

Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı

Pemra KUMTEPE¹, Yıldız NURLU¹, Türkan CENGİZ¹, Emine SÜTÇÜ¹

Özet

Heyelanlar dünyada ve Türkiye’de çok sayıda insanın can ve mal kaybına uğramasına neden olan doğal afetlerden birisidir. Heyelan ve potansiyel heyelan alanlarını içeren heyelan duyarlılık haritaları bölgenin arazi kullanımı ve kentsel planlamasının yapılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Sinop Güneybatısı’nda yer alan 1/25.000 ölçekli E34a1 paftasının kapladığı alan için duyarlılık haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Heyelan duyarlılık haritasının oluşturulmasında Frekans Oranı Metodu kullanılmıştır. Değerlendirmelerde bölgeye ait jeoloji, eğim, yamaç yönelimi, yamacın eğriliği, faya uzaklık, akarsuya uzaklık ve bitki örtüsü verileri kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda çalışma alanındaki heyelanların orta ve yüksek duyarlılık bölgelerinde yer aldığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Sözcükler

CBS, Heyelan Duyarlılık, Frekans Oranı Metodu

Abstract

Production of Landslide Susceptibility Maps By Using Geographic Information Systems

Landslide is a kind of natural disaster that cause the loss of many souls and goods both Turkey and in the world. Landslide susceptibility maps which contain landslides and potentially landslide regions constitutes an important role in landuse and urban planning of those regions. In this study it is aimed to produce the susceptibility map for the 1/25.000 scaled E34a1 quadrangle which belongs to southwest of Sinop. In production of landslide susceptibility map Frequency Ratio Method is used. In assessment the data of geology, slope, aspect, curvature, distance to fault, distance to the stream and vegetation of the region is used. As a result of the analysis in the study area where landslides have been observed regions of middle and high sensitivity.

Key Words

GIS, Landslide Susceptibility, Frequency Ratio Method

1. Giriş

Doğal afetler nedeni ile Dünya’da ve Türkiye’de çok sayıda insan can ve mal kaybına uğramaktadır. Heyelan da bu doğal afetlerden birisidir. Ayrıca heyelanlar can ve mal kaybının yanısıra tarımsal ve ormanlık alanlara, akarsulara ve sanayi bölgelerine de dolaylı olarak zarar vermektedir (SCHUSTER ve FLEMING 1986). Heyelan ve potansiyel heyelan

alanlarını içeren heyelan duyarlılık haritaları bölgenin arazi kullanımı ve kentsel planlamasının yapılmasında büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada Sinop Güneybatısı’nda yer alan 1/25.000 ölçekli E34a1 paftasının kapladığı alan için duyarlılık haritasının oluşturulması amaçlanmıştır. Heyelan duyarlılık haritasının oluşturulmasında Frekans Oranı Metodu kullanılmıştır. Değerlendirmelerde bölgeye ait jeoloji, eğim, yamaç yönelimi, yamacın eğriliği, faya uzaklık, dere yatağına uzaklık ve bitki örtüsü verileri kullanılmıştır.

Dünya’nın çeşitli yerlerinde yapılan heyelan duyarlılığının tespitine yönelik çalışmalarda “geçmiş, günümüzün ve geleceğin anahtarıdır” (CARRARA 1995) ilkesi benimsenmiştir. Bu anlamda geçmiş heyelanların özellikleri gelecek heyelanların tahmininde belirli rol oynamaktadır. Heyelan zararlarının azaltılmasında bölgenin heyelan envanterinin ve heyelan özelliklerini yansıtacak bir veri tabanının oluşturulması önemli bir yer tutar. MTA Genel Müdürlüğü 1997 yılında bölgesel ve ulusal ölçekte heyelan envanter haritalarının üretilmesi amacıyla ‘Türkiye Heyelan Haritası Projesi’ni başlatmıştır. Bu proje kapsamında tüm Türkiye’ye ait 1/500.000 ölçekli paftaların heyelan haritaları tamamlanmıştır. Bununla birlikte son yıllardaki bilgisayar teknolojileri gelişimine paralel olarak heyelan risk değerlendirmelerine temel oluşturan duyarlılık haritalarının hazırlanması çalışmalarında da önemli gelişmeler kaydedilmiştir. Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemlerinin kullanımı önemli bir yer tutmaktadır. Coğrafi Bilgi Sistemlerinde heyelan tehlike haritalarının oluşturulması için birçok metod önerilmiştir. Bunlar genel olarak nitel ve nicel olmak üzere iki ana sınıfa ayrılmaktadır. Nitel yaklaşımlar, daha çok uzman kişinin görüşüne bağlı olarak çalışma alanında yapılan arazi incelemeleri sonucu ya da heyelanı etkileyen faktörlerin indeks haritalarının birleştirilmesini esas alırlar (ERENER ve LACASSE 2007). Buna karşın nicel (kantitatif) veya istatistiksel değerlendirmeleri temel alan sınıflamaların sonuçları nitel gözlemlere oranla daha az hata içerirler. Çünkü istatistiksel değerlendirme, sahada mevcut heyelanların hangi birimlerin içerisinde dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır (GÖKÇEOĞLU ve ERCAN 2001). Nicel metod uygulaması sonrası elde edilen haritalar genellikle heyelan duyarlılık haritalarıdır (CARRARA ve MERENDA 1976; ANBALAGAN 1992; SOETERS ve VAN WESTEN 1996; WACHAL ve HUDAK 2000; VAN WESTEN vd., 2003; ERENER ve LACASSE 2007).

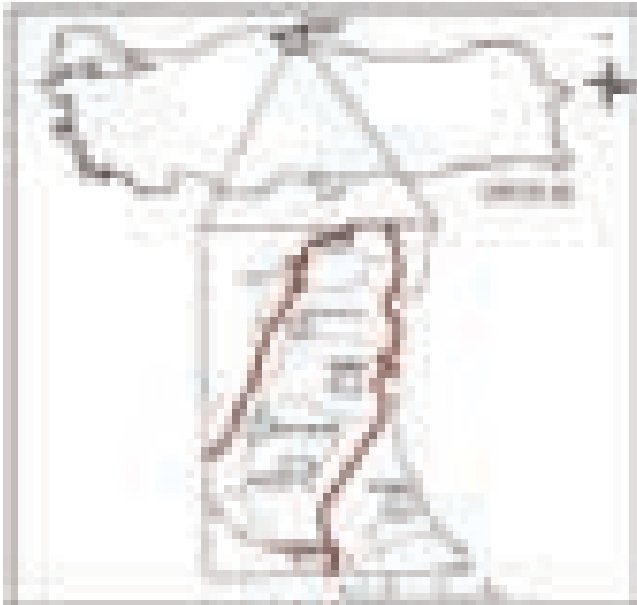
Bu çalışmada, heyelan duyarlılık analizlerinin yapılmasında tek değişkenli olasılık analizine dayanan Frekans Oranı Metodu kullanılmıştır. Frekans Oranı Metodu’nda heyelan

¹MTA Genel Müdürlüğü, ANKARA

lokasyonları ile heyelanı etkileyen faktörlerin mekansal ilişkisi ve bu faktörlerin her bir sınıfı için frekans değerleri CBS araçları kullanılarak hesaplanmaktadır. Bu ilişkiler üst üste çakıştırma işleminde her bir faktörün değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Yamaç eğimi, yamaç yönelimi, yamaç eğriliği, bitki örtüsü indeksi, litoloji, faya uzaklık, akarsuya uzaklık parametreleri heyelanı etkileyen faktörler olarak bu çalışmada kullanılmıştır.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Sinop Güneybatısı'nda yeralan 1/25.000 ölçekli E34a1 paftasını kapsamaktadır (Şekil 1). Çalışma alanının güneybatısında yüzeylenen kumtaşı-çamurtaşı ardalanmasından oluşan Alt ve Orta Eosen yaşlı kayaç topluluğu KETİN ve GÜMÜŞ (1963) tarafından "Kusuri Formasyonu" olarak tanımlanmıştır. Kusuri Formasyonu Alt Eosen ve Orta Eosen zamanlarında oluştuğu için analizlerde Alt Eosen (e1-19-s) ayrı bir sınıf, Orta Eosen (e2-19-s) de ayrı bir sınıf olarak değerlendirilmiştir. Çalışma alanının doğusunda yer alan ve çalışma alanının büyük bir kısmını kaplayan Miyosen yaşlı, kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanmasından oluşan birim (m-20-s) GEDİK ve KORKMAZ (1984) tarafından "Sinop Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Sinop Formasyonu Kusuri Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Çalışma alanının batısında yüzeylenen Pliyosen-Kuvaterner yaşlı kumtaşı-çamurtaşı ardalanmalı birim ilk olarak GAYLE (1959) tarafından "Sarı Kum Formasyonu" olarak adlandırılmıştır. Sarı Kum Formasyonu, Kusuri ve Sinop Formasyonlarının üzerinde uyumsuz olarak yer alır. Bölgesel tektonik süreçlere bağlı olarak Sinop Formasyonu'nun yüzeylenmelerinin ardından rüzgar süreçlerine bağlı olarak çökelmiştir (ILGAR vd., 2008). İnceleme alanında tanımlanan Kuvaterner yaşlı çökeller (Q-21-k) denizel ve akarsu taraçalarından, bataklık, plaj ve kumul çökellerinden oluşmaktadır. MTA Genel Müdürlüğü Türkiye Jeoloji Veri Bankası (TJVT)'ndan alınan bölgeye ait jeoloji haritası Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 1: Çalışma alanına ait bulduru haritası

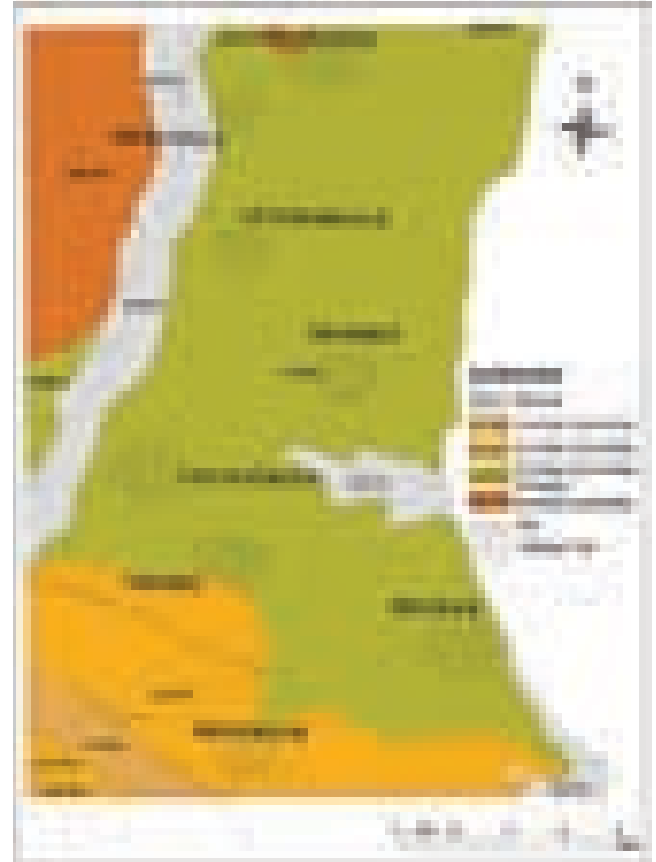
3. Çalışma Yöntemi

3.1. Verilerin Hazırlanması

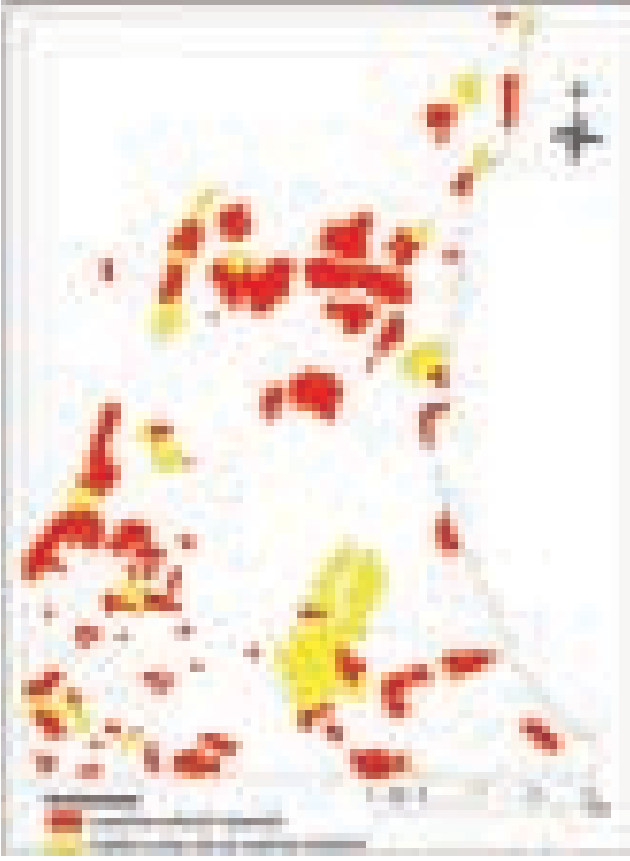
Heyelan tehlike/duyarlılık değerlendirmelerine başlamanın ilk adımı geçmişte olmuş olan heyelan alanları hakkında bilgi edinmektir. Çünkü gelecekteki heyelanların şimdiki ve geçmişte olmuş heyelanlarla benzer şartlar altında gerçekleşebileceği varsayılmaktadır (VARNES 1984; CARRARA vd., 1995, LEE ve TALİB 2005). Bu nedenle bölgeye ait olan heyelanlar, MTA Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanmış olan heyelan envanter haritasından (DUMAN vd., (2007) tarafından hazırlanmıştır) alınarak kullanılmıştır (Şekil 3). Bu aşamada bölgeye ait mevcut heyelanlardan rastgele seçim yapılarak bir kısmı analizlerde kullanılmak üzere belirlenmiştir. Diğer heyelanlar ise analiz sonuçlarının test edilmesi amacıyla saklanmıştır.

Verilerin hazırlanması aşamasında yapılan çalışmalar yukarıda sıralanan yedi parametreye (yamaç eğimi, yamaç yönelimi, yamaç eğriliği, litoloji, bitki örtüsü indeksi, faya uzaklık ve akarsuya uzaklık) ait raster tabanlı haritaların oluşturulmasını kapsamaktadır. Bu haritaların hazırlanmasında 25x25'lik hücre boyutu kullanılmıştır.

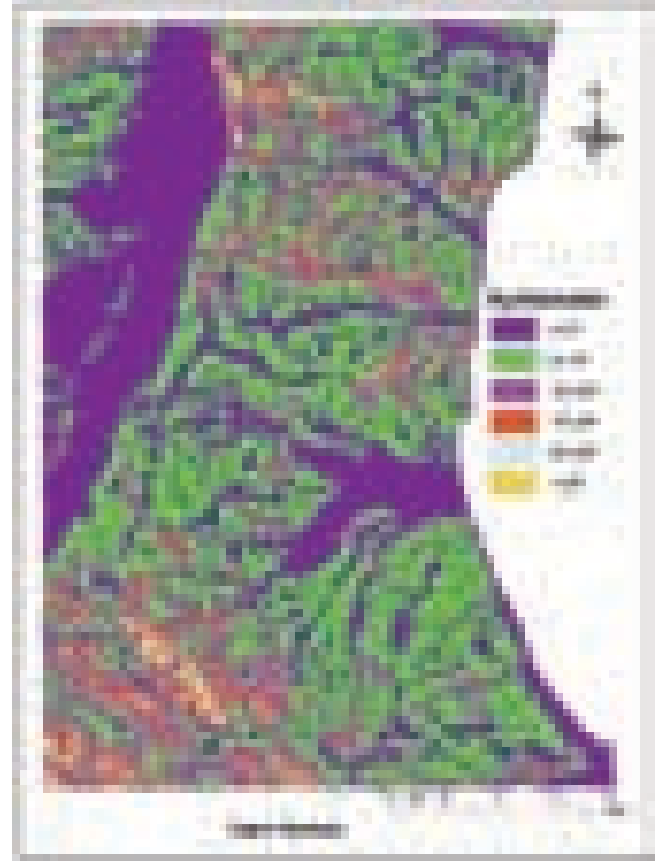
Yamaç eğimi, yamaç yönelimi ve yamaç eğriliği haritaları TIN (Triangulated Irregular Network) veri modeli kullanılarak hazırlanmıştır. TIN veri modeli, 1/25.000 ölçekli 10m aralıklı sayısal yükseklik verilerinin, ArcGIS 9.3.1 programı ve ilgili modüllerinde kullanılması ile oluşturulmuştur.



Şekil 2: Çalışma alanı Jeoloji Haritası



Şekil 3: Çalışma alanına ait heyelan envanter haritası

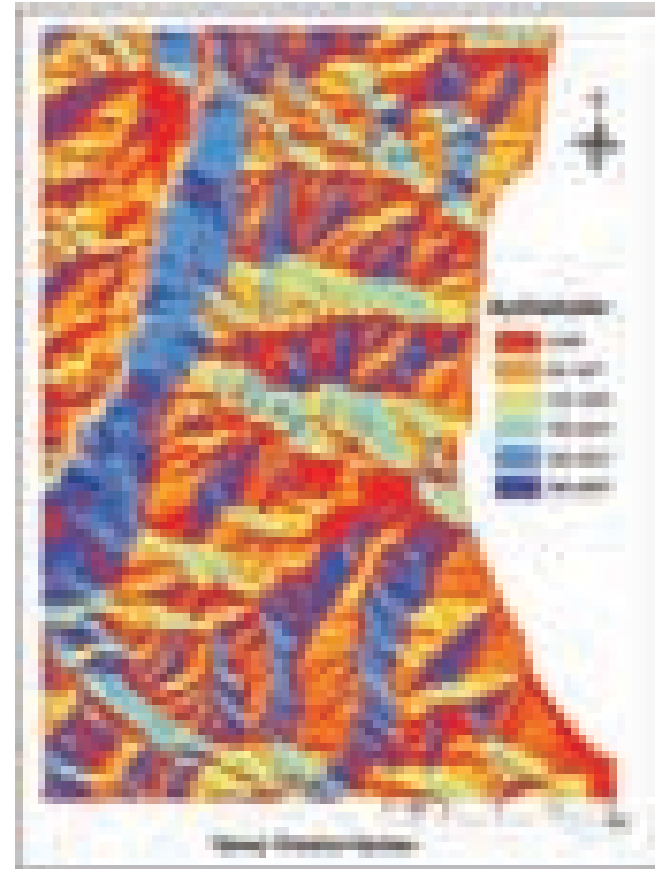


Şekil 4.a) Çalışma alanına ait eğim haritası

Eğim haritalarında, 0-5°, 5-10°, 10-15°, 15-20°, 20-25°, >25° olmak üzere 6 sınıf esas alınmıştır (Şekil 4.a). Yamaç yönelimi haritalarında 0-60°, 60-120°, 120-180°, 180-240°, 240-300°, 300-360° sınıf aralığındaki yönelimler kullanılmıştır (Şekil 4.b). Yamaç eğriliği haritalarında ise negatif değerler iç bükey alanları, pozitif değerler dış bükey alanları, sıfır olan değerler düz alanları göstermektedir. Sınıflamada ise bu gösterime bağlı sınıf aralıkları seçilmiştir (Şekil 5.a).

Analizlerde kullanılan bir diğer parametre de bitki örtüsü haritasıdır. Bu harita Landsat uydu görüntüsü üzerinde farklı görüntü işleme ve zenginleştirme teknikleri kullanılarak elde edilmiştir. Normalize edilmiş bitki indeksi farkı (Normalized Difference Vegetative Index, NDVI) ile Landsat görüntüsünün 4. ve 3. bantları kullanılarak alandaki bitki örtüsü belirlenmiştir (Şekil 5.b). NDVI değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir. Bu çalışmada SAN (2009)'a göre 0,25 üzeri yoğun bitki örtüsü olarak kabul edilmiştir.

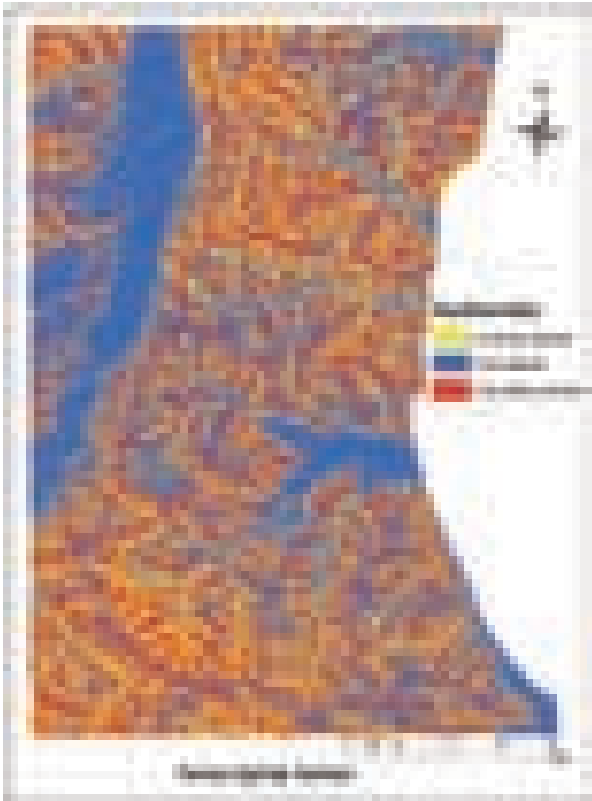
Çalışmada jeoloji verilerini litoloji ve faya uzaklık temsil etmektedir. Bu veriler MTA tarafından oluşturulmuş olan Türkiye Jeoloji Veri Tabanından alınmıştır. Çalışma alanında Şekil 2'de de görülebileceği gibi 5 farklı litoloji mevcuttur. Çalışmada bu litolojiler esas alınmıştır. ArcGIS 9.3.1 programında Mekansal Analizler (Spatial Analysis)'den birisi olan Mesafe (Distance) analizlerinden Doğrusal Çizgi (Straight Line) analizi kullanılarak faya uzaklık haritaları oluşturulmuştur (Şekil 6.a). Akarsuya uzaklık değerlendirmelerinde de yine sözedilen analizler kullanılarak raster haritalar üretilmiştir (Şekil 6.b). Drenaj ağı çok yoğun olduğu için tüm çalışma alanı 2 km'lik uzaklık içinde kaldığı gözlenmektedir.



Şekil 4.b) Çalışma alanına ait yamaç yönelimi haritası

3.2. Kullanılan Yöntem ve Verilerin Analizi

Heyelanların duyarlılık değerlendirmesinde Frekans Oranı Metodu kullanılmıştır. Heyelanların öngörülmesinde genellikle, heyelan oluşumunun heyelanı oluşturan faktörler tarafından belirlendiği ve gelecekte oluşacak heyelanların geçmişte oluşan heyelanlar ile aynı koşullar altında oluşacağı varsayılır. Bu temele dayanarak, heyelanlı alanlar ile heyelanı oluşturan faktörlerin arasındaki ilişki, heyelansız alanlar ile heyelan oluşturan faktörlerin arasındaki ilişkiden ayırtlanır. Bu ayrımın sayısal olarak ifade edilmesinde Frekans Oranı kullanılır. Frekans Oranı, heyelan oluşan alanın toplam alana oranı ya da bir parameter için heyelan oluşma



Şekil 5:a) Çalışma alanına ait yamaç eğriliği haritası

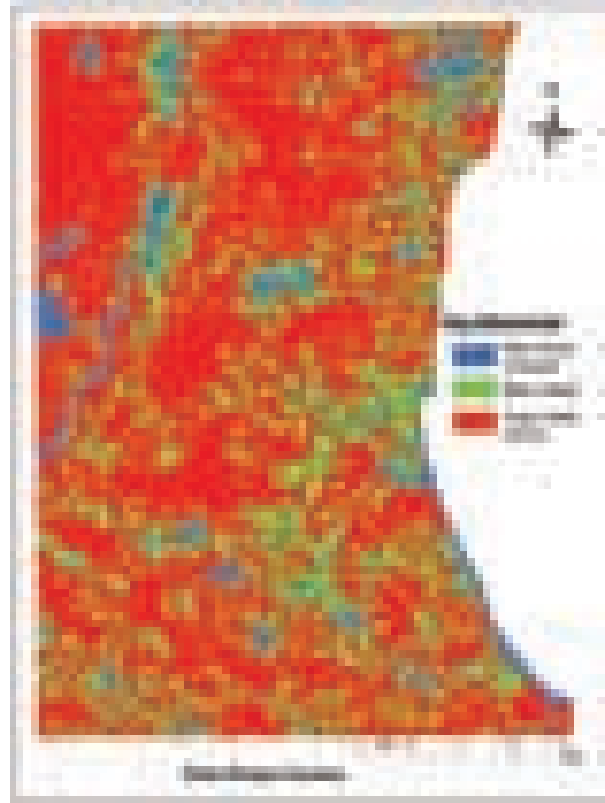
olasılığının oluşmama olasılığına oranı olarak tanımlanır. Heyelan oluşumu durumunda, eğer heyelan oluşumu “B” ile heyelan oluşumunda etkili olan parameter sınıfı ise “D” ile gösterilirse, D’nin frekans oranı, B’nin koşullu olasılıklarının oranına eşittir. Bu nedenle, bu oranın 1’den büyüklüğü, heyelan oluşumu ile verilen parameter arasındaki ilişkinin güçlülüğünü, 1’den küçük olması ise heyelan oluşumu ile parameter arasındaki ilişkinin daha zayıf olduğunu gösterir (LEE ve TALİB, 2005). Frekans oranını hesaplamak için Eşitlik (1) kullanılmıştır.

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

Burada; PLO heyelanı etkileyen her bir faktörün her bir sınıf aralığı için heyelanlı alanın o faktöre ait heyelanlı alanlar toplamına oranıdır. PIF ise her bir faktörün her bir sınıf aralığına ait alanın toplam alana oranıdır.

Hesaplamalar her bir parameter için tekrarlanmış ve elde edilen Frekans Oranı değerleri ilgili raster haritanın öznetelik

tablosuna aktarılmıştır (Şekil 7). Son olarak yedi parametreye ait raster harita kullanılarak, ağırlıklı toplam çakıştırma analizi (overlay-weighted sum analysis) ile heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur (Şekil 8).



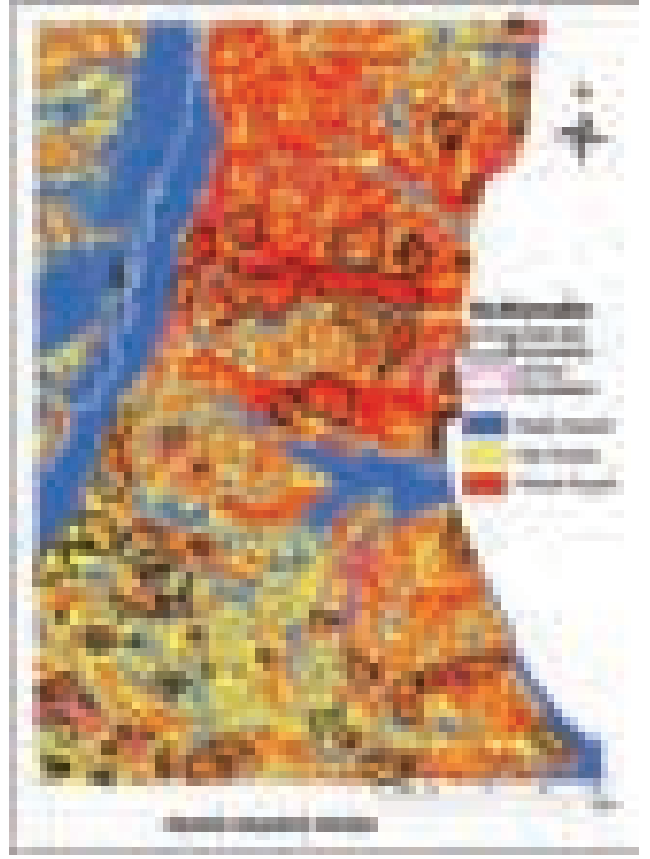
Şekil 5:b) Çalışma alanına ait bitki örtüsü haritası



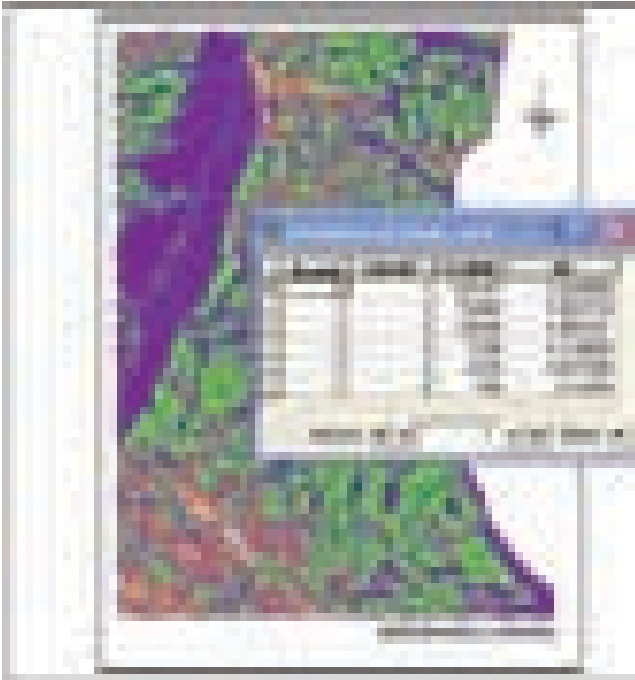
Şekil 6:a) Çalışma alanında faya uzaklık haritası



Şekil 6:b) Çalışma alanında akarsuya uzaklık haritası



Şekil 8: Heyelan Duyarlılık Haritası



Şekil 7: Raster haritalarının öz nitelik tablolarına girilen Frekans Oranı değerleri için bir örnek

4. Sonuç

Bu çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak E34a1 paftasının kapladığı alan (Sinop) için heyelan duyarlılık haritası oluşturulmuştur. Duyarlılık haritasında düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç sınıf ayırt edilmiştir. Çalışma alanındaki kullanılan ve test amaçlı saklanan heyelanların orta ve yüksek duyarlılık bölgelerinde yer aldığı gözlenmiştir.

Teşekkür

Analizlerde kullanılan bitki örtüsü haritası ve bitki örtüsü indeksinin hazırlanmasındaki yardımlarından dolayı Dr. B.Taner SAN'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- CARRARA A., 1995: **GIS-based techniques for mapping landslide hazard-web page**, cnrripi, Perugia.
- CARRARA A., Cardinali, M., Guzetti F., Reichenbach P., 1995: GIS Technology in Mapping Landslide Hazard, **Geographical Information System in Assessing Natural Hazards**, 135-175.
- DUMAN T. Y., ÇAN, T., NEFESLİOĞLU H., 2007: **1/500.000 Ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası-Sinop Paftası**, Özel Yayın.
- ERENER A. ve LACASSE S., 2007: **Heyelan duyarlılık haritalamasında CBS kullanımı**, TMMOB Harita ve Kadastro

- Mühendisleri Odası, Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Trabzon.
- GAYLE R. B. 1959: **Geology of the Sinop region: Tide-Water-Atlantic-Texaco exploration group**, Petrol Dairesi Başkanlığı teknik arşivi, Ankara.
- GEDİK A. ve KORKMAZ S., 1984: **Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları**. Jeol. Mühend. Derg., 19, 53-79.
- GÖKÇEOĞLU, C. ve ERCAN, M., 2001: **Heyelan Duyarlılık Haritalarının Hazırlanmasında Kullanılan Parametrelere İlişkin Belirsizlikler**, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, sayı:23, 189-206.
- ILGAR A., ÖZAKSOY V., NEMEC W., LEREN B., JANBU N. E., KIRMAN E., 2008: **Sinop- Boyabat Havzasının Sedimantolojisi: Riftleşme ve Sıkışmalı Tektonikle Olan İlgisi**. MTA Raporu, 80s.
- KETİN İ., GÜMÜŞ Ö., 1963: **Sinop-Ayancık arasındaki, III. Bölgeye dahil sahalarda jeolojisi hakkında rapor**, 2. Kısım, Jura ve Kretase formasyonlarının etüdü. Rapor No. 213-288, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO), Ankara, 118s.
- LEE S., TALİB J. A., 2005: **Probabilistic landslide susceptibility and factor effect analysis**, Environmental Geology, 47, 982-990.
- Türkiye Jeoloji Veri Bankası: **1/25.000 ölçekli E34a1 paftası**, MTA Genel Müdürlüğü.
- San B.T., 2002: **Detecting Earthquake Induced Changes From Space and Aerial Images**, Unpublished Copy of Master Thesis, METU, Department of Geodetic and Geographic information Technologies.