

Received: 11.02.2019

Accepted: 04.03.2019

DOI: 10.30516/bilgesci.525438

ISSN: 2651-401X

e-ISSN: 2651-4028

3 (1), 21-28, 2019

Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Ermenek Havzası'nın (Karaman) Kayma Türü Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi

Senem Tekin^{1*}, Tolga Çan¹

Özet: Ermenek Nehri havzası 4020 km² ile Göksu nehrinin ana alt havzalarından birini oluşturmaktadır. Havzada heyelanlar yaygın olarak yanal ve düşey geçişli Miyosen kırıntılı ve karbonatlı birimlerin içerisinde gözlenmektedir. 1000 m'nin üzerinde derinliğe sahip vadi yamaçlarında derin kayma türü heyelanlar, resifal kireçtaşlarının oluşturduğu platform kenarlarındaki dik yamaçlarda ise kaya düşmeleri yaygındır. Bu çalışmada Ermenek nehri havzasında kayma türü heyelanların duyarlılık değerlendirilmesi yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanında toplam alanı 161 km² olan 302 adet heyelan bulunmaktadır. Duyarlılık değerlendirmelerinde heyelanları hazırlayıcı faktörler olarak jeoloji, sayısal yükseklik modeli, yamaç eğimi, pürüzlülük indeksi, teğet, düzlemsel, kesit yamaç eğrisellikleri, topoğrafik nemlilik indeksi, ortalama eğim, yüzey-rölyef oranı değişkenleri kullanılmıştır. Heyelan duyarlılık modellemesi için elde edilen veri seti, rastgele seçim yöntemiyle %15 test, %15 doğrulama ve %70 analiz olarak üç bölüme ayrılmıştır. Elde edilen duyarlılık haritası çok düşük – çok yüksek arasında 5 sınıfta değerlendirilmiştir. Duyarlılık haritasının doğruluğu, başarı tahmin ve alıcı işletim karakteristiği eğrileriyle elde edilmiştir. Duyarlılık haritasında mevcut heyelanların %77'sinin, çalışma alanının %29'una karşılık gelen yüksek ve çok yüksek duyarlı sınıflar içerisinde yer aldığı, alıcı işletim eğrisi altında kalan alan ise 0.893 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak elde edilen duyarlılık haritasının yüksek kestirim kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.

Keywords: Emenek Havzası, Heyelan, Yapay sinir ağları, Heyelan duyarlılık

Slide Type Landslide Susceptibility Assessment of the Ermenek River Watershed (Karaman) Using Artificial Neural Network Method

Abstract: Ermenek River is one of the major tributary of the Göksu river with a watershed area of 4020 km². The lateral and vertical transitional Miocene clastic and carbonate units are widely exposed in the area along the deeply incised valleys with elevation range of more than 1000 m. Deep-seated slides on the valley sides and the rock fall events along the steep slopes on the edge of the reefal limestone platforms are abundant in the area. In this study susceptibility assessments for slide type landslides were evaluated using artificial neural network method. 302 landslides covering an area of 161 km² were identified in the study area. Geology, digital elevation model, slope, roughness index, tangential, plan and profile curvatures, topographic wetness index, mean slope, surface-relief ratio were used for the landslide preparatory factors during the susceptibility assessments. The data base used in susceptibility models were randomly separated into three of which, 70 % for the analysis and 15 % for the test and validation sets. Landslide susceptibility map has been classified into five susceptibility classes from very low to very high. The validation of the

¹Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı, Adana

* Corresponding author (İletişim yazarı) senemtekin01@gmail.com

Citation (Atıf): Tekin, S., Çan, T. (2019). Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Ermenek Havzası'nın (Karaman) Kayma Türü Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 3 (1): 21-28.

landslide susceptibility map was evaluated by the prediction-success rate and receiver operator characteristics curve. As a consequence, it has been seen that the produced susceptibility map has high prediction capacity where 77 % of the substantial landslides were located in the high and very high susceptibility classes corresponding 29 % of the study area with the area under the receiver operator characteristic curve of 0.893.

Keywords: Ermenek watershed, Landslide, Artificial neural network, Landslide susceptibility

1. Giriş

Arazi kullanım planlaması, sürdürülebilir kalkınma sürecinin merkezinde yer almakta olup, planlama çalışmalarında heyelan, sel ve deprem gibi doğal olası tehlikelerin göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Heyelanların mekansal olarak nerede gerçekleşebileceğini gösteren duyarlılık haritaları, bölgesel ölçekli planlama ve heyelan zarar azaltma çalışmalarının önemli aşamalarından birini oluşturmaktadır (Tekin ve Çan, 2015; Tekin ve Çan, 2018; Abanco vd., 2016; Nsengiyumva vd., 2018; Chawla vd., 2018; Ietto vd., 2018; Silva vd., 2018; Achour vd., 2018; Chen vd., 2018; Chu ve Chen 2018; Hu vd., 2018). Heyelan duyarlılık haritalarının hazırlanması; heyelanların tipi, dağılımı ve envanter haritasının güvenilirliği başta olmak üzere, heyelanları hazırlayıcı uygun çevresel değişkenlerin göz önünde bulundurulması gibi birçok faktöre bağlıdır (Çan vd., 2013). Heyelan duyarlılık değerlendirmeleri niceliksel ve niteliksel olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Niteliksel yöntemler uzman görüşüne bağlı yöntemlerden oluşmaktadır. Niceliksel yöntemler ise veri güdümlü yöntemler, jeoteknik yaklaşımlardan oluşmaktadır (Corominas vd., 2014). Ermenek ilçe merkezi başta olmak üzere Ermenek havzasında kaya düşmesi olayları sınırlı bölgelerde çalışılmıştır (Taga ve Zorlu, 2017). Ancak havzada oldukça yaygın olan, kentsel ve kırsal yerleşimleri tehdit eden kayma türü heyelanlara ilişkin çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmada, Ermenek nehri havzasında kayma türü heyelanlar için yapay sinir ağı yöntemi kullanılarak duyarlılık çalışması gerçekleştirilmiştir. Heyelan duyarlılık haritasının güvenilirliği heyelan envanteri, başarı-tahmin ve alıcı işletim karakteristik eğrileri ile değerlendirilmiştir.

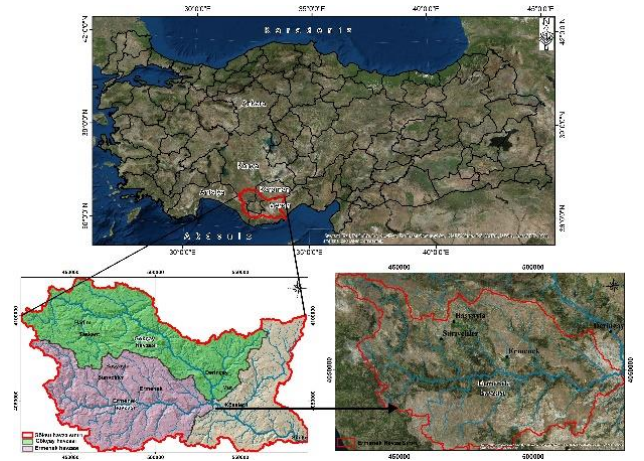
2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

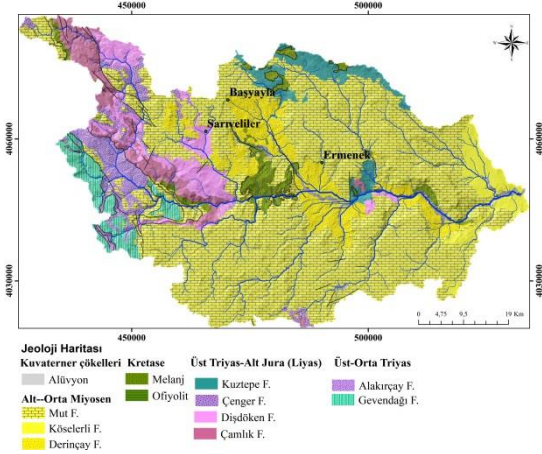
11.000 km² alanı ile Doğu Akdeniz Ana Havzası içerisinde en büyük akarsu havzasını oluşturan olan Göksu Nehri, Antalya, Konya, Karaman ve Mersin il sınırları içerisinde akmaktadır. Kuzeyde

Gökçay, güneyde Ermenek kollarının Mut Güneyinde birleşmesiyle Göksu adını alan nehir Mersin (Taşucu-Silifke) ilinden denize ulaşmaktadır. 4020 km²'lik alana sahip Ermenek havzası, jeolojik olarak Neojen Mut baseni içerisinde yer almaktadır. Bölgede en altta Alakırçay napı içerisinde Üst-Orta Triyas yaşlı Alakırçay ve Gevendağı birimleri yüzülemektedir. Bunların üzerinde Orta Triyas-Alt Jura döneminde Beyşehir-Hoyran naplarına ait Kuztepe, Çenger, Dişdöken ve Çamlık formasyonları uyumsuz olarak bulunmaktadır. Bölgedeki temel birimlerden sonuncusu Kretase yaşlı ofiyolit ve ofiyolitik melanj birimleri olup diğerlerinin üzerine tektonik dokanlarla gelmektedir.

Mut havzasına ait örtü birimleri Alt Miyosen yaşlı Derinçay formasyonu ile başlamakta, Orta Miyosen'de ise 200-600 metre arasında kalınlığa sahip, birbiriyle yanal ve düşey geçişli Köşellerli ve Mut formasyonları ile devam etmektedir (Şenel vd., 2016; Ilgar vd., 2016). Çalışma alanında heyelanlar yaygın olarak Miyosen örtü birimleri içerisinde gözlenmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası.



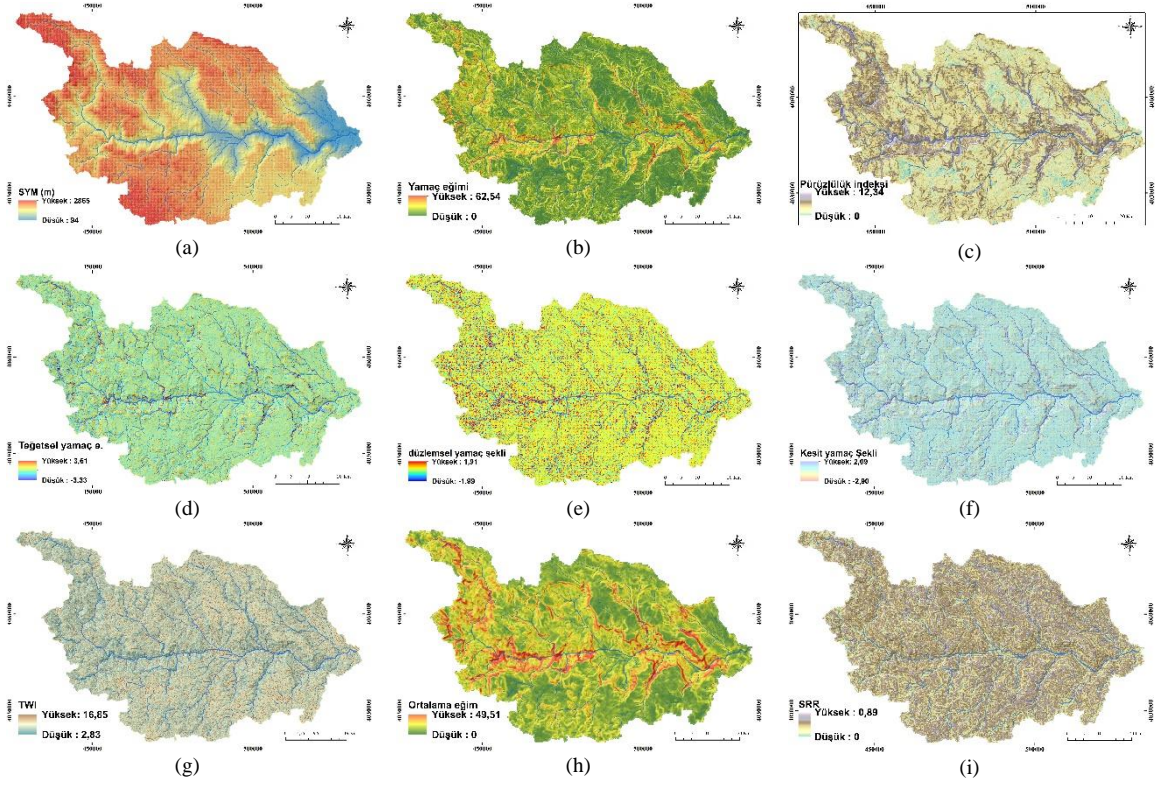
Şekil 2. Çalışma alanının jeoloji haritası (Şenel vd., 2016'dan basitleştirilmiştir).

Ermenek havzasına ait sayısal yükseklik modeli bölgeye ait eş yükselti eğrileri kullanılarak 100 x 100 m.'lik hücre boyutunda, Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında hazırlanmış olup, yükselti değerleri 99 m ile 2565 m arasında değişmektedir (Şekil 3a). Havzada kaba dokulu dentritik drenaj ağı gelişmiş olup, Mut formasyonunun oluşturduğu düzlükler karstik yapılı olup yüzey drenajı zayıftır. Havza asimetrisi 0.55 olup tiltlenme gözlenmemektedir. 0.49 hipsometrik integral değeri havzanın %51'inin heyelan ve diğer erozyonel süreçlerle aşındığını göstermektedir.

Bu çalışmada, sayısal yükseklik modeli, yamaç eğimi, pürüzlülük indeksi, düzlemsel, kesit ve teğet yamaç eğrisellikleri,, topoğrafik nemlilik indeksi (TWI), ortalama eğim (h), yüzey röliyef oranı (SRR) çevresel değişkenleri de 100 x 100 m mekânsal çözünürlükte oluşturulmuştur.

Yamaç eğimlerinin dağılımına bakıldığında; 10 dereceden düşük eğimli yamaçların çalışma alanının %46'sına, 20 derecenin üstündeki yamaçların ise çalışma alanının % 18'ine karşılık geldiği görülmektedir (Şekil 3b). Pürüzlülük indeksi yüzeydeki düzensizliklerin derecesini göstermekte olup, sayısal yükseklik modelinde 3x3 piksellik pencerelerde, her bir hücredeki yükseklik değerinin karekökü ile komşu hücreler arasındaki yükseklik farklarının çarpılmasıyla elde edilmiştir (Riley vd., 1999). Çalışma alanında heyelanların

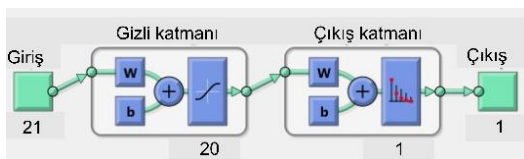
yoğun olarak gözleendiği vadi yamaçlarında pürüzlülük değerleri artmaktadır (Şekil 3c). İç bükey, dış bükey ve düz alanlardan oluşan arazi şekilleri yüzey sularının akışını kontrol etmekte ve heyelan oluşumunda etkin rol oynamaktadır. Bu nedenle duyarlılık analizlerinde teğetsel, kesit ve düzlemsel yamaç eğrisellikleri de değerlendirilmiştir. Eğrisellik parametrelerinde negatif değerler iç bükey, pozitif değerler dış bükey, sıfıra yakın değerler ise düz alanları temsil etmektedir (Şekil 3 d,e,f). Hidrolojik akışa bağlı su içeriğini kontrol etmesi bakımından önemli parametrelerden biri olan Topoğrafik nemlilik indeksi (TWI) (Moore vd., 1991) değerleri yüzeysel akışın toplandığı vadi tabanlarında yüksek değerler sunmaktadır (Şekil 3g). 3x3 piksellik pencerelerde, her bir pikselin eğim değerinin ortalaması alınarak elde edilen ortalama eğim haritası Şekil 3h'de, Yüzey röliyef oranı (SRR) değerleri ise yükseklik değerlerinin yamaç eğim değerlerine oranlanmasıyla elde edilmiştir (Berry, 2002) ve vadi içlerinde yüksek değerler sunduğu görülmektedir (Şekil 3i).



Şekil 3. Heyelanları hazırlayıcı çevresel değişkenler; sayısal yükseklik modeli (a), yamaç eğimi (b), pürüzlülük indeksi (c), teğetsel yamaç eğriselliği (d), düzlemsel yamaç eğriselliği (e), Kesit yamaç eğriselliği (f), TWI (g), Ortalama eğim (h), SRR (i).

2.2. Yöntem

Yapay sinir ağları (YSA), paralel olarak bağlantılı olan çok sayıda basit elemanın biyolojik sinir sistemi benzerleriyle etkileşim kuran, matematiksel modelleme yöntemleri bütünü olarak tanımlanmaktadır (Kohonen, 1982). YSA'nın temel işlem elemanı olan hücre doğrusal olmadığından, hücrelerin birleşmesinden meydana gelen YSA'da doğrusal değildir. Bu özelliği ile YSA, günümüzde doğrusal olmayan karmaşık problemlerin modellenmesinde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biridir. Bu çalışmada, heyelan duyarlılık değerlendirmesi, YSA'da Örüntü tanıma ve sınıflama yöntemi kullanılarak, biri gizli diğeri çıktı olmak üzere iki katmanlı yapay sinir ağı modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Yapay sinir ağ yapısı

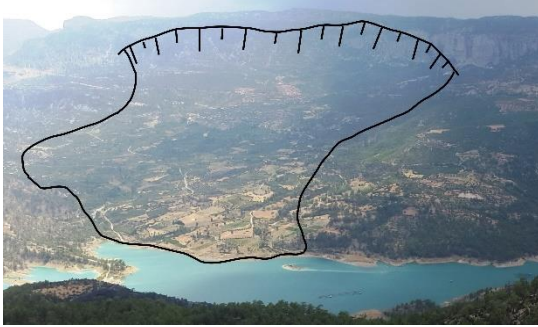
Girdi ve çıktı katmanları arasındaki gizli katman sayısı modelin performansını doğrudan etkilemektedir (Basheer ve Hajmeer, 2000; Karsoliya, 2012). Bu çalışmada, jeoloji haritasında yer alan 12 adet birime ilave olarak 9 adet sayısal yükseklik modeli ve türeviden üretilen çevresel değişkenler ile toplamda 21 adet YSA giriş katmanı oluşturulmuştur. Karsoliya (2012), tarafından önerilen giriş katman sayısının üçte ikisi ile iki katı arasında değişen gizli katman sayıları denenmiş ve en iyi sonucun elde edildiği 20 gizli katman ile sonuç duyarlılık analizleri gerçekleştirilmiştir.

Eğitim algoritması geri yayımlı ölçeklendirilmiş eşlenik gradyan metodu ve log-sigmoid transfer fonksiyonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modelde ortalama karekök hata değerini dikkate alarak çapraz-entropi performans fonksiyonu kullanılmıştır. Modelin güvenilirliği ise hata matrisi ve alıcı işletim karakteristiği eğrileri ile değerlendirilmiştir.

3. Bulgular

3.1. Heyelan Envanteri

Ermenek nehrinin oluşturduğu vadiler boyunca derin kayma türü heyelanlar yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 5 a,b). Heyelan envanter haritasında, toplam alanı 161 km² olan 302 adet kompleks ve dairesel kayma tipi heyelan bulunmaktadır (Şekil 6) (Duman vd., 2011). Heyelanların büyük kısmı vadi yamaçları boyunca birbirleriyle yanıl ve düşey geçiş gösteren Köşelerli ve Mut formasyonları içerisinde yer almaktadır. Mut formasyonu akarsu yarılımları olmayan havza üst kesimlerinde karstik yapılı olup yüzey drenajı gelişmemiştir.

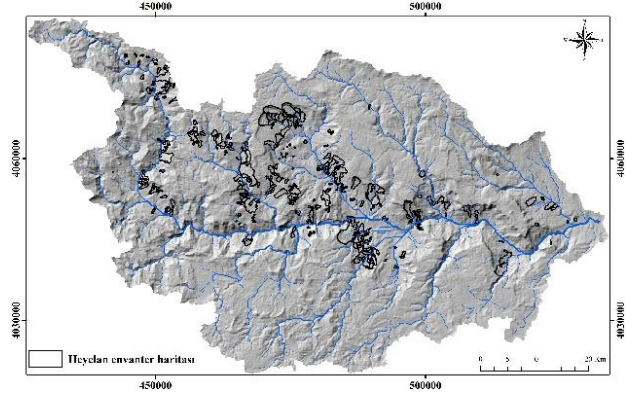


(a)



(b)

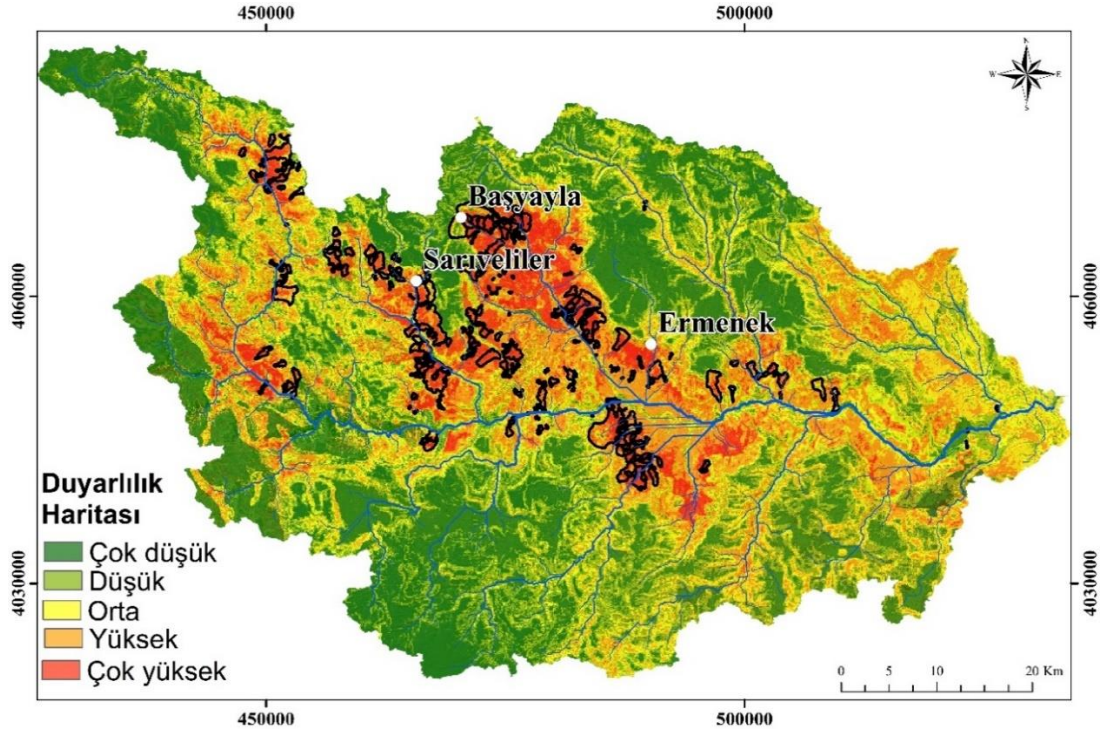
Şekil 5. Çalışma alanında eski (a) ve güncel heyelanlardan (b) örnekler.



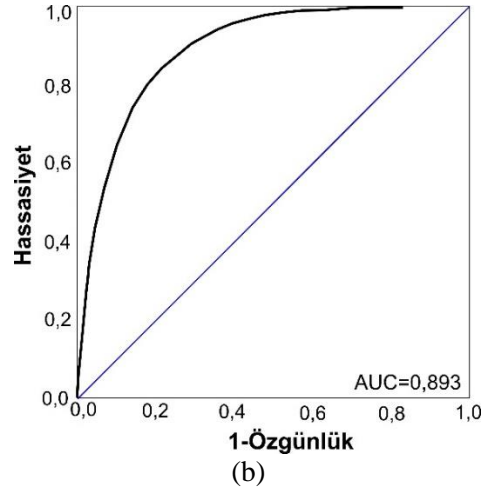
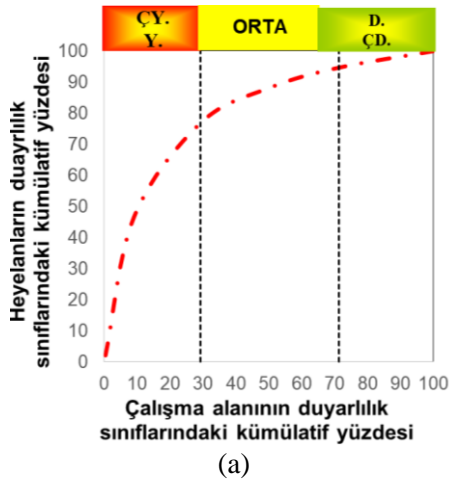
Şekil 6. Çalışma alanının heyelan envanter haritası (Duman vd., 2011'den).

3.2. Heyelan Duyarlılık Değerlendirmeleri

Heyelanları hazırlayıcı çevresel değişkenlerden jeolojik birimler 0-1 olarak ikili değişken olarak kullanılmış, sürekli değişkenler ise doğrusal yöntem kullanılarak normalize edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında model yapılandırma teknikleri kullanılarak veri seti oluşturulmuştur. Çalışma alanı 100 m mekansal çözünürlüğe sahip toplam 402000 piksel ile temsil edilirken kayma türü heyelanlar 18298 piksel karşılık gelmektedir. Veri seti rastgele seçim yöntemiyle %70 analiz, %15 test ve %15 doğrulama olmak üzere üçe ayrılmıştır. Heyelan duyarlılık değerlendirmesi çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak beş sınıfta değerlendirilmiştir (Şekil 7). Heyelan duyarlılık haritasının performansı ilk olarak başarı tahmin eğrisine göre değerlendirilmiş ve çalışma alanının %29'unun yüksek-çok yüksek sınıf aralıklarında, heyelanların ise %77'sinin bu sınıflar içerisinde yer aldığı bulunmuştur (Şekil 8a). Alıcı işletim karakteristik eğrisi ile yapılan değerlendirmede ise eğri altında kalan alan değeri 0.893 bulunmuştur (Şekil 8b). Buna göre yapay sinir ağları ile yapılan duyarlılık haritasının çok yüksek kestirim kapasitesine sahip olduğu görülmüştür.



Şekil 7. Ermenek havzası kayma türü heyelan duyarlılık haritası.



Şekil 8. Duyarlılık haritasının başarı-tahmin (a) ve alıcı işletim karakteristiği eğrisi(b).

6. Tartışma ve Sonuçlar

Heyelanlar ülkemizde önemli can ve mal kaybına yol açan doğal afetler içerisinde yer almaktadır. Heyelan olası tehlikesi altındaki bölgelerde, heyelan risk azaltma çalışmaları kapsamında heyelanların mekansal olabilirliğinin belirlendiği heyelan duyarlılık haritaları dünyada olduğu gibi ülkemizde de yaygın olarak kullanılmaktadır

(Akgün ve Türk, 2010, Dağ vd., 2011, Can, 2014, Tekin vd., 2015, Tekin ve Çan, 2015a,b). Heyelan duyarlılık değerlendirmeleri her bir heyelan mekanizması için ayrı ayrı gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada Göksu nehrinin ana kollarından birini oluşturan, 4020 km²'lik alana sahip Ermenek havzasında kayma türü heyelan duyarlılık haritası yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Havzada kayma

ve kaya düşme türü heyelanlar yaygın olarak gözlenmekte olup kırsal ve kentsel yerleşim birimleri, tarım arazileri ve ulaşım ağı çoğu zaman olumsuz yönde etkilemektedir. Ermenek havzasında kayma türü heyelana duyarlı alanlar; jeolojik olarak Köselirli formasyonu, arazi yapısı olarak Ermenek nehri ve ana kollarının aşındırdığı yüksek eğimli vadi yamaçları olarak belirlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi tarafından FDK-2017-9454 No'lu Proje ile desteklenmiştir. Yazarlar Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi'ne teşekkür etmektedir.

7. Kaynaklar

- Abanco, C., Hurlimann, M., Moya, J., and Berenguer, M. (2016). Critical rainfall conditions for the initiation of torrential flows. Results from the Rebaixader catchment (Central Pyrenees). *Journal of Hydrology*, 541, 218-229, doi:10.1016/j.jhydrol.2016.01.019.
- Achour, Y., Garcia, S., and Cavaleiro, V. (2018). GIS-based spatial prediction of debris flows using logistic regression and frequency ratio models for Zezere River basin and its surrounding area, Northwest Covilha, Portugal. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(18), doi:Artn 550 10.1007/S12517-018-3920-9.
- Akgün, A., Türk, N. (2010). İki ve Çok Değişkenli İstatistik ve Sezgisel Tabanlı Heyelan Duyarlılık Modellerinin Karşılaştırılması: Ayvalık (Balıkesir, Kuzeybatı Türkiye) Örneği. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34 (2), 85-112. Retrieved from <http://dergipark.gov.tr/jmd/issue/28177/295467>
- Basheer, I.A., Hajmeer, M., (2000). Artificial neural networks: fundamentals, computing, design, and application. *Journal of Microbiological Methods* 43, 3–31.
- Berry, JK (2002). Use Surface Area For Realistic Calculations. *Geoworld* 15(9): 20–1.
- Can, A., (2014)., Yapay Sinir Ağları İle Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Farklı Algoritmaların Kullanımının Araştırılması, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, SS. 140. Ankara.
- Chawla, A., Chawla, S., Pasupuleti, S., Rao, A. C. S., Sarkar, K., and Dwivedi, R. (2018). Landslide Susceptibility Mapping in Darjeeling Himalayas, India. *Advances in Civil Engineering*, doi: 2 10.1155/2018/6416492.
- Chen, W., Pourghasemi, H. R., Naghibi, S. A. (2018). Prioritization of landslide conditioning factors and its spatial modeling in Shangnan County, China using GIS-based data mining algorithms. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 77(2), 611-629, doi:10.1007/s10064-017-1004-9.
- Chu, H. J., Chen, Y. C. (2018). Crowdsourcing photograph locations for debris flow hot spot mapping. *Natural Hazards*, 90(3), 1259-1276, doi:10.1007/s11069-017-3098-6.
- Corominas, J., van Westen, C., Frattini, P., Cascini, L., Malet, J. P., Fotopoulou, S., et al. (2014). Recommendations for the quantitative analysis of landslide risk. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 73(2), 209-263, doi:10.1007/s10064-013-0538-8.
- Dağ, S., Bulut, F., Alemdağ, S., Kaya, A., (2011). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Kullanılan Yöntem Ve Parametrelere İlişkin Genel Bir Değerlendirme, Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, Cilt:1, Sayı:2, Sayfa, 151-176.
- Duman, T.Y., Çan, T., Emre, Ö. (2011). Türkiye Heyelan Envanteri Haritası-1/1,500,000 Ölçekli, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Özel Yayınlar Serisi-27, Ankara, 23.
- Hu, W., Scaringi, G., Xu, Q., Huang, R. Q. (2018). Internal Erosion Controls Failure and Runout of Loose Granular Deposits: Evidence From Flume Tests and Implications for Postseismic Slope Healing. *Geophysical Research Letters*, 45(11), 5518-5527, doi:10.1029/2018GL078030.
- Letto, F., Perri, F., Cella, F. (2018). Weathering characterization for landslides modeling in granitoid rock masses of the Capo Vaticano

- promontory (Calabria, Italy). *Landslides*, 15(1), 43-62, doi:10.1007/s10346-017-0860-5.
- Ilgar, A., Esirtgen, T., Demirkaya, S., (2016). 1/100:000 Ölçekli Jeoloji Haritaları Serisi Silifke 0-31 Paftası Jeoloji Etütleri Dairesi No:233 Ss.27 Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-TÜRKİYE.
- Karsoliya, S., (2012). Approximating Number of Hidden layer neurons in Multiple Hidden Layer BPNN Architecture, *International Journal of Engineering Trends and Technology*, V.3(6) pp.714-717
- Kohonen, T., (1982). Self-organised Formation of Topologically Correct Feature Maps. *Biological Cybernetics*, V.43 pp.59-69.
- Moore, P.A., Jr., K.R. Reddy, and D.A. Graetz. (1991). Phosphorus geochemistry in the sediment-water column of a hypereutrophic lake. *J. Environ. Qual.* 20:869-875.
- Nsengiyumva, J. B., Luo, G. P., Nahayo, L., Huang, X. T., Cai, P. (2018). Landslide Susceptibility Assessment Using Spatial Multi-Criteria Evaluation Model in Rwanda. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(2), doi:Artn 243 10.3390/Ijerph15020243.
- Riley, S. J, S. D., DeGloria, R. Elliot, (1999). A terrain ruggedness index that quantifies topographic heterogeneity. *Intermountain Journal of Sciences*, 5(1-4).
- Silva, R. F., Marques, R., Gaspar, J. L. (2018). Implications of Landslide Typology and Predisposing Factor Combinations for Probabilistic Landslide Susceptibility Models: A Case Study in Lajedo Parish (Flores Island, Azores-Portugal). *Geosciences*, 8(5), doi:UNSP 153 10.3390/geosciences8050153.
- Şenel, M., Bedi, Y., Usta M., (2016). 1/100:000 Ölçekli Jeoloji Haritaları Serisi Silifke P-28 Paftası Jeoloji Etütleri Dairesi No:223 Ss.29 Maden Tetkik Ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Taga, H., Zorlu, K., (2017). Dik Yamaçlardaki Kaya Düşme Tehlikesinin Değerlendirilmesi: Ermenek (Karaman, Türkiye). Hacettepe Üniversitesi
- Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 2017, 38(2), 161-178.
- Tekin, S., Çan, T. (2018). Effects of Landslide Sampling Strategies on the Prediction Skill of Landslide Susceptibility Modelings. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 46(8), 1273-1283, doi:10.1007/s12524-018-0800-4.
- Tekin, S., Çan, T., (2015a). Bulanık Mantık ve Yapay Sinir Ağı Yöntemleri İle Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi, 68. Türkiye Jeoloji Kurultayı, Bildiri Özleri Kitabı, s. 112-114. Ankara.
- Tekin, S., Çan, T., (2015b). “Ermenek Havzasının Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi”. Doğu Anadolu Jeoloji Sempozyumu 7-11 Eylül 2015, bildiri özleri kitabı, ss. 114-115. YYU-Van/Türkiye.
- Tekin, S., Çan, T., Mazman, T., duman, T.Y. (2015). Doğu Akdeniz Bölgesinin Yapay Sinir Ağları Yöntemi ile Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi, MÜHJEO’2015: Ulusal Mühendislik Jeolojisi Sempozyumu, 3-5 Eylül 2015, KTÜ, Trabzon.