

**Makale
(Article)**

Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Heyelan Duyarlılık Analizi: Ganos Dağı Örneği (Tekirdağ)

Emre ÖZŞAHİN*

* Namık Kemal Üniversitesi Fen-Edebiyat Fak. Coğ. Böl., 59030 Tekirdağ/TÜRKİYE
eozsahin@nku.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Türkiye'nin Trakya Yarımadası'nda heyelan olaylarının çok sık bir şekilde görüldüğü sahalardan biri olan Ganos (Işıklar) Dağı'nın heyelan duyarlılık analizinin yapılması amaçlanmıştır. CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) tekniklerine dayalı olarak gerçekleştirilmiş bu çalışmada, iki değişkenli istatistiksel yöntem altyapısı esasına dayandırılmış AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) metodundan yararlanılmıştır. Çalışma amacı doğrultusunda farklı kaynaklardan elde edilen çeşitli türde materyaller kullanılmıştır. Sonuçta, Ganos Dağı'nda heyelan oluşma potansiyelinin orta (% 21.49) olduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte dağ alanının % 40.84'ü düşük ve çok düşük, % 37.67'si ise yüksek ve çok yüksek heyelan duyarlılığına sahip olduğu saptanmıştır. Bu çalışma heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında CBS tekniklerinin AHS yöntemiyle daha etkili sonuçlar verdiğini tasdik etmiştir. Çalışma yönteminin heyelana maruz kalabilecek sahalara belirlenmesine yardımcı olan bütünlük bir yaklaşım olduğu teyit edilmiştir. Ayrıca ilgili yöntemin benzer alanlarda kullanılması heyelanların etkilerinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Böylece başta heyelan olmak üzere çeşitli türden kütle hareketlerinin meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu sahalara daha doğru bir şekilde tespit edilerek, çeşitli önlemler alınabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci), Tekirdağ.

Landslide Susceptibility Analysis by Geographical Information Systems: The Case of Ganos Mount (Tekirdağ)

Abstract

This study aims to make the landslide susceptibility analysis of the Ganos (Işıklar) Mount, which is one of the areas where landslide events take place very frequently in the Thracian Peninsula of Turkey. GIS (Geographic Information Systems) techniques were used in this study. AHP (Analytic Hierarchy Process) based on bivariate statistical method was employed in the study with the materials and data that are obtained from various resources. The research findings indicate that the Ganos Mount has moderate landslide potential (21.49%), but 40.84% of the mountainous area has low or very low landslide potential while 37.67% of the mountainous area has high or very high landslide potential. The present study has confirmed that GIS techniques yield more effective results when they are used together with AHP in preparing landslide susceptibility maps. It was also verified that the method employed in the present study is an integrated approach helping to determine the areas that are likely to experience landslide. The use of this method in similar areas may help to understand the effects of landslides. In this way, the areas where different kinds of mass movement and landslide being in the first place are likely to occur may be determined more precisely, and various measures may be taken accordingly.

Keywords: Landslide, GIS (Geographic Information Systems), AHP (Analytic Hierarchy Process), Tekirdağ.

Bu makaleye atıf yapmak için

Özşahin E., "Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Heyelan Duyarlılık Analizi: Ganos Dağı Örneği (Tekirdağ)" *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2015, 7(1) 47-63, doi: 10.15659/hartek.15.04.68

How to cite this article

Özşahin E., "Landslide Susceptibility Analysis by Geographical Information Systems: The Case of Ganos Mount (Tekirdağ)" *Electronic Journal of Map Technologies*, 2015, 7(1) 47-63, doi: 10.15659/hartek.15.04.68

1. GİRİŞ

Dünyada heyelan olaylarının en sık vuku bulduğu mekânlardan birisi Türkiye'dir. Zira Türkiye'nin fiziki coğrafya şartları hemen hemen her yıl ciddi sonuçlar doğuran heyelan olayları yaşanmasına neden olmaktadır [1, 2, 3]. Türkiye'de heyelan olayların en sık yaşandığı yerlerden birisi de Tekirdağ'dır. Nitekim Türkiye Ulusal Afet Arşivi (TUAA) verilerine (1970-2012) göre Tekirdağ ili heyelanların neden olduğu can kaybı sayısı bakımından Türkiye'de 8. sırada yer almaktadır [4]. İlde heyelan olaylarının yoğun bir şekilde görüldüğü alanlardan birisi de Ganos (Işıklar) Dağı'dır [5]. Aynı zamanda bu saha, Trakya Yarımadasında heyelan olaylarının çok sık bir şekilde görüldüğü yerlerden birisidir. Gerçekten de 1/500.000 ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritasındaki (İstanbul Paftası) yaşanmış heyelanların konumları da ilgili durumu net bir şekilde gözler önüne sermektedir [1].

Son yıllarda dağlık alanlarda meydana gelen heyelanların tahminine yönelik gerçekleştirilen çalışmalar artmıştır [6]. Çünkü bu tür çalışmalar doğal ortamın planlanmasında ve doğal kaynakların korunmasında önemli bir adımı teşkil etmektedir [7]. Bu kapsamda yapılan öncelikli çalışmalarından birisi duyarlılık haritasının oluşturulmasıdır [8, 9]. Nitekim bu haritalar, geçmişte meydana gelen heyelanların tanımlandığı ve gelecekte böyle olayların yaşanabileceği gösteren bilgiler içerir [10, 11]. Aynı zamanda heyelan duyarlılık haritaları yardımıyla heyelan riski taşıyan alanların belirlenebilmesinin afet planlamaları için kritik bir süreç olduğu da bilinmektedir [12].

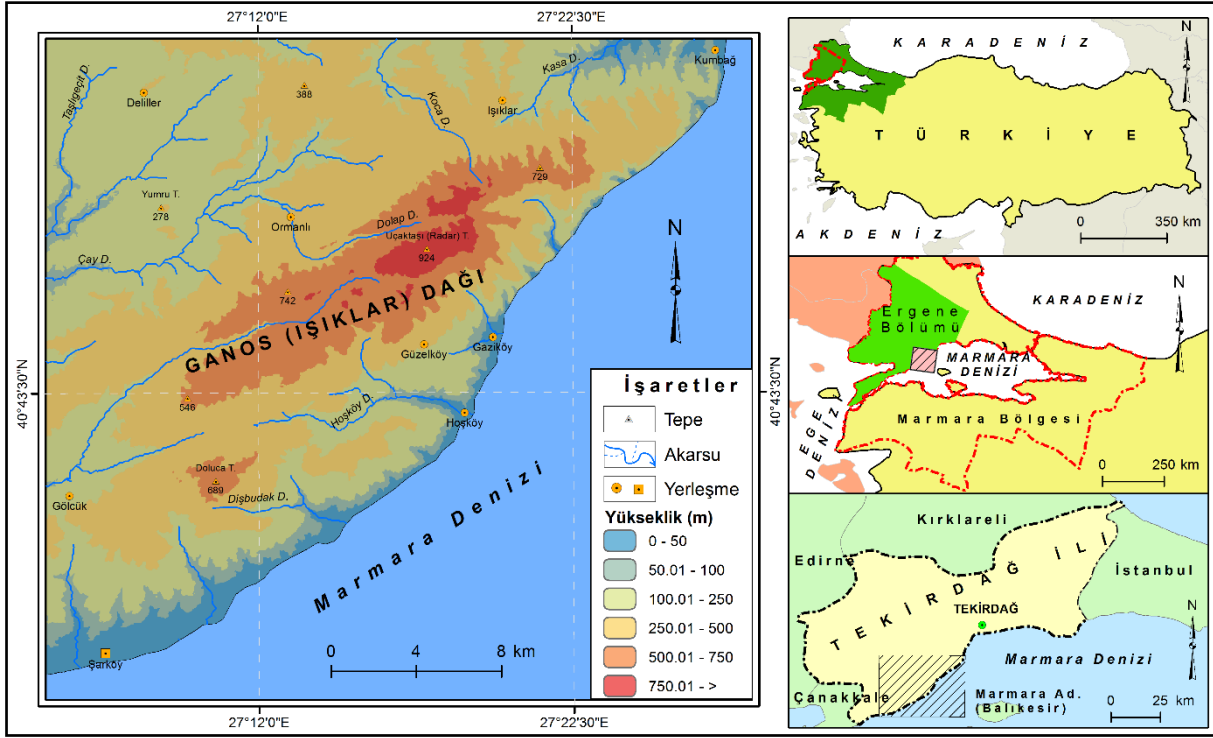
Günümüzde heyelan duyarlılık haritalarının oluşturulmasında CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Zira bu teknikler sayesinde edilen verinin çeşitlendirilmesi, detaylandırılması ve hassasiyetinin artırılması daha sistemli ve pratik bir şekilde yapılabilmektedir. Son yıllarda heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan CBS teknikleri AHS (Analitik Hiyerarşi Süreci) yöntemini içeren modeller üzerinden daha yaygın bir şekilde çalıştırılmaktadır [13].

Dünya'dan ziyade Türkiye ölçeğinde CBS tekniklerine dayalı AHS yöntemiyle yapılan heyelan duyarlılık haritaları yerleşim alanlarına etkileri bakımından genellikle bölge, yöre, il ve havza kapsamlı hazırlanmıştır [12]. Zira heyelan duyarlılık haritalarının Türkiye'deki yerleşmelerin yer seçiminde önemli olduğu zikredilmiştir [2]. Buna karşılık heyelan duyarlılığın genellikle yüksek seviyede olduğu dağlık alanlar üzerine yapılan çalışmalar ise oldukça yetersizdir. Aksine bu tür alanlardaki doğal ekosistemlerin korunması ve kırsal yapının zarar görmemesi için bu türden çalışmalara olan ihtiyaç, günümüze yakın dönemde zaruret şekline dönüşmüştür. Çünkü benzer kapsamlı çalışmaların artması çevresel etkilerin minimize edilmesinde ve gelecekteki durumlarının ortaya konmasında son derece önemlidir. Ayrıca geleceğe yönelik yapılacak planlamalara destek olması bakımından da mühim bir durumdur.

Bu çalışmada, Ganos Dağı'nın heyelan duyarlılık analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç ve ilgili açıklamalar göz önünde bulundurularak yapılan çalışmada, CBS tekniklerine dayalı AHS yönteminden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında; "*Ganos Dağı'nda heyelan duyarlılığı nasıldır? Buradaki heyelan duyarlılığını etkileyen kriterler nelerdir? Sahada heyelan duyarlılığının dağılışı ne şekildedir? Bu dağılışı etkileyen faktörler nelerdir?*" şeklindeki araştırma soruları cevaplandırılmıştır.

2. İNCELEME ALANININ KONUMU VE GENEL ÖZELLİKLERİ

İnceleme alanı, Türkiye'nin kuzeybatı kesiminde Marmara Bölgesi'nin Ergene Bölümü'nde yer almakta olan Ganos Dağı'dır (Şekil 1). KD-GB uzanımlı bir dağ olan Ganos Dağı, batıdan Kuru Dağı'yla sınırı oluşturan Gökbüet depresyonu ve güneyden Gölcük depresyonu gibi graben alanları ile kuzeyden de Ergene Nehri'nin bir kolu olan Hayrabolu Deresi ve Marmara Denizi'ne dökülen Ova Dere havzalarıyla sınırlandırılmıştır (Şekil 1). Ganos Dağı, Istranca (Yıldız) Dağları'ndan sonra Trakya'nın en yüksek dağlık sahasıdır. Deniz seviyesinden itibaren bir duvar gibi aniden yükselen bu dağlık kütle, yaklaşık 5 km'lik bir mesafe dâhilinde 924 m yüksekliğe erişir. Bu duruma göre dağ alanındaki yükselti farkı 924 m'dir (Şekil 1).



Şekil 1. Ganos Dağı'nın lokasyon haritası

Trakya Havzası'nın güneyinde yer alan Ganos Dağı ve çevresinde MTA tarafından yayınlanmış [14] 1/100.000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasının BANDIRMA-D4 paftasına göre çeşitli yaş ve türde jeolojik formasyonlar yayılış göstermektedir. Bunlardan en yaşlısı Üst Kretase'ye ait ofiyolitik melanj (Yeniköy karmaşığı); en genci ise Kuvaterner alüvyonlarıdır. Bunun dışında inceleme alanında yer alan diğer istifler ise yaşlıdan gence doğru şöyledir; Gaziköy Formasyonu (Orta-Üst Eosen), Korudağ Formasyonu (Üst Eosen), Soğucak Formasyonu (Üst Eosen), Keşan Formasyonu (Üst Eosen), Yenimuhacir Formasyonu (Üst Eosen), Gazhanedere Üyesi (Orta Miyosen), Anafarta Üyesi (Üst Miyosen), Çamrakdere Üyesi (Üst Miyosen), Bayraktepe Üyesi (Üst Miyosen) ve Karatepe Formasyonu (Orta-Üst Miyosen)'dur [14].

İnceleme alanı tektonik olarak, Kuzey Anadolu Fay Zonunun batı uzantısında bulunan Ganos Fayı'nın etki alanında yer almaktadır [15]. Bu saha gerek kuzeyden gerekse güneyden faylı bir yapıda olup, akarsular tarafından işlendiği için son derece parçalı bir görünüme sahiptir [16]. Söz konusu durumun ortaya çıkmasında özellikle K-G istikametli, boyları kısa ancak aşındırma güçleri fazla olan akarsular etkili olmuştur [17]. Ganos Dağı'nın yamaçları çok parçalı olduğu halde üzeri sarp değildir. Kütlelerin üzerinden bakıldığında emles bir topoğrafyanın hâkim olduğu plato sahası karakteri bariz bir şekilde seçilir. Bu dağ kütlelerinin üzerindeki topoğrafya şartları birbirinden eğim kırıklarıyla ayrılan üç farklı kademe gösterir [16]. İlgili kademeler, etkilendikleri taban seviyelerindeki tektonik hareketler nedeniyle farklı boyutlarda gerçekleşmiş değişikliklerin lokal kapsamlı olmasından dolayı ortaya çıkmıştır [18]. Bu nedenle çalışma alanında jeomorfolojik olarak çeşitli yükselti seviyelerinde gelişim göstermiş aşınım yüzeyleri ile taraça sistemleri bulunur [19].

Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne bağlı Tekirdağ Meteoroloji İstasyonu tarafından yapılan 1975-2010 yılları arasını kapsayan ölçüm sonuçlarına göre çalışma alanında deniz seviyesinde yıllık ortalama sıcaklık 13.7 °C, yıllık toplam yağış ise 582.9 mm'dir. Ancak Ganos Dağı'nın üzerine çıkıldıkça yükselti nedeniyle sıcaklık ve yağış koşulları değişir. Bu nedenle kütlelerin üzerinde yıllık ortalama sıcaklık 10 °C'nin altında, yıllık toplam yağış ise 1000 mm'nin üzerindedir [17]. Genel olarak saha "Yarınemli Marmara İklimi" etkisi altındadır [20].

Bu bölgede yapılan toprak çalışmalarından elde edilen bilgiler ışığında inceleme alanındaki toprak nem rejimi xeric, sıcaklık rejimi ise thermic'tir [21]. Bu nem ve sıcaklık rejimi altında çalışma alanında Alfisol, Entisol, Inceptisol, Mollisol ve Andisol türünde çeşitli toprak ordoları gelişim göstermiştir.

İnceleme alanı doğal bitki örtüsü bakımından Avrupa-Sibirya (Öksin) ve Akdeniz Bölgesi sınırları içerisinde kalmaktadır [22, 23]. Sahada doğal faktörlerde yaşanan değişimlere bağlı olarak bitki örtüsü de farklılık sunar [24]. Zira bu farklılıktan dolayı Türkiye Ekolojik Bölgeleri ayırımına göre Ganos Dağı; Ergene Kuru Orman-Antropojen Bozkır, Yarınemli Orman (Karaçam, Meşe) ve Ege Alt (Kızılçam) bölümleri sınırları içerisinde yer almaktadır [25, 26]. Çalışma alanı vejetasyon formasyonları bakımından nemli ve kuru ormanlar ile maki olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır [17]. Nemli ormanlar kuzey yüzde 300-400 m'ye kadar olan sahada, güney yüzde ise kaynağını bu dağın zirvesine yakın alanlarından alan akarsu havzalarında yayılım gösterir [27]. Bu sınırın altında ise kuru ormanlar hâkimdir. Bununla birlikte dağın güney yüzünde 350 m'ye kadar makilerin egemen olduğu alanlarda bulunmaktadır [17]. Zira Ganos Dağı'nın parçalı olmayan topoğrafyası, maki elemanlarının içrele sokulmasına engel oluşturmuştur [28].

Ganos Dağı'nın bulunduğu sahada hemen hemen her yıl doğal ortam özelliklerinin bir sonucu olarak heyelan olayları meydana gelmektedir. Gerçekten de hem Erginal ve Bayrakdar [29] hem de Özşahin [5] bölgede heyelan oluşma potansiyelinin yüksek olduğu bildirilmişlerdir. Sahada yaşanan heyelan olayları bazen doğal afet karakteri kazanarak maddi kayıplara da sebebiyet vermektedir. Bu bağlamda özellikle yol ve tarım arazileri zarar görmektedir (Şekil 2). Nitekim bu çalışmanın yapılmasındaki amaçlardan biriside sahadaki potansiyel heyelan alanlarını tespit ederek, gerekli önlemleri almak ve yaşanabilecek maddi kayıpların da önüne geçilmesine yardımcı olmaktır.



Şekil 2. İnceleme alanında tarım arazisi ve karayolu yakınında meydana gelmiş heyelanlardan bir görünüm

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Heyelana neden olan faktörlerin daha doğru bir şekilde tespit edilip, değerlendirilebilmesi için heyelan envanter haritalarına ihtiyaç vardır. Böylece güncel veya daha önce meydana gelmiş heyelanların özellikleri belirlenerek, heyelan oluşumunda etkin olabilecek parametrelerin bir arada değerlendirilmesiyle daha sonraki zamanlarda heyelan olayının gelişebileceği potansiyel alanlar tespit edilebilmektedir. Buna mukabil, heyelan oluşumuna neden olabileceği düşünülen parametrelere ait haritalar oluşturularak, bu parametrelerin etkileri, hesaplanan ağırlık değerleriyle belirlenmekte ve bu

değerlerin kullanılmasıyla gerçekleştirilen işlemler sonucunda heyelan duyarlılık haritaları oluşturulmaktadır [30, 31, 32].

Bu çalışmada değerlendirilen faktörler, hem heyelan envanter haritalarından [1] belirlenen fosil heyelan sahaları, hem de arazi çalışmaları ile toplanan yersel veriler ışığında saptanmıştır. Ayrıca ilgili faktörlerin literatürde en sık kullanılan parametreler olmasına da dikkat edilmiştir. Nitekim bu amaçla Çellek [12] tarafından heyelan duyarlılığını konu alan 293 çalışmanın analizi sonucunda tespit edilmiş temel parametreler kullanılmıştır. Bu parametreler litoloji, fay hatlarına mesafe, yükseklik, eğim şekli, eğim, bakı, yağış, akarsulara mesafe, toprak, arazi kullanımı ve arazi örtüsü (AKAÖ) ile yollara mesafedir. Tespit edilen faktörlere ait haritaların oluşturulmasında çeşitli kaynaklardan elde edilen farklı veri tiplerinden yararlanılmıştır (Çizelge 1). Bu kadar değişken ve farklı ölçeklerde elde edilmiş veriler, 1/25.000 ölçekli topoğrafya haritası temel alınarak aynı ölçeğe sabitlenmiş ve kullanılabilir hale getirilmiştir. Böylece ölçek bütünlüğü de sağlanmaya çalışılmıştır. Çalışmadaki faktör haritalarının üretilmesinde ve görüntü analizlerinde birçok çalışmada olduğu gibi [33, 34, 35, 36, 37] CBS yazılımlarından ArcGIS/ArcMap 10.3 paket programından faydalanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan veriler, türleri ve tedarik edildiği kaynaklar

Veri türü	Veri kaynağı	Üretilen veri
Topoğrafya haritaları (Ölçek: 1/25.000)	Harita Genel Komutanlığı	Temel harita verileri (tepe, yerleşme vs.) Akarsulara mesafe Yollara mesafe
GDEM (Sayısal Yükseklik Modeli)	ERSDAC ve NASA	Yükseklik Eğim Bakı Eğim şekli
Jeoloji haritası (Ölçek: 1/100.000)	14	Litoloji Fay hatlarına mesafe
Tekirdağ ve Malkara meteoroloji istasyonlarının 1975-2010 yılları arasındaki yıllık toplam yağış verileri	Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü	Yağış
Toprak haritası (Ölçek: 1/100.000)	21	Toprak
Ulusal Arazi Örtüsü Sınıflandırma sistemi haritası (Ölçek: 1/25.000)	Orman ve Su İşleri Bakanlığı	Arazi Kullanımı ve Arazi Örtüsü (AKAÖ)
Türkiye Heyelan Envanteri Haritası (İstanbul Paftası, Ölçek: 1/500.000)	1	Tekirdağ Heyelan Envanter Haritası

3.2. Metot

Çalışmada yöntem olarak CBS destekli AHS metodu kullanılmıştır. Zira elemanlarının ikili karşılaştırmasından elde edilen önceliklere dayalı bir ölçüm metodu olan bu yöntem, karmaşık çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünde sıklıkla kullanılan teknikler içerisinde en çok tercih edilenlerinden birisidir [38]. Çalışma esnasında AHS'nin uygulanması, iki değişkenli istatistiksel yöntem altyapısı esasına dayandırılmıştır. Bunun için öncelikle mevcut heyelan sahaları ve heyelana neden olan faktörler arasında ilişki kurularak heyelan yoğunluğu karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonucunda faktörlerin inceleme alanındaki yüzdelik değerleri (a) ile bu faktörlere bağlı olarak elde edilen heyelanlı alanların yüzdelik değerleri (b) hesaplanmıştır (Çizelge 2). Ulaşılan sonuçlara istinaden her bir alternatifin frekans oranı (b/a) tespit edilmiştir (Çizelge 2). Daha sonra bu tespit oranları göz önünde bulundurularak SCB Associates Ltd. tarafından geliştirilen AHP Template (Microsoft Excel versiyonu) yazılımıyla AHS uygulanmıştır.

Çizelge 2. Çalışmada değerlendirilen kriter ve alternatiflerin ağırlık değerleri

Kriterler	Alternatifler	Toplam Alan Yüzdesi (a)	Heyelan Alanı Yüzdesi (b)	Frekans Oranı (b/a)	AHS Alternatif Ağırlık Değerleri
Litoloji	Alüvyon	2.80	0.00	0.00	0.00
	Karatepe Formasyonu: Bazalt	0.15	0.00	0.00	0.00
	Bayraktepe Üyesi: Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, oolitik kireçtaşı	0.31	0.00	0.00	0.00
	Çamrakdere Üyesi: Kilitaşı, miltaşı, kumtaşı, linyit	1.00	0.00	0.00	0.00
	Anafarta Üyesi: Kumtaşı, miltaşı, kilitaşı	12.70	16.46	1.30	0.111
	Gazhanedere Üyesi: Miltaşı, kumtaşı, kilitaşı, çakilitaşı	5.50	39.69	7.22	0.555
	Yenimuhacir Formasyonu: Şeyl, silttaşı, kumtaşı	31.48	2.62	0.08	0.047
	Keşan Formasyonu: Kumtaşı, kilitaşı, çakilitaşı, volkanit	17.69	0.00	0.00	0.00
	Soğucak Formasyonu: Kireçtaşı	1.15	0.00	0.00	0.00
	Korudağ Formasyonu: Çakilitaşı, kumtaşı, kilitaşı	21.98	40.00	1.82	0.219
	Gaziköy Formasyonu: Kumtaşı, silttaşı, silisifiye tuf	4.45	1.23	0.28	0.067
	Yeniköy Karışığı	0.79	0.00	0.00	0.00
Fay hatlarına mesafe (m)	0-60	3.94	2.46	0.62	0.047
	60-120	4.13	3.38	0.82	0.067
	120-180	4.05	4.62	1.14	0.219
	180-240	3.92	5.69	1.45	0.555
	240->	83.96	83.85	1.00	0.111
Yükseklik (m)	0-25	2.72	0.46	0.17	0.047
	25-50	2.07	0.46	0.22	0.067
	50-75	2.37	1.54	0.65	0.219
	75-100	3.40	1.38	0.41	0.111
	100->	89.44	96.15	1.08	0.555
Eğim Şekli	Dış bükey	40.18	39.23	0.98	0.116
	Düz	53.55	52.31	0.98	0.234
	İçbükey	6.28	8.46	1.35	0.650
Eğim (%)	0-15	77.88	67.54	0.87	0.047
	15-25	16.15	22.46	1.39	0.067
	25-35	5.03	7.85	1.56	0.111
	35-45	0.88	1.69	1.92	0.219
	45->	0.05	0.46	8.41	0.555
Bakı (Yönler)	K (K, KD, KB)	211.52	41.69	0.20	0.225
	G (G, GD, GB)	254.77	35.38	0.14	0.112
	D	69.11	8.92	0.13	0.069
	B	68.95	14.00	0.20	0.593
	Düz	0.63	0.00	0.00	0.00
Yağış (mm)	>-700	26.19	34.62	1.32	0.593
	700-800	43.43	45.54	1.05	0.225
	800-900	18.62	14.92	0.80	0.112
	900-1000	8.15	4.92	0.60	0.069
	1000->	3.61	0.00	0.00	0.00
Akarsulara mesafe (m)	< - 50	3.06	2.15	0.70	0.219
	50.01 - 100	3.03	2.00	0.66	0.111
	100.01 - 150	2.99	1.69	0.57	0.067
	150.01 - 200	2.97	1.54	0.52	0.047
	200.01 - >	87.94	92.62	1.05	0.555

Çizelge 2. Çalışmada değerlendirilen kriter ve alternatiflerin ağırlık değerleri (devamı)

Kriterler	Alternatifler	Toplam Alan Yüzdesi (a)	Heyelan Alanı Yüzdesi (b)	Frekans Oranı (b/a)	AHS Alternatif Ağırlık Değerleri
Toprak	Alfisol	2.48	3.38	1.36	0.225
	Entisol	35.96	36.92	1.03	0.112
	Mollisol	9.37	15.38	1.64	0.593
	İnceptisol	51.98	44.31	0.85	0.069
	Andisol	0.21	0.00	0.00	0.00
Arazi kullanımı ve arazi örtüsü	Su yüzeyleri	0.11	0.00	0.00	0.00
	Orman alanları	26.39	33.77	1.28	0.052
	Çalılık ve fundalıklar	4.56	6.38	1.40	0.109
	Otlaklar (meralar)	0.47	0.00	0.00	0.00
	Bağlar ve Bahçeler	5.12	6.85	1.34	0.065
	Yerleşme alanları	1.29	0.00	0.00	0.00
	Maden alanları	0.05	0.00	0.00	0.00
	Ekili-dikili tarım arazileri	59.96	35.62	0.59	0.043
	Çıplak toprak ile taş yüzeyleri	0.13	0.85	6.69	0.213
	Çayır	1.91	16.54	8.66	0.519
Yollara mesafe (m)	0-25	1.81	2.77	1.53	0.067
	25-50	1.80	2.77	1.54	0.111
	50-75	1.79	2.77	1.55	0.219
	75-100	1.77	2.77	1.56	0.555
	100->	92.83	88.92	0.96	0.047

AHS'nin uygulamasında öncelikle amaç doğrultusunda seçimi etkileyen kriterler ve alternatifler sıralanmış ve hiyerarşik bir yapı oluşturulmuştur [39, 40]. Karşılaştırmalı karar verme ve tercih matrisinin belirlenmesi safhasında, ilk aşamada tespit edilen parametreler Saaty [41] tarafından ortaya konan önem ölçeğine (Çizelge 3) göre kıyaslanmış ve bu ölçek yardımıyla 1 ile 9 arasında derecelendirilmiştir [42].

Çizelge 3. Önem ölçeği [43]

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit önem
3	Orta derecede önemli olması
5	Kuvvetli düzeyde önemli
7	Çok kuvvetli düzeyde önemli
9	Son derece önemli
2, 4, 6, 8	İki faaliyet arasında kalan ara değerler

Daha sonra ölçek katsayıları belirlenen kriterlerin ve alternatiflerin yüzde önem ağırlıkları tutarlılığı geçerli olacak bir şekilde atanmıştır (Çizelge 2). Tutarlılığın geçerliliği, tutarlılık indeksi ve oranının hesaplanmasıyla kontrol edilmiştir. A matrisinin tutarlılık oranının hesaplanmasında aşağıdaki işlemler uygulanmıştır [44].

$$CR = CI / RI \quad (1)$$

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (2)$$

Formülde; CR: Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio), CI: Tutarlılık İndeksi (Consistency Index) ve RI: Rastgele İndeks (Random Index) değerlerini temsil etmektedir. Tutarlılık oranı (CR) genellikle % 10 veya daha küçükse matrisin tutarlı olduğu kabul edilmektedir [45, 46]. Ayrıca en büyük öz değer matris boyutuna eşit ise ($\lambda_{max} = n$) karşılaştırma matrisi tutarlı olarak ifade edilir [44, 47]. Yöntemin son aşamasında ise elde edilen ağırlık değerleri vektör veri formatındaki alternatif etkenlerin haritalarına

işlenmiştir. Daha sonra bu vektör haritaları CBS teknikleriyle analiz edilmiştir. Analiz sonucunda ise sahanın heyelan duyarlılık haritası elde edilmiştir.

Çalışmada yapılan analizler sonucunda elde edilen haritalarının hepsi 10x10 m çözünürlüğünde raster tabanlı grid haritalar şeklinde üretilmiştir. Ayrıca analiz sonuçlarının derecelendirilmesi ise eşit aralıklı olacak şekilde heyelan duyarlılık analizlerinde genellikle tercih edilen [48, 49] duyarlılık derecelendirmesi dikkate alınarak; çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere beş seviyeye göre yapılmıştır.

4. BULGULAR

4.1. Litoloji

Heyelan oluşumuna etki eden faktörlerden ilki litoloji'dir [11, 50]. Litolojinin heyelan oluşumuna etkisi kayaçların heyelana karşı gösterdiği duyarlılık nispetindedir. İnceleme alanında meydana gelmiş heyelanlar daha çok killi kayaçların yaygın olduğu arazilerde vuku bulmuştur. Bu durum killi birimlerin heyelan oluşumuna elverişli şartlar sunmasından ileri gelmektedir [51]. Buna mukabil inceleme alanında meydana gelmiş heyelanlar daha çok ilgili litolojilerin kontak noktasında yayılış gösterir. Gerçekten de İkinci [52] kilitaşı, silttaşı ve bunların karışımından oluşan ortamları kohezyonlu olarak nitelendirmiş ve bu sahalarda kayma direncinin bazen sıfıra yönelecek kadar düşük olması nedeniyle heyelan oluşma potansiyelinin çok yüksek olduğunun altını çizmiştir. Bütün bu açıklanan durumlar inceleme alanındaki kayaçların frekans oranlarının dağılışından da anlaşılmaktadır. Gerçekten de inceleme alanında yaşanmış heyelanların litolojik birimlere göre frekans oranı en fazla miltaşı, kumtaşı, kilitaşı ve çakiltası araldanmasından meydana gelen Gazhanedere Üyesinde tespit edilmiştir (Şekil 3; Çizelge 2). Bunun dışında Anafarta Üyesi ile Korudağ, Gaziköy ve Yenimuhacir formasyonları ise düşük oranda heyelan oluşumunun yaşandığı diğer litolojik birimlerdir. AHS sonuçlarına göre inceleme alanındaki litolojik birimler, % 8 tutarlılık oranına sahiptir (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

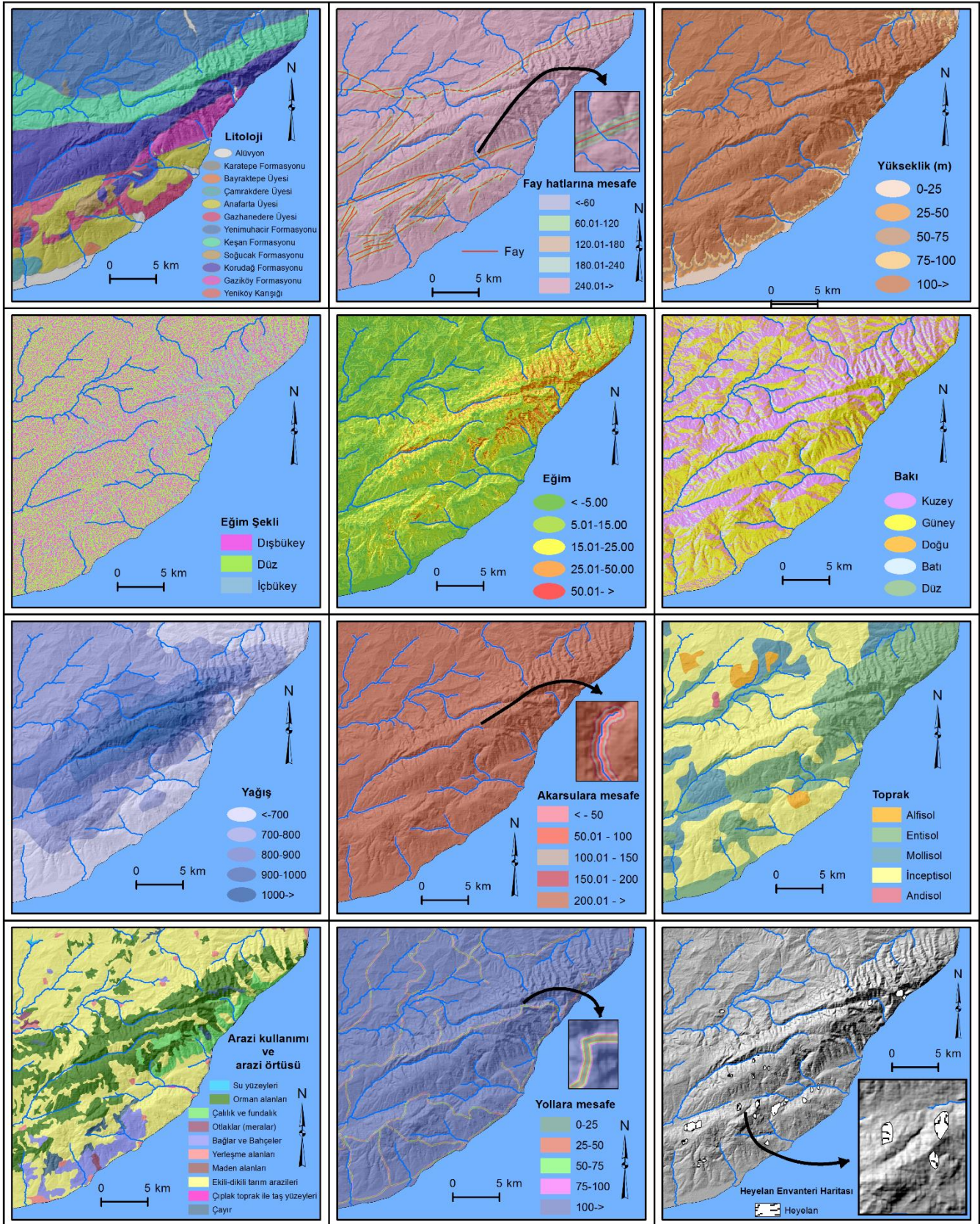
4.2. Fay hatlarına mesafe

Heyelan duyarlılığında etkili bir diğer kriter, fay hatlarına mesafedir [53, 54]. Genellikle eğim değerlerinin yüksek olduğu fay düzlemleri, heyelan oluşumuna oldukça müsait bir karakter gösterir [52]. Kuzey Anadolu Fayı Zonunun Ganos segmenti üzerinde yer alan inceleme alanında, irili ufaklı birçok fay bulunmaktadır (Şekil 3). Sahadaki fay hatlarına mesafe kriteri ilgili fay ve daha küçük segmentlerine göre değerlendirilmiştir. Bu kriterin etkisi Çan vd. [55] tarafından Türkiye için yapılan ayırım dikkate alınarak tespit edilmiştir. Zira Türkiye'deki heyelanların yarısından fazlası aktif faylar çevresinde 60 km genişliğindeki kuşaklar içerisinde gözlenmektedir. Buna göre inceleme alanında fay hatlarına uzaklık etkisiyle en yüksek frekans oranı 180-240 m'de tespit edilmiştir. En düşük değerlerin ise fay hattına yakın mesafedeki sahalarda olduğu belirlenmiştir. İlgili durum, Çellek [12] tarafından yapısal unsurlardan uzaklaştıkça meydana getirebileceği duyarsızlık problemlerinin nispeten azalabileceği tespiti ile de örtüşmektedir. AHS sonuçlarına göre ilgili kriterin tutarlılığı % 8 olarak saptanmıştır (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

4.3. Yükseklik

Topoğrafyanın yükseklik şartlarının da heyelan oluşumunda etkili bir faktör olduğu bildirilmiştir [56] (vd., 2012; Çizelge 2). Zira herhangi bir bölgede meydana gelen heyelanların hangi yüksekliklerde yer aldığı saptanması, sadece ön fikir verebilecek nitelikte bir veri olarak kabul edilebilir [53]. Buna mukabil heyelanların, yüksek rakımlı yerlerde daha fazla ortaya çıkma eğilim gösterdiği ileri sürülmüştür [57]. İnceleme alanındaki heyelan duyarlılığını etkileyen yükseklik değerleri [9, 56] tarafından yapılan sınıflandırma dikkate alınarak gruplandırılmıştır. En yüksek heyelan duyarlılığı 100-> yükseklik sınıfında görülür. Buna göre heyelan duyarlılığı yükseklik arttıkça nispeten daha da artmaktadır (Şekil 3; Çizelge

2). Keza benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından yapılmış çalışmalarda da tespit edilmiştir (Akinci vd., 2011; 9, 56]. Bu kriter % 8 oranında tutarlılıktadır (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).



Şekil 3. İnceleme alanında heyelan duyarlılığını etkileyen faktörler haritası

4.4. Eğim

Topoğrafyanın sahip olduğu eğim koşulları heyelan oluşumunu denetleyen ve kontrol eden öncelikli faktörlerdendir (Gritzer vd., 2001; Lee ve Min, 2001; 11). Çünkü eğim değerlerinin büyümesine bağı olarak artan yerçekimi kuvveti heyelan duyarlılığının da artmasına sebebiyet vermektedir. Nitekim eğimli topoğrafyalarda, su ile doymun killi tabakaların yaygın olduğu arazilerde heyelan olaylarının her zaman meydana gelebileceğini zikredilmiştir [52]. İnceleme alanında eğim parametresinin etkisi Varnes [10] tarafından açıklanan eğim sınıflandırmasına göre belirlenmiştir. Bu sahada eğim değerlerinin % 15'in üzerinde olan alanlar heyelan duyarlılığının yüksek olduğu sahalardır. Hakikaten eğim değerlerinin frekans oranları da bu durumu göz önüne sermektedir (Şekil 3; Çizelge 2). AHS sonuçlarına göre eğim, % 4 tutarlılık oranına sahiptir (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

4.5. Eğim şekli

Topoğrafik koşulların heyelan üzerindeki bir diğerk etkisi yamaçların eğrilik derecesi ya da eğim şekli yönüyle kendini belli eder. Aslında yamaçların içbükey ve dışbükey olma özellikleri drenaj alanlarının fiziksel karakterinin heyelan davranışı üzerindeki etkisini anlamak için kullanılmaktadır. Bu bakımdan eğim şekli akışın hızlanmasını veya yavaşlamasını kontrol ederek heyelan oluşumu sürecinde rol oynamaktadır [57, 58]. Heyelan duyarlılığında eğim şeklinin tespiti için yapılan analizlerde pozitif değerlerin dışbükey ve negatif değerlerin içbükey sahaları, sıfıra yakın değerlerin ise düz alanları gösterdiği ileri sürülmüştür [59]. İnceleme alanındaki eğim şeklinin frekans oranı içbükey yamaçlarda yüksektir (Şekil 3; Çizelge 2). Ancak literatürdeki bazı çalışmalarda ise dışbükey yamaçların heyelan oluşumuna daha müsait olduğu bildirilmiştir. Bu duruma istinaden ilgili parametreye ilişkin değerlendirmelerin bazı belirsizliklere neden olabileceği vurgulanmış olduğu için [60] eğim şekli faktörünün AHS değerleri, frekans oranı sonucuna göre atanmıştır (Şekil 3; Çizelge 2). İlgili kriter % 4 oranında tutarlılık değeri taşır (λ_{max} : 3.05, CI: 0.02, CI/RI: 0.04).

4.6. Bakı

Topoğrafyanın güneşe karşı konumu olarak tarif edilen bakı koşulları da heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında önemli olmaktadır [61, 62]. Zira günlenme, fön rüzgârları, yağış (doymunluk derecesi) vs. gibi bakıyla ilişkili parametreler heyelan oluşumunu kontrol edebilir [11, 50, 63, 64, 65]. Bu bakımdan inceleme alanındaki bakı durumunun heyelan oluşumuna etkisi, ana yönlerin frekans oranları göz önünde bulundurularak atanmıştır. En yüksek heyelan görülme olasılığı K ve B yönlerindedir. Bu durum K ve B yönüne bakan yamaçlarda nemliliğin nispeten daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır (Şekil 3; Çizelge 2). AHS sonuçlarına göre bakı kriterinin % 8 tutarlılık oranına sahip olduğu hesaplanmıştır (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

4.7. Yağış

Heyelan oluşumunda iklim koşullarının belirleyiciliği özellikle yağışla kendini göstermektedir [11]. Bu bakımdan yıllık ortalama yağış, heyelan duyarlılık analizi için önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir [9]. Çünkü yağışlar, neticesinde zemin suya doymun hale gelmekte, yeraltı suyu seviyesi yükselmekte ve sızıntı kuvvetleri en büyük değerine ulaşmaktadır [52]. Böylece topoğrafya yüzeyi heyelan oluşumuna daha uygun bir hal kazanır [59]. İnceleme alanı için yağış faktörünün etkisi, en yakın Meteoroloji İstasyonlarının (Tekirdağ - 4 m ve Malkara - 283 m) uzun yıllara (1975-2010) ait iklim verileri kullanılarak tespit edilmiştir. Yağış haritası, Schreiber (1904) tarafından önerilen her 100 metre'de 54 mm yağışın artması ilkesi göz önünde bulundurularak geliştirilen formül yardımıyla [66] oluşturulmuştur (Şekil 3; Çizelge 2). Sonuçta frekans oranının yağış artışına paralel olarak azaldığı tespit edilmiş ve AHS değerleri bu duruma uygun olarak verilmiştir. Yağış kriteri % 8 tutarlılık oranı gösterir (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

4.8. Akarsulara mesafe

Akarsulara mesafe faktörü, yamaçlardaki materyalin doygunluk derecesini ve yamacın durağanlığını kontrol ederek heyelan oluşumuna etki etmektedir [11]. Akarsular yamaç erozyonu veya malzemenin alt kısmını nemlendirmek suretiyle yamaç stabilitesini olumsuz bir şekilde etkileyerek heyelan tehlikesini arttırmaktadır [50, 53, 63, 67]. İnceleme alanında akarsulara mesafe faktörünün etkisi Yalçın [11] tarafından belirtilen beş farklı buffer alanı oluşturularak elde edilmiştir. Heyelan frekans oranı en fazla 200.01-> m buffer zonunda görülmektedir (Şekil 3; Çizelge 2). Bu kriterin tutarlılık oranı ise % 8'dir (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

4.9. Toprak

Topoğrafyanın zeminini örten toprak kütlesi de heyelan oluşumuna neden olmaktadır [59]. Aslında topraklar tane büyüklüğü, dizilişi ve türlerine göre heyelan oluşumuna etki etmektedir [52, 53]. Bu bakımdan inceleme alanındaki toprakların duyarlılık değerleri heyelanlı alanların frekans yüzdeleri göz önünde tutularak, atanmıştır. En yüksek frekans oranı Mollisol, en düşük ise Andisol ordosuna ait topraklarda tespit edilmiştir (Şekil 3; Çizelge 2). AHS sonuçlarına göre toprak kriterinin tutarlılık oranının % 8 olduğu belirlenmiştir (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

4.10. Arazi kullanımı ve arazi örtüsü

Arazi kullanımı ve arazi örtüsü özellikleri de heyelan duyarlılığını çok güçlü bir şekilde etkilemektedir [52]. Arazi örtüsünün yoğun bir şekilde orman olduğu sahalarda, tarım ve yerleşim alanlarına oranla heyelanlardan daha az etkilenmektedir [30]. Nitekim Bhatt vd. [49] orman alanlarında heyelan duyarlılığının tarım alanlarına veya orman alanlarının tahribata uğrağı yerlere göre daha az olduğunu tespit etmiştir. Gerçekten de inceleme alanındaki yaşanmış heyelanların frekans oranları ilgili tespitin tutarlılığını göstermektedir (Şekil 3; Çizelge 2). Buna bakımdan inceleme alanında frekans oranı çıplak toprak ile taş yüzeylerinde en yüksek seviyesine ulaşır (Şekil 3; Çizelge 2). Arazi kullanımı ve arazi örtüsü kriteri, AHS sonuçlarına göre % 4 oranında bir tutarlılık değerine haizdir (λ_{max} : 3.05, CI: 0.02, CI/RI: 0.04).

4.11. Yol hatlarına mesafe

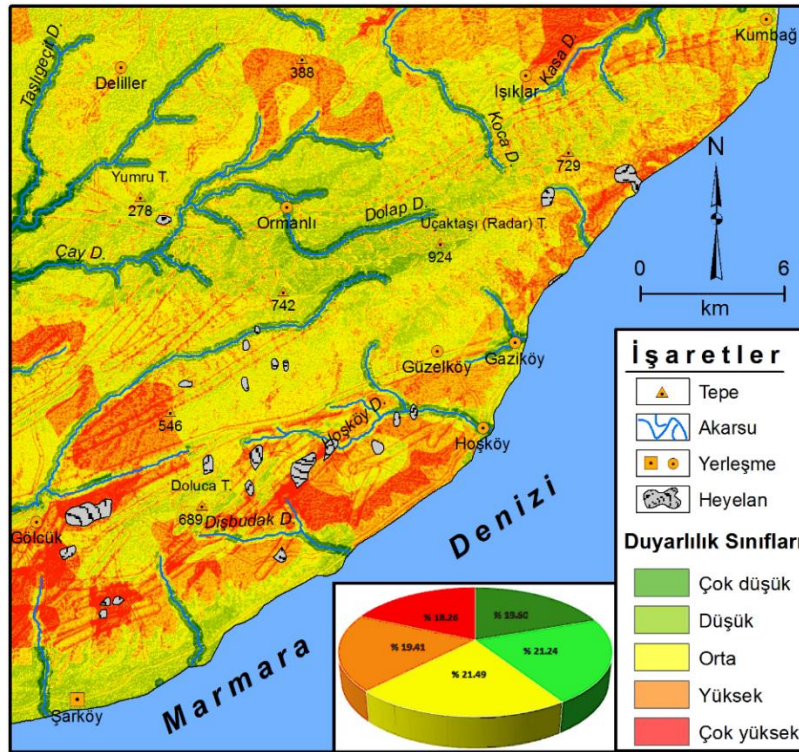
Yol hatlarına mesafe, heyelanların oluşum sürecinde önemli bir role sahiptir [11, 52]. Zira genel olarak yol güzergâhında seyreden taşıtların yaptığı titreşimler, heyelan oluşumunu tetiklemektedir. İnceleme alanında yol hatlarına mesafe faktörü Yalçın [11] tarafından yapılan ayırım dikkate alınarak atanmıştır. Bu bakımdan frekans oranına ait değerlerin en yüksek 75-100 m, en düşük ise 100->'lik buffer kuşağı içerisinde olduğu anlaşılmıştır (Şekil 3; Çizelge 2). AHS sonuçları bu kriterin tutarlılık oranını % 8 olarak yansıtmaktadır (λ_{max} : 5.37, CI: 0.09, CI/RI: 0.08).

5. ANALİZ VE TARTIŞMA

CBS temelli AHS yöntemine göre heyelan duyarlılık analizinin yapıldığı bu çalışma sonucunda, Ganos Dağı'nda heyelan oluşma potansiyelinin orta (% 21.49) olduğu tespit edilmiştir. Dağ alanının % 40.84'ü düşük ve çok düşük, % 37.67'si ise yüksek ve çok yüksek heyelan duyarlılığına sahiptir (Şekil 4; Çizelge 4).

Çizelge 4. Heyelan duyarlılık sınıfları ve değerlerinin alansal dağılışı

Heyelan Duyarlılık Sınıfları	Heyelan Duyarlılık Değerleri	Alan (km ²)	Oran (%)
Çok düşük	< - 0.176	118.59	19.60
Düşük	0.176 - 0.190	128.50	21.24
Orta	0.190 - 0.213	130.04	21.49
Yüksek	0.213 - 0.234	117.41	19.41
Çok yüksek	0.234 - >	110.47	18.26
TOPLAM		605.00	100.00

**Şekil 4.** İnceleme alanında heyelan duyarlılık sınıflarının dağılışı haritası

Ulaşılan sonuçlara göre inceleme alanında genellikle eğim değerlerinin yüksek olduğu kuzeye bakan yamaçlarda, jeolojik yapının kiltaşlarından meydana geldiği ve yumuşak toprak karakterinin hâkim olduğu çayır arazilerin heyelan oluşumuna müsait olduğu belirlenmiştir. Keza benzer çalışmalarda da potansiyel heyelanların daha çok eğim değerlerinin yüksek, yamaç morfolojisinin hâkim olduğu, bitki örtüsünün tahrip edildiği veya zayıf olduğu kuzeye bakan yamaçlarda yoğunlaştığını ifade edilmiştir [59]. Bununla birlikte inceleme alanının güneyinde yaşanmış heyelanlar ve çok yüksek heyelan duyarlılığı gösteren alanlar fay hatlarıyla uyumlu bir çizgisellik göstermektedir. Nitekim eğim değerlerinin yüksek olduğu fay düzlemleri, heyelan oluşumu oldukça müsait olduğu kaydedilmiştir [57]. Bu bulgulara dayanılarak inceleme alanında heyelan oluşumundaki öncelikli kriterlerin eğim, jeoloji, tektonik hatlar, bakı, toprak ve arazi kullanımı olduğu saptanmıştır. Keza yapılmış çalışmalarda da heyelanların oluşmasındaki ana kriterlerin sismisite, jeoloji, topoğrafik eğim ve kontrolsüz arazi kullanımı (antropojenik etkiler) olduğu belirlenmiştir [68].

Bu çalışma yöre genelinde daha önce benzer yöntem ve teknikler kullanılarak gerçekleştirilmiş birkaç çalışmadan bir olması hasebiyle önemlidir. İlgili nedenden dolayı çalışmanın daha önceki araştırmalarda eksik kalan birçok konuya açıklık getirdiği ve kendi çapında heyelan duyarlılık analizi literatürüne katkı yaptığı söylenebilir. Yani konunun belirli bir çerçevede anlaşılmasına yardımcı olmuştur. Ancak ilgili konuyu da tamamen çözümlendiği söylenemez. Bu yüzden yörede daha kapsamlı, detaya yönelik ve değişik yöntemlerin denendiği yeni çalışmaların yapılması elzemdir.

Bu çalışmada ulaşılan sonuçlar, inceleme alanı dahilinde yapılmış heyelan envanter çalışmalarındaki bulgularla örtüşmektedir. Elde edilen bulgular özellikle doğal ortam planlamalarında kullanılabilir. Kayastha vd. [9] heyelan duyarlılık çalışmalarının özellikle afet yönetim planlamalarında kullanılabilmesini ve risk haritalarının hazırlanmasında büyük yarar sağladığını açıklamışlardır. Klimes ve Escobar [69] heyelan duyarlılık haritalarının gelecekteki arazi kullanım planlaması için bir rehber olacağını öne sürmüşlerdir. Das vd. [2] heyelan duyarlılık haritalarının geleceğe yönelik planlamalar için önemli olduğunun altını çizmişlerdir.

Diğer yandan CBS temelli AHS yöntemiyle sağlıklı ve kullanılabilir sonuçlar üretildiği görülmüştür. Komac [64] benzer yöntem ve teknikler kullanılarak hazırlanan heyelan duyarlılık haritalarının doğru sonuçlar verdiğini belirtmiştir. Yalçın [38] CBS destekli AHS yöntemiyle yapılan heyelan duyarlılık çalışmalarının mevcut heyelan değerleriyle uyumlu sonuçlar gösterdiğini tespit etmiş ve geliştirilen modellemenin başarılı olduğuna kanaat getirmiştir. Vahidnia vd. [70] AHS'nin farklı yöntemlerle korelasyonu sonucunda doğru ve kullanılabilir veriler üretebileceğini açıklamışlardır. Yalçın [11] AHS yönteminin diğer bazı yöntemlere göre çok daha gerçekçi sonuçlara götürdüğünü ifade etmiştir. Bhatt vd. [49] AHS ile hazırlanan heyelan duyarlılık haritalarının faydalı sonuçlar sunduğunu vurgulamışlardır.

6. SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda Ganos Dağı'nda heyelan oluşma potansiyelinin orta (% 21.49) olduğu anlaşılmıştır. Dağ alanının % 40.84'ü düşük ve çok düşük, % 37.67'si ise yüksek ve çok yüksek heyelan duyarlılığına sahiptir. Sahada heyelanlar umumiyetle tektonik hatlar üzerindeki eğim değerlerinin yüksek olduğu kuzeye bakan yamaçlarda, jeolojik yapının kiltaşlarından meydana geldiği ve yumuşak toprak karakterinin hâkim olduğu çayır arazilerde ortaya çıktığı bulgusuna ulaşılmıştır.

Çalışma sonucunda AHS yönteminin heyelan duyarlılık analizinde yararlı bir araç olduğu anlaşılmıştır. Bu araçların CBS teknikleriyle daha pratik bir kullanıma kavuştuğu ve sağlıklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

Çalışma yönteminin heyelana maruz kalabilecek sahaların belirlenmesine yardımcı olan bütünleşik bir yaklaşım olduğu teyit edilmiştir. İlgili yöntem ve tekniklerin kullanımında heyelan envanter haritalarındaki verilerden istifade edilmesi ulaşılan sonuçların güvenilirliğini arttırmaktadır. Ayrıca çalışma yönteminin benzer alanlarda kullanılması heyelanların etkilerinin anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Böylece başta heyelan olmak üzere çeşitli türden kütle hareketlerinin meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu sahalar daha doğru bir şekilde tespit edilerek, çeşitli önlemler alınabilecektir. Diğer taraftan bu çalışmadan elde edilecek bulgular, doğal ortam planlamalarında kullanılabilir. İnceleme alanında yerleşim alanları veya ulaşım hatlarında meydana gelebilecek heyelanları önlemek için yapılması gereken bazı uygulamalar vardır. Bunlar;

- 1) Heyelan riski taşıyan alanlarda heyelan oluşumunu engelleyecek tedbirler alınmalıdır.
- 2) Doğal bitki örtüsü korunmalıdır.
- 3) Yöre insanları bu konuda bilinçlendirilip, konuya olan hassasiyetleri artırılmalıdır.
- 4) CBS tekniklerine dayalı olarak dinamik bir heyelan izleme sistemi kurulmalıdır.
- 5) Yöre genelinde daha detaylı ve kapsamlı çalışmalar yapılmalıdır.

7. KAYNAKLAR

1. Duman, T. Y., Nefesliođlu, H.A., an, T., Ateř, Ő., Durmaz, S., Olgun, Ő., Hamzaçebi S., Keçer, M., 2006, "Türkiye Heyelan Envanteri Haritası-1:500.000 ölçekli İstanbul Paftası", MTA Özel Yayınlar Serisi-6, Ankara.
2. Das, H. O., Sonmez, H., Gokceoglu, C., Nefeslioglu, H. A., 2013, "Influence of seismic acceleration on landslide susceptibility maps: a case study from NE Turkey (the Kelkit Valley)". *Landslides*, 10, 433-454.
3. Leshchinsky, B. A., Olsen, M. J., Tanyu, B. F., 2007, "Contour Connection Method for automated identification and classification of landslide deposits". *Computers & Geosciences*, 74, 27-38.
4. Özşahin, E., 2013, "Türkiye’de Yaşanmış (1970-2012) Doğal Afetler Üzerine Bir Değerlendirme". 2. Türkiye Deprem Mühendisliđi ve Sismoloji Konferansı, s.: 1-8, 25-27 Eylül 2013, MKÜ-Hatay.
5. Özşahin, E., 2014, "Tekirdağ İlinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşı Süreci Kullanarak Heyelan Duyarlılık Analizi". *HUMANITAS*, 3, 167-186.
6. Mitchell, T. M., Smith, S. A. F., Anders, M. H., Toro, G. D., Nielsen, S., Cavallo, A., Beard, A. D., 2015, "Catastrophic emplacement of giant landslides aided by thermal decomposition: Heart Mountain, Wyoming". *Earth and Planetary Science Letters*, 411, 199-207.
7. Papathoma-Köhle, M., Zischg, A., Fuchs, S., Glade, T., Keiler, M., 2015, "Loss estimation for landslides in mountain areas - An integrated toolbox for vulnerability assessment and damage documentation". *Environmental Modelling & Software*, 63, 156-169.
8. Nefeslioglu, H. A., Duman, T. Y., Durmaz, S., 2008, "Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey)", *Geomorphology*, 94 (3-4), 401-418.
9. Kayastha, P., Dhital, M. R., De Smedt, F., 2013, "Evaluation of the consistency of landslide susceptibility mapping: a case study from the Kankai watershed in East Nepal", *Landslides*, 10, 785-799.
10. Varnes, J. D., 1984, "Landslide hazard zonation: a review of principles and practice", United Nations Educational, France.
11. Yalçın, A., 2008, "GIS-based landslide susceptibility mapping using analytical hierarchy process and bivariate statistics in Ardesen (Turkey): Comparisons of results and confirmations". *Catena*, 72, 1-12.
12. ellek, S., 2013, "Sinop-Gerze Yöresinin Heyelan Duyarlılık Analizi", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
13. Moradi, M., Bazyar, M. H., Mohannadi, Z., 2012, "GIS-Based Landslide Susceptibility Mapping by AHP Method, A Case Study, Dena City, Iran". *J. Basic. Appl. Sci. Res.*, 2 (7), 6715-6723.
14. Şentürk, K., Sümengen, M., Terlemez, İ., Karaköse, C., 1998, "1:100 000 ölçekli Açın-sama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Bandırma-D4 Paftası", Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü No: 64, Ankara.
15. Yaltrak, C., 1996, "Ganos Fay Sistemi’nin Tektonik Tarihi", *TPJD Bülteni*, 8 (1), 137-156.
16. Ertek, A., 2011, "Jeomorfolojik Birimlerine Göre Trakya’nın Jeomorfolojisi", *Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel, Türk Coğrafya Kurumu Yayınları No: 5*, s.: 561-586, İstanbul.
17. Dönmez, Y., 1990, "Trakya’nın Bitki Coğrafyası", Genişletilmiş ikinci baskı, İstanbul Üniversitesi Yayınları No: 3601, Coğrafya Enstitüsü Yayınları No: 51, İstanbul.
18. Altın, B. N., 2000, "Trakya’da Yerşekillerinin Neotektonik Dönem Jeomorfolojik Gelişimleri", 28. Coğrafya Meslek Haftası (Edirne) Bildiriler, Geçmişte, Günümüzde ve Gelecekte Trakya (Editör: Prof. Dr. Suna Dođaner), s.: 53-71, Türk Coğrafya Kurumu Coğrafya Meslek Haftaları Serisi: 2, 10-12 Haziran 1998, İstanbul.
19. Ardel, A., 1956, "Marmara Bölgesinde Coğrafi Müşahedeler". İstanbul Üniversitesi Coğrafya Enstitüsü Dergisi, 7, 1-16.
20. Koçman, A., 1993, "Türkiye İklimi", Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, İzmir.
21. Ekinci, H., 1990, "Türkiye Genel Toprak Haritasının Toprak Taksonomisine Göre Düzenlenebilir Olanaklarının Tekirdağ Bölgesi Örneğinde Araştırılması", Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana.
22. Atalay, İ., 1994, "Türkiye Vejetasyon Coğrafyası", Ege Üniversitesi Basımevi, İzmir.

23. Dönmez, Y., Aydınöz, D., Büyükoğlan, F., İbret, Ü., 2012, "Floristik Bölgeler Açısından Trakya'nın Bitki Toplulukları". İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 25, 1-13.
24. Yarcı, C., 2000, "Işıklar Dağı'nın (Tekirdağ) Vegetasyonu Üzerinde Fitososyolojik ve Ekolojik Araştırmalar". Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 16 (1-2), 1-10.
25. Atalay, İ., 2002, "Türkiye'nin Ekolojik Bölgeleri", Orman Bakanlığı Yayınları No: 167, Ankara.
26. Atalay, İ., Mortan, K., 2011, "Türkiye Bölgesel Coğrafyası", İnkılap Kitabevi, İstanbul.
27. Güngördü, M., 1999, "Marmara Bölgesinin Bitki Coğrafyası". İ.Ü. Yayın No: 4176, Edebiyat Fak. Yay. No: 3416, İstanbul.
28. Aydınöz, D., 2009, "Barındırdığı Bitki Varlığı Açısından Trakya'nın Karasallık Derecesi". Kastamonu Eğitim Dergisi, 17 (1), 203-212.
29. Erginal, A. E., Bayraktar, C., 2005, "Karayolu Heyelanlarına bir örnek: İncik Heyelanı (Tekirdağ)". İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi, 14, 43-53.
30. Dağ, S., 2007, "Çayeli (Rize) ve Çevresinin İstatistiksel Yöntemlerle Heyelan Duyarlılık Analizi", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
31. Delikanlı, M., 2010, "Coğrafi Bilgi Sistemi ile Yaka (Gelendost, Isparta) Bölgesinin Heyelan Duyarlılık İncelemesi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
32. Aksoy, G., 2011, "Arhavi (Artvin) ve Çevresinin Heyelan Duyarlılık Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
33. Shan, X. J., Ye, H., Li, Z. F., 2002, "Prediction Method of Dangerous Areas of Regional Landslide Based on GIS and Its Application". Journal of Rock Mechanics and Engineering, 21 (10), 1507-1514.
34. Dai, F. C., Lee, C. F., 2002, "Landslide characteristics and slope instability modeling using GIS, Landtau Island, Hong Kong". Geomorphology, 42, 213-228.
35. Guo, F. F., Yang, N., Meng, H., 2008, "Application of the relief amplitude and slope analysis to regional landslide hazard assessments". Geology in China, 35 (1), 131-143.
36. Yao, X., Xu, C., Dai, F. C., Zhang, Y. S., 2009, "Contribution of strata lithology and slope gradient to landslides triggered by Wenchuan Ms 8 earthquake, Sichuan, China". Geological Bulletin of China, 28 (8), 156-162.
37. Cao, H., Li, Z., Bian, Y., 2011, "Sensitivity Analysis of Slope Gradient Factor and Vegetation Factor of Region Landslide Based on the RS and GIS Technology". CISME, 1, 65-67.
38. Yalçın, A., 2007, "Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin ve CBS'nin Kullanımı". Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 22 (3), 1-14.
39. Scholl, A., Manthey, L., Helm, R., Steiner, M., 2005, "Solving Multiattribute Design Problems with Analytic Hierarchy Process and Conjoint Analysis: An Empirical Comparison". European Journal of Operational Research, 164, 760-777.
40. Ying, X., Zeng, G. M., Chen, G. Q., Tang, L., Wang, K. L., Huang, D. Y., 2007, "Combining AHP with GIS in synthetic evaluation of eco-environment quality-A case study of Hunan Province, China", Ecological Modelling, 209 (2-4), 97-109.
41. Saaty, T. L., 1980, "The Analytic Hierarchy Process", McGrawHill, New York.
42. Saaty, T. L., 1994, "How to make a decision: the analytic hierarchy process". Interfaces, 24, 9-43.
43. Saaty, R. W., 1986, "The analytic hierarchy process-what it is and how it is used". Mathematical Modelling, 9, 161-176.
44. Shrestha, R. K., Alavalapati, J. R. R., Kalmbacher, R. S., 2004, "Exploring the Potential for Silvopasture Adoption in South-central Florida: an Application of SWOT-AHP Method". Agricultural Systems, 81, 185-199.
45. Wind, Y., Saaty, T. L., 1980, "Marketing Applications of the Analytic Hierarchy Process". Management Science, 26 (7), 641- 658.
46. Saaty, T. L., Vargas, L. G., Dellman, K., 2003, "The Allocation of Instangible Resources: The Analytic Hierarchy Process and Linear Programming". Socio-Economic Planning Sciences, 37, 169-189.

47. Arslan, E. T., 2010, "Analitik Hiyerarşı Süreci Yöntemiyle Strateji Seçimi: Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesinde Bir Uygulama". Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 15 (2), 455-477.
48. Australian Geomechanics Society, 2007, "Guideline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning", Journal and News of the Australian Geomechanics Society, 42, 1.
49. Bhatt, B. P., Awasthi, K. D., Heyojoo, B. P., Silwal, T., Kafle, G., 2013, "Using Geographic Information System and Analytical Hierarchy Process in Landslide Hazard Zonation". Applied Ecology and Environmental Sciences, 1 (2), 14-22.
50. 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, 43 (3), 381-391.
51. Halilođlu, S. B., 1997, "Heyelan Analizinde Kullanılan Yöntemler ve Sayısal Çözümleri", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
52. Ekinci, D., 2011, "Zonguldak-Hisarönu Arasındaki Karadeniz Akaçlama Havzasının Kütle Hareketleri Duyarlılık Analizi", Titiz Yayıncılık, İstanbul.
53. Gökçeođlu, 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". Engineering Geology, 44, 147-161.
54. Lee, S., 2005, "Application of logistic regression model and its validation for landslide susceptibility mapping using GIS and remote sensing data". International Journal of Remote Sensing, 26 (7), 1477-1491.
55. Çan, T., Duman, T. Y., Olgun, Ş., Çörekçiođlu, Ş., Karakaya Gülmez, F., Elmacı, H., Hamzaçebi, S., Emre, Ö., 2013, "Türkiye Heyelan Veri Tabanı", s. 1-6, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 2013 11-13 Kasım 2013, TMMOB, Ankara.
56. Kayastha, P., Dhital, M. R., De Smedt, F., 2012, "Landslide susceptibility mapping using the weight of evidence method in the Tinau watershed, Nepal". Nat Hazards, 63 (2), 479-498.
57. Akinci, H., Dođan, S., Kiliçođlu, C. ve Temiz, M. S., 2011, "Production of landslide susceptibility map of Samsun (Turkey) City Center by using frequency ratio method". International Journal of the Physical Sciences, 6 (5), 1015-1025.
58. Erener, A., Düzgün, H. S. B., 2012, "Landslide susceptibility assessment: what are the effects of mapping unit and mapping method?". Environmental Earth Sci., 66, 859-877.
59. Özşahin E., Kaymaz, Ç K., 2013, "Camili (Macahel) Biyosfer Rezerv Alanının (Artvin, KD Türkiye) Heyelan Duyarlılık Analizi". Turkish Studies-International Periodical For the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, 8 (3), 471-493.
60. Gökçeođlu, C., Ercanođlu, M., 2001, "Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında kullanılan parametrelere ilişkin belirsizlikler". Yerbilimleri, 23, 189-206.
61. Guzzetti, F., Carrarra, A., Cardinali, M., Reichenbach, P., 1999, "Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multiscale study, Central Italy", Geomorphology, 31 (1-4), 181-216.
62. Nagarajan, R., Roy, A., Vinod Kumar, R., Mukherjee, A., Khire, M. V., 2000, "Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions". Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 58, 275-287.
63. Cevik, E., Topal, T., 2003, "GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey)". Environmental Geology, 44, 949-962.
64. Komac, M., 2006, "A landslide susceptibility model using the analytical hierarchy process method and multivariate statistics in perialpine Slovenia". Geomorphology, 74 (1-4), 17-28.
65. Suzen, 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, 303-321.
66. Fraedrich, K., 2010, "A Parsimonious Stochastic Water Reservoir: Schreiber's 1904 Equation". Journal of Hydrometeorology, 11, 575-578.
67. Yalçın, A., 2005, "Ardeşen (Rize) yöresinin heyelan duyarlılığı açısından incelenmesi", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

68. Akgün, A., Türk, N., 2010, “İki ve Çok Değişkenli İstatistik ve Sezgisel Tabanlı Heyelan Duyarlılık Modellerinin Karşılaştırılması: Ayvalık (Balıkesir, Kuzeybatı Türkiye) Örneği”. Jeoloji Mühendislięi Dergisi, 34 (2), 85-112.
69. Klimes, J., Escobar, V. R., 2010, “A landslide susceptibility assessment in urban areas based on existing data: an example from the Iguana Valley, Medellin City, Colombia”. Natural Hazards Earth Syst. Sci., 10, 2067-2079.
70. Vahidnia, M. H., Alesheikh, A. A., Alimohammadi, A., Hosseinali, F., 2009, “Landslide Hazard Zonation Using Quantitative Methods in GIS”. International Journal of Civil Engineering, 7, 176-189.