

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE ÇOK DEĞİŞKENLİ İSTATİKSEL ANALİZ TEKNİKLERİ İLE KADIRLI - ASLANTAŞ (OSMANİYE) ARASININ HEYELAN DUYARLILIK DEĞERLENDİRMESİ

Senem Tekin¹, Tolga Çan¹

ÇÜ, Çukurova Üniversitesi, Jeoloji Müh.Bölümü, Sarıçam 01330 Adana, senemtekin01@gmail.com

ÖZET

Heyelanlardan olumsuz yönde etkilenmiş bölgelerde yapılacak planlama çalışmalarında, heyelanların çevresel değişkenlerin etkisi altında, mekansal olarak nerede oluşabileceğini gösteren duyarlılık haritaları önemli katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada, Kadirli ilçesi dolayında toplam 523 km²'lik alanın heyelan duyarlılık değerlendirilmesi yapılmıştır. Envanter haritasına göre heyelanların alansal dağılımı çalışma alanının yaklaşık % 3'üne karşılık gelmekte olup, heyelanlar hareket tiplerine göre genel olarak dairesel ve kompleks kayma şeklinde gözlenmektedir. Çalışma alanının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı heyelan duyarlılık haritası, mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Heyelan, heyelan duyarlılık, Arazi kullanımı, Mekansal analiz, Afet

ABSTRACT

LANDSLIDE SUSCEPTIBILITY ASSESSMENT BETWEEN KADIRLI - ASLANTAŞ (OSMANİYE) USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND MULTIVARIATE STATISTICAL ANALYSIS

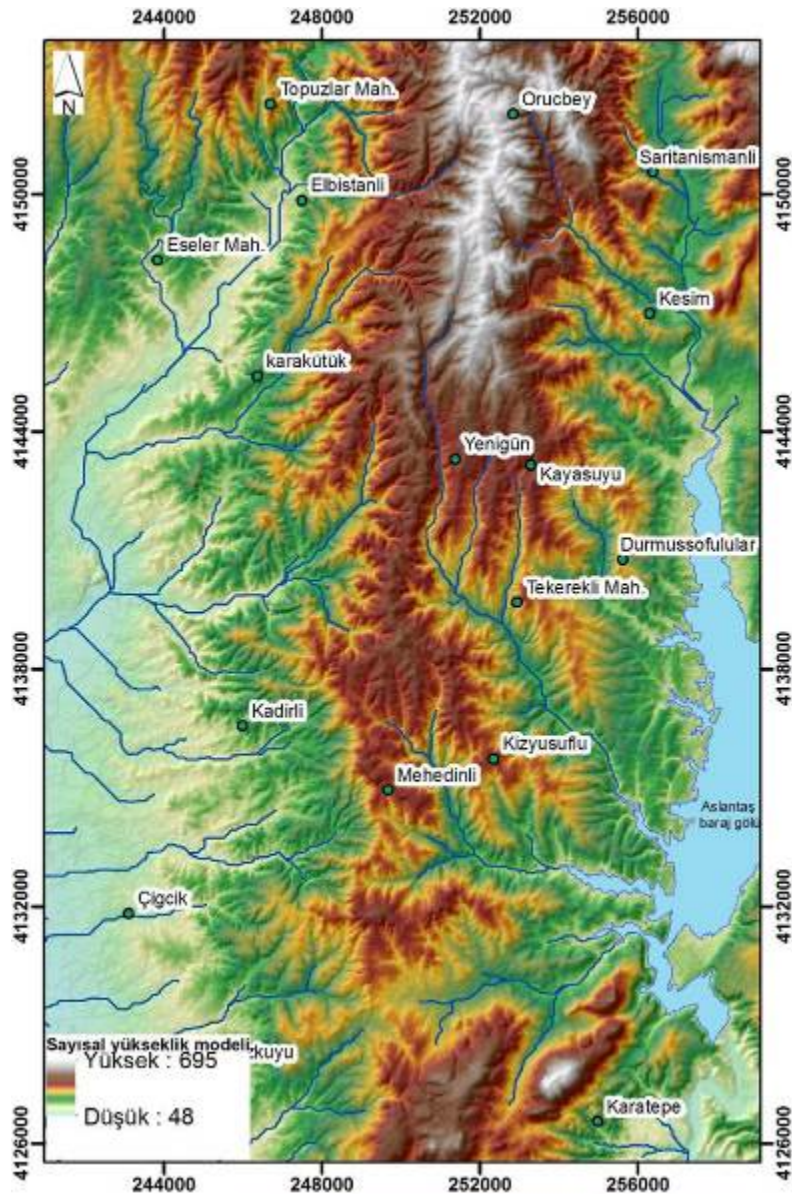
During the development of the land-use planning strategies, especially in the areas that have been adversely affected by landslides, susceptibility maps that portrays the probability of spatial distribution of landslides under various preparatory conditions, provides significant contributions. In this study, landslide susceptibility assessments were achieved in 523 km² area around Kadirli town. According to the landslide inventory map 3 % of the area was affected by mostly rotational and complex landslides. The GIS based landslide susceptibility map of the study area was prepared by using logistic regression analysis.

Keywords: Landslide, Landslide susceptibility, Landuse, Spatial analysis, Disaster

1. GİRİŞ

Heyelanlar dünyada olduğu gibi ülkemizde de özellikle belli bölgelerde sıkça tekrarlanmakta olup, zaman zaman doğal afete dönüşerek oldukça önemli sosyal ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Heyelanlardan kaynaklanan zararların azaltılmasında heyelan duyarlılık, olası tehlike ve risk değerlendirme çalışmaları önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışmada Çukurova bölgesi içinde Kadirli ilçesi (Osmaniye) ile Aslantaş Barajı arasında toplam 523 km²'lik bir alanın heyelan duyarlılık değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 1). Çalışma alanı içerisinde heyelanlar belirli bölgelerde konsantrasyon göstermekte ve yerleşim birimlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Bununla birlikte Bakü-Tiflis-Ceyhan petrol boru hattının yaklaşık 30 km'lik bölümü de çalışma alanı içerisinde geçmektedir. Bölgede meydana gelen heyelanlar zaman zaman boru hattı üzeri ve çevresinde de risk oluşturmaktadır.

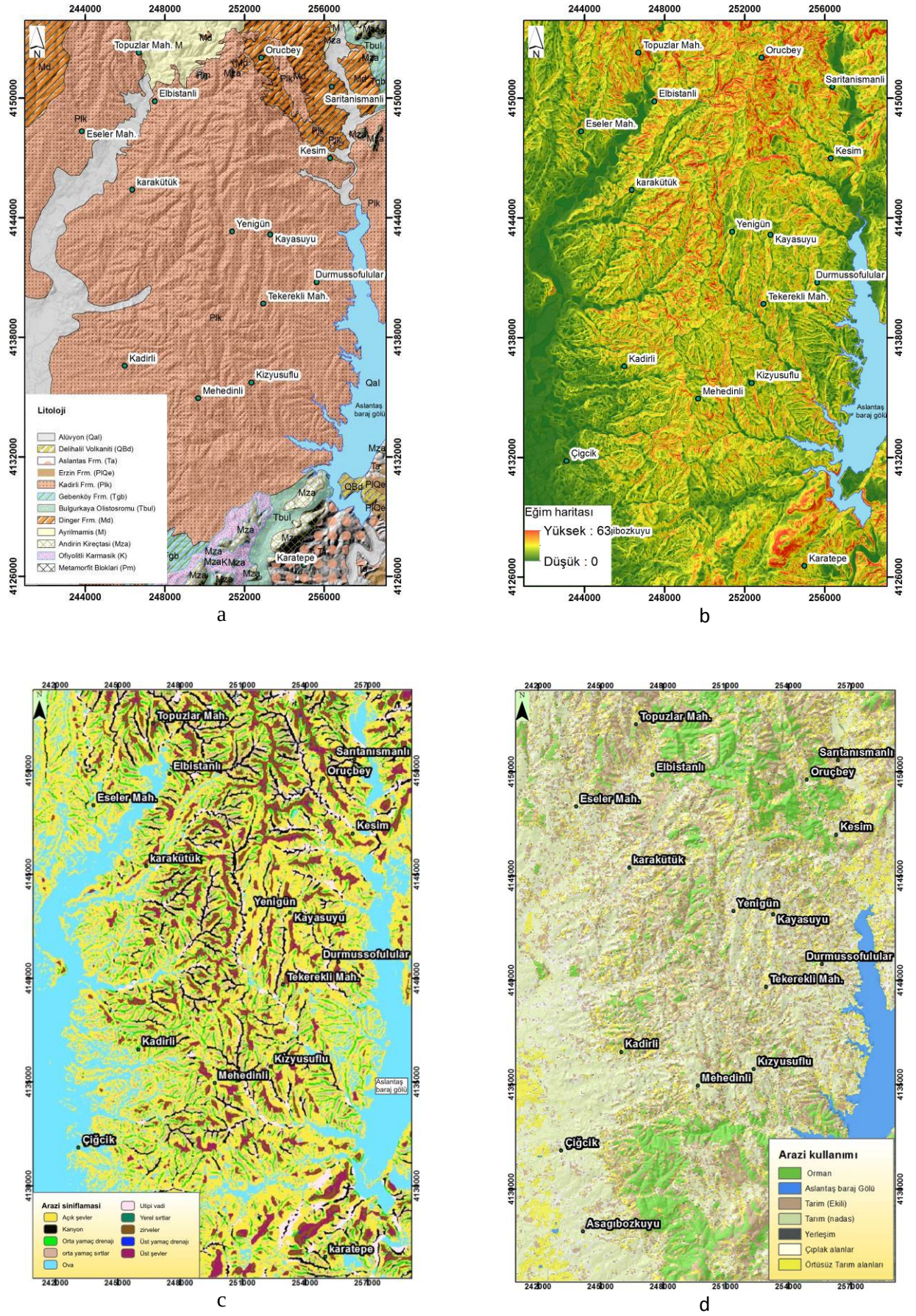
Bu çalışma bölgede heyelanlardan kaynaklanan olumsuz etkileri azaltmaya katkı sağlaması amacıyla iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada bölgenin Duman vd. (2009) tarafından hazırlanmış olan heyelan envanter haritası revize edilmiştir. Daha sonra heyelanların oluşumunda etkili olduğu düşünülen çevresel faktörler değerlendirilmiştir. Çevresel faktörler olarak başta jeoloji ve arazi kullanımı yanısıra bölgenin sayısal yükseklik modelinden üretilen birincil ikincil türev haritaları olmak üzere toplamda 25 farklı tematik harita Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında hazırlanmıştır. Model yapılandırma teknikleri uygulanarak tüm çalışma alanı için istatistik veri matrisi oluşturulmuştur. Heyelan duyarlılık analizleri için literatürde yaygın olarak kullanılan çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan Mantıksal regresyon yöntemi tercih edilmiştir. Heyelan duyarlılık haritalarının doğruluğu ilk olarak, analizlerde kullanılan heyelan envanter haritasından oluşturulan %20'lik test verisi ile ikinci olarak ise model uyum iyiliği ve alıcı alıcı işletim karakteristiği eğrileri ile değerlendirilmiştir. Son olarak %3'ü mevcut heyelanlardan etkilenmiş olan çalışma alanının toplam % 15'lik bölümünün çok yüksek heyelan duyarlılığına sahip olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1: Çalışma alanının sayısal yükseklik modeli.

2. ÇALIŞMA ALANININ GENEL ÖZELLİKLERİ

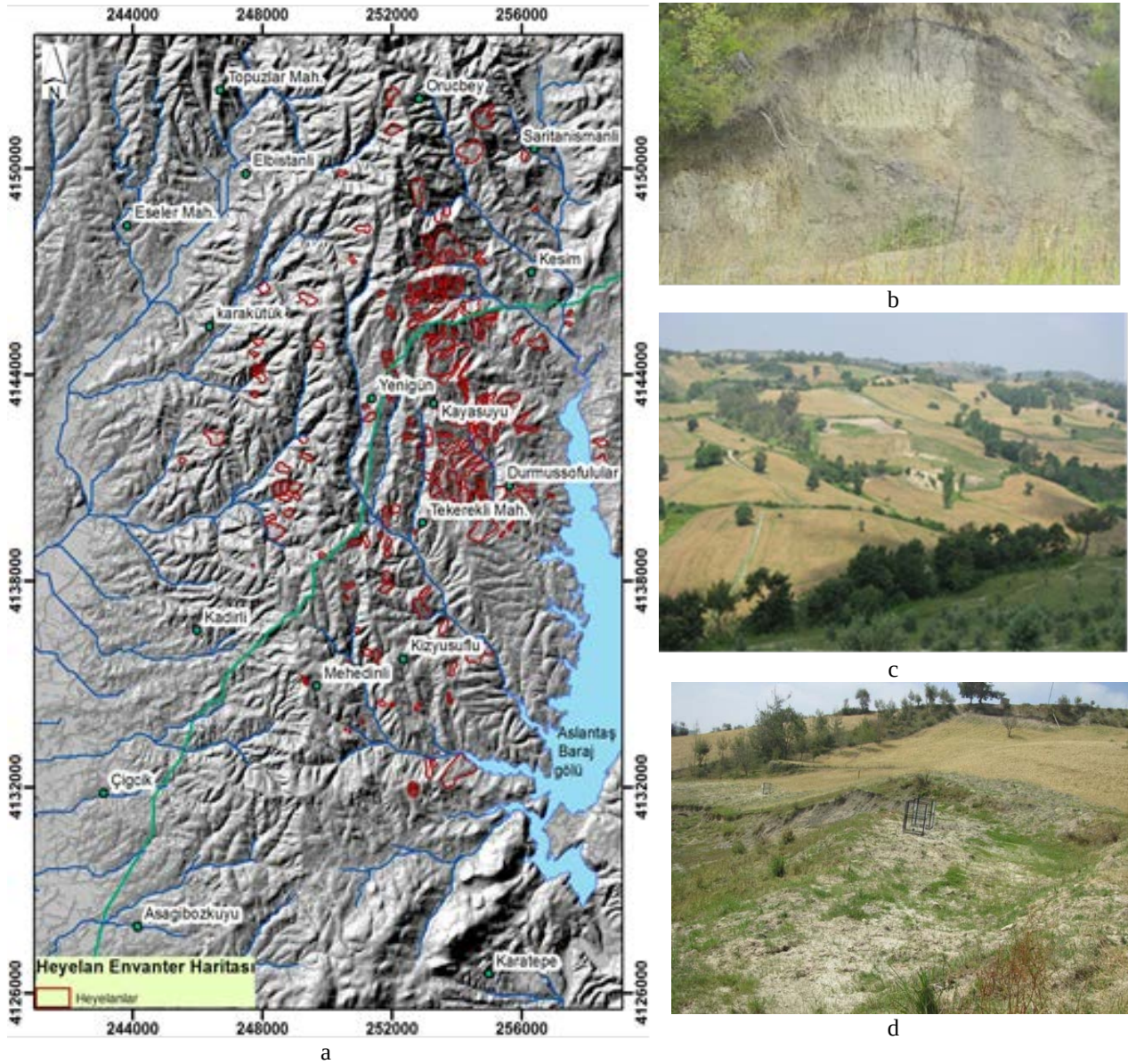
Çukurova bölgesi morfolojik olarak çok engebeli arazi yapısına sahip olmamakla birlikte çalışma alanında olduğu gibi belirli, jeolojik, morfolojik ve fiziksel koşullar etkisi altında yoğun olarak heyelanlar oluşabilmektedir. Çalışma alanı jeolojik konum olarak Kozlu (1999) tarafından, KD-GB uzanımlı tektonik hatlar sunan, Misis Andırın Kuşağı olarak isimlendirilmiştir. Bölgede farklı tektonik hatlara ait çok sayıda birim yüzeylemekle birlikte (Şekil 2a) çalışma alanının %65'i Geç Pliyosen yaşlı Kadirli formasyonu ile temsil edilmektedir. Kadirli formasyonu, gevşek yapılı kum dolgulu iri çakıltı, kalın tabakalı çakıltı, çakıllı kumtaşı, kumtaşı ve kumlu-çakıllı çamurtaşlarının düzensiz ardalanmasından oluşmaktadır. Yamaç eğimlerinin dağılımına bakıldığında 10° den düşük eğimli yamaçların çalışma alanının %50'sine karşılık geldiği, 20° üstündeki yamaçlar ise çalışma alanının %15'ine karşılık gelmektedir (Şekil 2b). Morfolojik açıdan çalışma alanı ova, etek düzlükleri ve alçak tepeliklerden oluşmaktadır. Deniz seviyesine göre ova tabanı yükseklik değerleri 40-90 m, etek düzlükleri 90-150 m arasında, alçak tepelikler ise en fazla 700 m'ye ulaşmaktadır. Çalışma alanının arazi yapısı 10 sınıfa ayrılmış olup, heyelanlar bu sınıflar içerisinde açık şev ve orta yamaç drenaj sınıfları içerisinde yer almaktadır (Şekil 2c). Landsat TM uydu görüntüsü kullanılarak yapılan arazi kullanım haritasına göre çalışma alanının % 40'ı bitki örtüsü ve tarım arazilerine karşılık geldiği belirlenmiştir (Şekil 2d). Bunların yanı sıra heyelan duyarlılık analizlerinde bağımsız değişken olarak kullanılmak üzere yamaç yönelimi, topoğrafik nemlilik indeksi, sediman taşıma kapasite indeksi, nehir aşındırma gücü indeksi, yamaç durum indeksi, kesit yamaç eğriliği, teğetsel yamaç eğriliği, düzlem yamaç eğriliği, güneş radyasyonu, pürüzlülük haritası, yüzey rölyef haritası, ortalama eğim, eğim/yamaç yönelimi oranı haritaları ArcGis Desktop 10.1 programında jeomorfometrik ve gradyan metrik eklentisi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2: Çalışma alanının Jeoloji (Kozlu, 1999'dan) (a), yamaç eğimi (b), arazi sınıflaması (c) ve arazi kullanımı (d) haritaları.

3. HEYELAN ENVANTERİ

Çalışma alanı heyelan envanteri, Duman ve diğ. (2009)'da tamamlamış oldukları Türkiye Heyelan Envanter projesinde belirlenen heyelanlar temel alınarak çeşitli zamanlarda yapılan arazi çalışmaları ile güncellenmiş olup toplamda 185 adet heyelan bulunmaktadır. Yapılmış olan arazi çalışmalarında, 2009 yılından sonrası gelişen 18 adet yeni heyelan tanımlanmış ve envanter haritasına eklenmiştir (Şekil 3). Heyelanlı alanların toplamı 14.13 km² olup, bu da çalışma alanının yaklaşık %3'üne karşılık gelmektedir. Heyelanların % 86.4'ü gevşek yapılı kum dolgulu iri çakıltası, kalın tabakalı çakıltası, çakıllı kumtaşı, düşük dayanımlı kilitaşı ve çamurtaşlarının düzensiz ardalanmasından oluşan Kadirli formasyonu içerisinde gözlenmektedir. Heyelanlar genel olarak Kadirli formasyonunun içerisinde çakıltası ile ardalanmalı olarak bulunan zayıf dayanımlı kilitaşı seviyelerinin içerisinde oluşturmaktadır (Şekil 3b-d). Heyelanlar genel olarak kompleks ve dairesel kayma tipinde (Şekil 3c-d), 15° üzerindeki eğime sahip vadi yamaçlarında gözlenmekle birlikte, aşırı yağışlara bağlı olarak küçük ölçekli akmalarda gözlenmektedir. Çalışma alanından geçen petrol boru hattının yaklaşık 1 km'lik bölümünde heyelanların içinden geçmektedir. Bölgedeki heyelanlar genel olarak aşırı yağışların tetiklenmesi sonucu oluşmaktadır. Çalışma alanı sınırları içerisinde bulunan Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait Kadirli meteoroloji istasyonundan elde edilen yağış verilerine göre 1999-2011 yılları arasında ortalama yıllık yağış değeri 790 mm'dir. En fazla yağış ortalama 100 mm ile Aralık-Mart ayları arasında gözlenmektedir. Günlük 100 mm veya birkaç günlük birikimli yağış değerlerinin 150 mm'yi aştığında bölgede heyelanların tetiklendiği gözlenmiştir.



Şekil 3: Heyelan Envanter Haritası (a), Kadirli formasyonun heyelana duyarlı killi seviyelerinin yakından görünümü (b)Yenigün doğusundaki kompleks heyelanlar (c) petrol boru hattı güzergahında gelişmiş heyelan (d).

5. HEYELAN DUYARLILIK DEĞERLENDİRMELERİ

Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanması öncelikli olarak, çalışma alanını belli alt bölgelere ayıran, uygun haritalama biriminin seçimini gerektirmektedir. Heyelan duyarlılık haritalarında, genel olarak piksel, yamaç birimi veya tek durum birimleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada istatistiksel değerlendirmelerde kullanılmak üzere piksel birimleri tercih edilmiştir. Çalışma alanının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı heyelan duyarlılık haritası, çok değişkenli istatistiksel yöntemlerden biri olan mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Mantıksal regresyon, bağımlı değişkenin ikili gözlemlendiği durumlarda, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin neden sonuç ilişkisini belirlemede kullanılan, bağımsız değişkenlere göre bağımlı değişkeninin beklenen değerlerinin olasılık olarak elde edildiği bir regresyon yöntemidir.

Analizlerde kullanılan envanter haritası yaklaşık 1/5 oranında (alansal dağılım ve piksel sayısı dikkate alınarak) rastgele seçim yöntemi ile iki gruba ayrılmıştır. İkiye ayrılan bu grubun %80'lik kısmına karşılık gelen bölümü duyarlılık analiz veri setinde, kalan %20'lik kısım ise doğrulama veri seti olarak kullanılmıştır. Heyelanlı alanlara ilişkin olarak yukarıda belirtilen şekilde 3 ayrı heyelan veri seti oluşturulmuştur. Bu 3 veri setlerinin herbiri için aynı sayıda heyelandan etkilenmeyen alanlar içinden 3'er adet olmak üzere toplamda 9 adet istatistiksel veri seti elde edilmiştir.

Heyelan duyarlılık modellerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de özetlenmiştir. Çizelge 1'de 9 adet veri setinden elde edilen heyelan duyarlılık haritaları içinde yüksek ve çok yüksek duyarlılık sınıflarının çalışma alanına karşılık gelen yüzde değerleri ile bu sınıflar içerisinde yer alan analiz ve test heyelanlarının dağılımı görülmektedir. Genel olarak bakıldığında tüm duyarlılık modellerinin oldukça yüksek kestirim gücüne sahip olduğu görülmüştür.

Çizelge 1: Heyelan duyarlılık modellerinde çok yüksek ve yüksek duyarlı alanların çalışma alanı, analiz ve test heyelanları içinde dağılımı.

Veri Setleri	Çalışma alanı (%)	Analiz heyelanlar (%)	Test heyelanlar(%)
1_1	34.59	78.12	81.84
1_2	35.54	84.6	86.46
1_3	33.02	74.78	77.64
2_1	30.88	72.41	74.47
2_2	35.81	80.51	80.58
2_3	31.07	73.43	74.96
3_1	33.19	73.85	71.84
3_2	32.53	74.84	72.59
3_3	29.96	71.62	74.45

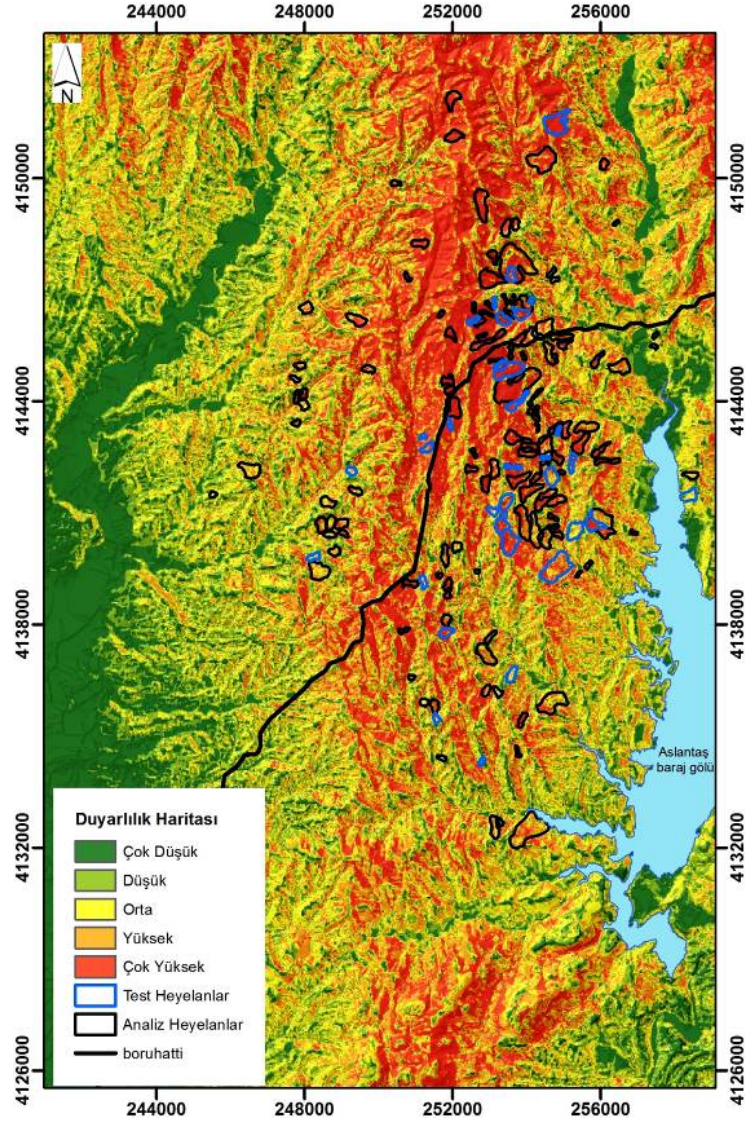
Elde edilen 9 adet duyarlılık modeli içinde veri seti 1_2'de yüksek ve çok yüksek duyarlı alanlarda, hem analiz hem de test heyelanlarının en yüksek performans elde edilmiştir. Bu veri setine ait regresyon hata matrisi Çizelge 2'de verilmiş olup genel doğruluk % 72.2 olarak elde edilmiştir. Veri seti 1_2'de kategorik ve sürekli toplam 55 adet bağımsız değişkenden aşamalı mantıksal regresyon yöntemi ile sabit ile birlikte 17 adet anlamlı değişken denkleme girmiştir. Çizelge 3. Pürüzlülük, tarım nadas, tarım ekili, yükseklik, 3x3 piksel ortalama eğim ve yerel sırtların heyelanlı alanların heyelanlı olmayan alanlardan ayrılmasında en önemli parametreler olarak öne çıktığı görülmüştür. Veri seti 1-2 elde edilen duyarlılık haritası Şekil 4'te verilmiştir. Haritada çalışma alanının %22.3'i çok düşük, %19.8 'si düşük, %22.3 orta, %20.6 yüksek, %14.9 çok yüksek duyarlılık sınıf aralığında bulunduğu tespit edilmiş olup, yüksek, orta ve düşük duyarlılık sınıfları için başarı tahmin eğrisi Şekil 5'da verilmiştir. Çalışma alanından 30km'lik bölümü geçmekte olan petrol boru hattının yaklaşık olarak 12 km'si yüksek duyarlı alanlarda yer almaktadır.

Çizelge 2: Set1_2 veri setinin mantıksal regresyon hata matrisi.

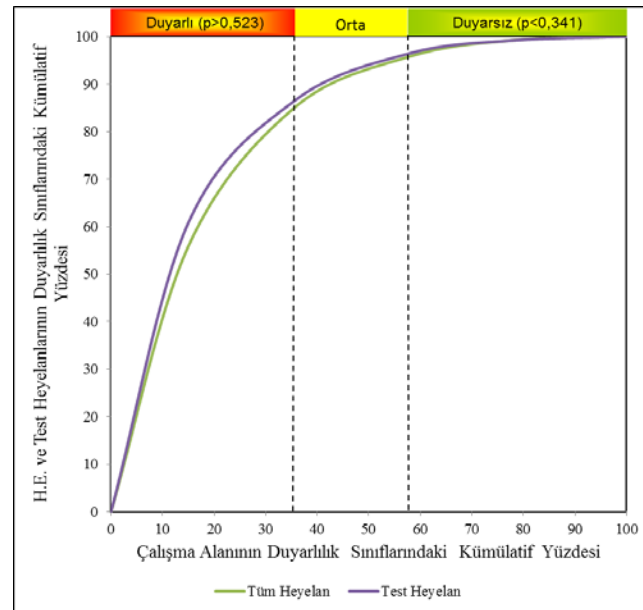
		Tahmin edilen heyelan		Doğruluk
Gözlenen Heyelan		0	1	
	0	11423	5429	67.8
	1	3938	12914	76.6
Genel %				72.2

Çizelge2: Mantıksal regresyon Set1_2 veri seti analiz sonuçları.

Değişken	(B)	Standart hata	Anlamlılık		
			Wald	(P)	Exp(B)
Yükseklik	0.007	0	1714.316	0.001	1.007
Eğim	0.026	0.007	12.586	0.005	1.027
Sediman taşıma kapasitesi	-0.061	0.009	43.98	0.002	0.94
Nehir aşındırma gücü	0.321	0.037	75.298	0.007	1.378
Topoğrafik Nemlilik indeksi	-0.081	0.015	28.55	0,000	0.922
Orman	0.455	0.08	32.218	0.003	1.576
Ekili tarım	1.251	0.578	4.682	0.026	3.494
Nadas tarım	1.348	0.073	344.482	0.005	3.848
Çıplak alanlar	0.604	0.049	150.641	0.001	1.83
Pürüzlülük	3.514	0.131	721.007	0,000	33.579
Eğim 3piksel	1.06	0.173	37.468	0.013	2.885
Eğim/Yamaç yönelimi oranı	-0.561	0.123	20.707	0.001	0.571
Ortalama eğim (3x3piksel)	-0.419	0.018	516.759	0.005	0.658
Sırt	-0.335	0.111	9.149	0.002	0.716
Yerel sırtlar	-0.691	0.035	380.362	0.007	0.501
Orta yamaç	-0.38	0.041	87.428	0.0035	0.684
Sabit	-5.403	0.211	658.695	0.0011	0.005



Şekil 4: Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası.



Şekil 5: Veri Seti 1_2 modeline ait başarı-tahmin eğrileri.

6. SONUÇLAR

Heyelan duyarlılık değerlendirmeleri, çok değişkenli istatistiksel analiz yöntemlerinden biri olan mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Heyelan duyarlılık değerlendirmelerinde heyelanları hazırlayıcı faktörler olarak çalışma alanının jeolojisi başta olmak üzere arazinin sayısal yükseklik modelinden üretilen türev haritalar (yamaç yönelimi, yamaç eğimi, nehir aşındırma indeksi, topoğrafik nemlilik indeksi, yamaç eğriliği, topoğrafik konum indeksi) ve 2010 Landsat TM görüntüleri kullanılarak oluşturulan arazi kullanımı haritası göz önünde bulundurularak toplamda 55 adet bağımsız değişken ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanının heyelan duyarlılık haritası olasılık değerlerine göre çok düşük ve çok yüksek duyarlı olmak üzere 5 grup'a ayrılmış olup çalışma alanının % 35,54 yüksek ve çok yüksek duyarlı bölgelerde olduğu görülmüştür. Performans analizleri sonucunda da çalışma alanındaki heyelanların %86.46, yüksek ve çok yüksek alanlarda yer aldığı görülmüştür. Elde edilen duyarlılık haritalarında çalışma alanından geçen Bakü Tiflis Boru hattının yaklaşık 12 km'sinin yüksek duyarlı alanlardan geçtiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak, bu çalışmada elde edilen verilerin, bölgesel ölçekte çalışma alanında heyelan olaylarını kontrol eden çevresel değişkenler ile heyelanların mekansal olarak meydana gelebileceği alanların belirlenmesi yanısıra heyelanlardan kaynaklanan zararların azaltılmasına yönelik çalışmalara önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Duman, T.Y., Çan, T., Olgun, Ş., Nefeslioğlu, H.A., Durmaz, S., Hamzaçebi, S., Elmacı, H. ve Çörekçioğlu, Ş., 2009. Türkiye Heyelan Envanteri Haritası-1:500.000 ölçekli Hatay Paftası, MTA Özel Yayınlar Serisi-24, 23 s. Ankara.

Kozlu, H.,1999. Doğu Akdeniz Bölgesinde yeralan Neojen basenlerinin (İskenderun-Misis-Andırın) tektono-stratigrafi birimleri ve bunların tektonik gelişimi. Doktora Tezi,,Ç.Ü. Fen Bil. Enst., 189 s., Adana.