 75, 229–250.
- Erener A., Şebnem H., Düzgün B., (2010), *Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of more and romsdal (norway)*, *Landslides*, Volume 7, 55-68.
- Gökçeoğlu C., Aksoy H., (1996), *Landslide susceptibility mapping of the slopes in the residual soils of the Mengen region (turkey) by deterministic stability analyses and image processing*, *Techniques. Eng. Geol.*, 44, 147-161.
- Karakaya F., (2003), *Yalova-Orhangazi arasındaki bölgenin heyelan duyarlılık değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Müh. Anabilim Dalı, Adana, 83s. [Yayınlanmamış].
- Lee S., Choi J., Min K., (2004), *Landslide hazard mapping using gis and remote sensing data at Boun, Korea*, *Int J Remote Sensing* 25, 2037-2052.
- Lee S., Min K., (2001), *Statistical analyses of landslide susceptibility at Yongin Korea*, *Environmental Geology*, Volume 40, Number 9, 1095-1113.
- Öztürk K., (2002), *Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri*, Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi Cilt 22, Sayı 2 s:35-50
- Pradhan B., Lee S., Buchroithner M. F., (2009), *Use of geospatial data and fuzzy algebraic operators to landslide-hazard mapping*, *Appl Geomat*, 1, 3-15.
- Reis S., Yalçın A., Atasoy M., Nişancı R., Bayrak T., Sancar C., Ekercin S., (2009), *CBS ve uzaktan algılama teknikleri ile heyelan duyarlılık haritalarının üretimi: rize ili örneği*, Türkiye Ulusal Fotogrametri Ve Uzaktan Algılama Birliği V. Teknik Sempozyumu, Ankara, 2009.
- Süzen M.L., Doyuran V., (2004), *Data driven bivariate landslide susceptibility assessment using geographical information systems: a method and application to asarsuyu catchment, turkey*, *Engineering Geology*, 71, Issues 3-4, 303-321.
- Şahin E.K., (2012), *CBS tabanlı çok kriterli karar analizi yöntemi kullanılarak heyelan duyarlılık haritasının üretilmesi: trabzon ili örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, Gebze, 132s.
- Varnes D.J., (1984), *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*, In *Natural Hazards*, Vol. 3, UNESCO, 63 pp, Paris.
- Vivas L., (1992), *los andes venezolanos. academia nacional de la historia*, Caracas.
- Wang W.D., Xie C.M., Du X. G., (2009), *Landslides susceptibility mapping based on geographical information system, guizhou, south-west china*, *Environmental Geology*, 58, 33-43.
- Yalçın A., (2007), *Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde analitik hiyerarşi yönteminin ve CBS'nin kullanımı*, Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 3, 1-14.
- Yalçın A., Reis S., Aydınoglu A. C., Yomralioglu T., (2011), *A gis-based comparative study of frequency ratio, analytical hierarchy process. bivariate statistics and logistics regression methods for landslide susceptibility mapping in Trabzon, Ne Turkey*, *Catena* 85, 274–287.
- Yeşilnacar E., Topal T., (2005), *Landslide susceptibility mapping a comparison of logistic regression and neural networks methods in a medium scale study, hendek region (turkey)*, *Engineering Geology*, 79(3), 251-266.
- Yılmaz H., (2010), *Kürk çayı havzasının uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya Anabilim Dalı, Elazığ, 90s.