

## Mantıksal Regresyon Yöntemi ile Adıyaman İli Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi

Senem Tekin<sup>1\*</sup> 

**Özet:** Bu çalışmada; Adıyaman il geneli (7.298,96 km<sup>2</sup>) için mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak heyelan duyarlılık çalışması gerçekleştirilmiştir. İl sınırı içerisinde yaklaşık 600 heyelan bulunmakta olup; Adıyaman il yüzölçümünün % 6'sını kapsamaktadır. Adıyaman ili heyelan envanter haritası, Türkiye tarihsel heyelan envanteri temel alınarak, ortofotolar, uzaktan algılama görüntüleri ve arazi araştırmaları ile hazırlanmıştır. Lojistik regresyon yöntemi, bağımlı değişkenin ikili gözlemlendiği durumlarda, bir veya daha fazla bağımsız değişken bulunan veri kümesini analiz etmek için kullanılan popüler istatistiksel bir yöntemlerden biridir. Heyelanları hazırlayıcı çevresel değişkenler Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında hazırlanmış olup; başta jeoloji haritası olmak üzere sayısal yükseklik modeli, yamaç eğimi, yamaç eğrisellikleri, pürüzlülük indeksi gibi tematik haritalar kullanılmıştır. Sonuç olarak elde edilen heyelan duyarlılık haritasına göre; il sınırının % 28.57'si heyelanların ise % 75.13'ü yüksek ve çok yüksek duyarlı alanlarda yer almaktadır. Elde edilen haritanın doğruluğu Alıcı işletim karakteristik eğrisi ve eğri altında kalan alan (AUC) ile değerlendirilmiş olup AUC 0.820 olarak hesaplanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Adıyaman, Mantıksal regresyon yöntemi, Heyelan envanteri, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Alıcı İşletim Karakteristik Eğrisi.

## Landslide Susceptibility Assessment of the Adıyaman City Using Logistic Regression Method

**Abstract:** In this study, Landslide susceptibility assessment was carried out using logistic regression method Adıyaman city (7298.96 km<sup>2</sup>). There are approximately 600 landslides within the study area; which covers 6 % of Adıyaman acreage. Landslide inventory map of Adıyaman was prepared by field studies, orthophotos and remote sensed images considering the Turkey historical landslide inventory maps. Logistic regression method is one of the common statistical methods used to analyze a data set with one or more independent variables when the dependent variable is observed in binary. Environmental variables that preliminary factor for landslides have been prepared in the Geographical Information Systems environment. Environmental variables as thematic maps such as digital elevation model, slope, curvature, plan curvature, profile curvature, roughness, and geology map were used in this study. High prediction accuracy was obtained from the susceptibility map where high susceptible zones corresponding 28.57 % of the area, included 75.13 % of the recorded landslides. The area under the curve (AUC) to the receiver operating characteristic curve was calculated as 0.820.

**Keywords:** Adıyaman, Logistic regression method, Landslide inventory, Geographical Information Systems, Receiver Operating Characteristic Curve.

<sup>1</sup>**Address (Adres):** Adıyaman University, Mining and Mineral Extraction Department, School of Technical Sciences, Adıyaman, Turkey

**\*Corresponding author (Sorumlu Yazar):** senemtekin@adiyaman.edu.tr

**Citation (Atıf):** Tekin, S. (2021). Mantıksal Regresyon Yöntemi ile Adıyaman İli Heyelan Duyarlılık Değerlendirmesi. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 5 (1): 34-41.

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda hızlı nüfus artışı, çarpık kentleşme, küresel iklim değişimleri sonucu önemli ölçüde ekonomik ve sosyal kayıplara yol açan deprem, heyelan gibi doğa olayları afetlere dönüşerek can ve mal kayıplarına yol açmakta olup; dünya çapında meydana gelen 6.873 doğal afet sonucunda 1,35 milyon kişi hayatını kaybetmiş ve bu afetlerden ortalama 218 milyon kişide olumsuz yönde etkilenmiştir (EMDAT, 2019). Heyelanlar depremlerden sonra, tüm dünyada can kaybına ve büyük ekonomik kayıplara sebep olan karmaşık doğa olayıdır. Heyelanlardan kaynaklı zararların azaltılmasına yönelik yapılan tehlike ve risk çalışmaları için, heyelan duyarlılık değerlendirmelerinin son derece önemli bir yer aldığı bilinmektedir (Nadim vd., 2006; Hong vd., 2007; Hong ve Adler 2008; Kirschbaum vd., 2010, 2015; Rohmer ve Foerster 2011; Silva vd., 2018; Achour vd., 2018; Chen et al. 2019; Park et al. 2019; Pradhan vd., 2020).

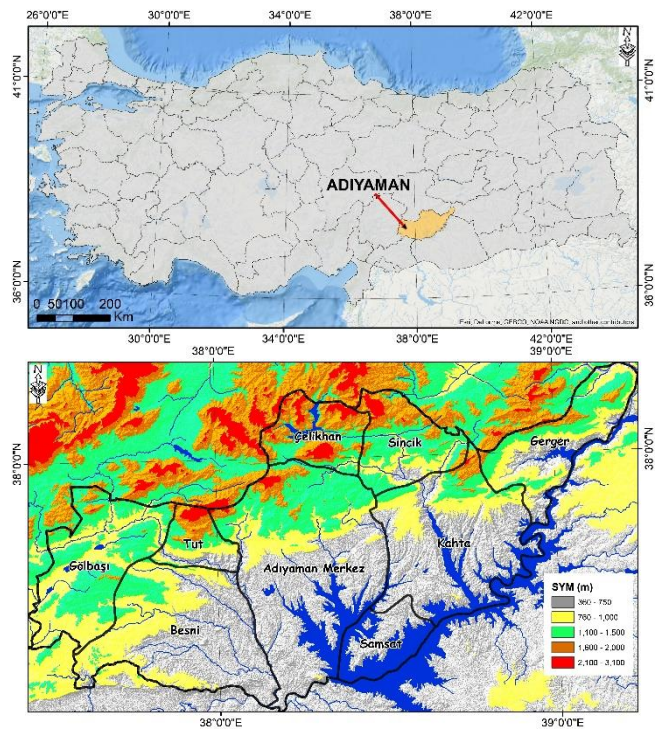
Heyelanlardan kaynaklanan zararların azaltılması ile ilgili olarak büyük ölçekte, jeoteknik yaklaşımlara dayalı şev stabilitesi modelleme ve izleme çalışmaları yapılmaktadır. Bölgesel ve daha küçük ölçeklerde ise heyelan envanter veri tabanına dayalı veri güdümlü veya uzman görüşe dayalı duyarlılık (Corominas vd., 2014), olası tehlike ve risk değerlendirme yaklaşımları Coğrafi Bilgi Sistemleri ve uzaktan algılama teknikleri birlikte kullanılarak yapılmaktadır. Heyelanların mekansal olarak gelecekte hangi bölgelerde meydana gelebileceğini gösteren heyelan duyarlılık haritaları, heyelan envanter haritaları ve heyelanları hazırlayıcı çevresel faktörler göz önünde bulundurularak hazırlanmaktadır.

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yer alan 7.298,96 km<sup>2</sup> mekansal büyüklüğe sahip Adıyaman il (Şekil 1) geneli için veri güdümlü yöntemlerden Mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak heyelan duyarlılık değerlendirilmesi yapılmıştır. Özellikle il sınırları içerisinde bulunan Tut, Sincik ve Gerger ilçeleri gelişen heyelanlardan olumsuz yönde etkilendiği bilinmektedir. Sonuç olarak bu çalışma ile elde edilecek verilerin il geneli için gelecekte yapılması planlanan olası tehlike/risk çalışmalarında kullanılacak temel altlık harita olacağı düşünülmektedir.

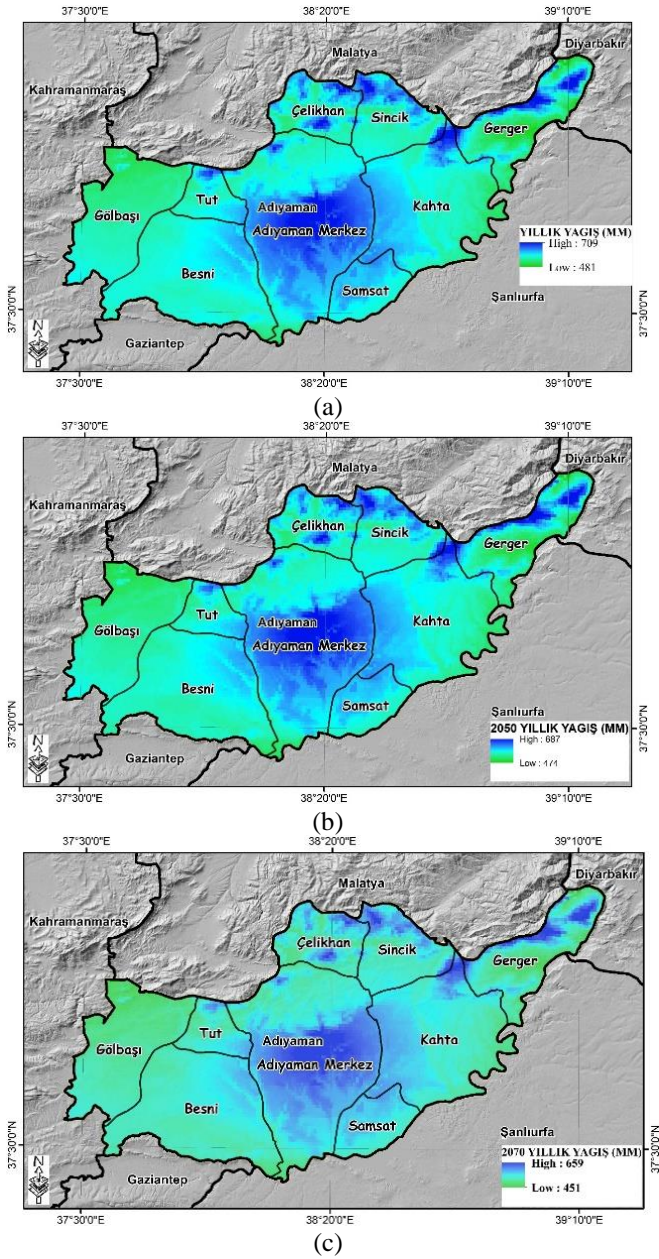
## 2. ÇALIŞMA ALANI

Adıyaman ili 7.298,96 km<sup>2</sup>'lik alansal büyüklüğe sahip olup, Gölbaşı, Tut, Besni, Merkez, Samsat, Kahta, Sincik, Çelikhan ve Gerger olmak üzere 9 ilçeden oluşmaktadır (Şekil 1). Adıyaman'ı yaklaşık doğu batı uzantılı ikiye ayıran Anti Torosların kuzeyinde kalan dağlık alanların iklimi ile güneyinde kalan bölgenin iklimi birbirinden

farklıdır. Güneyi, yazları kurak ve sıcak, kışları ılık ve yağışlı; kuzeyi yazları kurak ve serin, kışları yağışlı ve soğuktur. Küresel iklim verileri olan Worldclim verisine göre 1960-1990 yılları arası ortalama yıllık yağış miktarı (Şekil 2a) 709 mm'iken bu değerler kullanılarak yine Worldclim tarafından öngörülen yıllık yağış miktarlarının 2050 yılında 687 mm (Şekil 2b), 2070 yılında ise 659 mm (Şekil 2c) olacağı tahmin edilmektedir. (<https://www.worldclim.org/>).

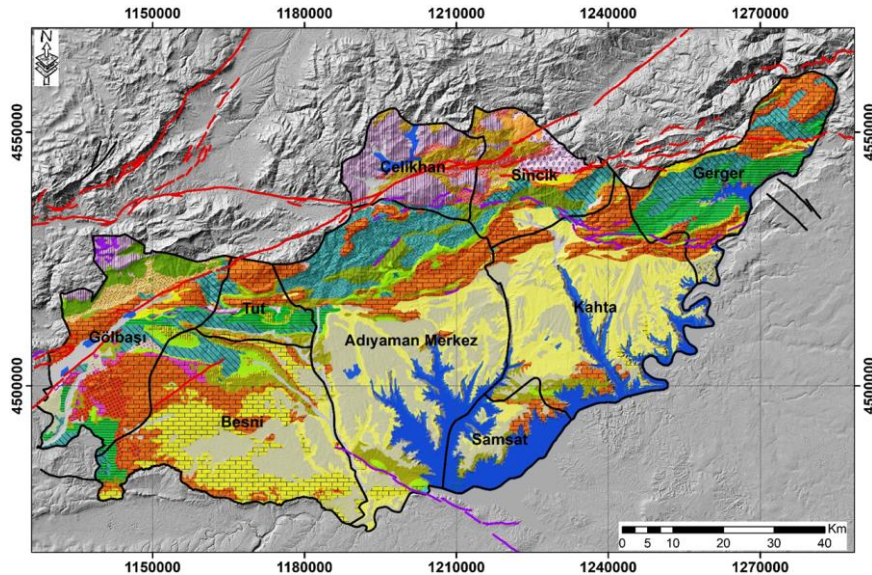


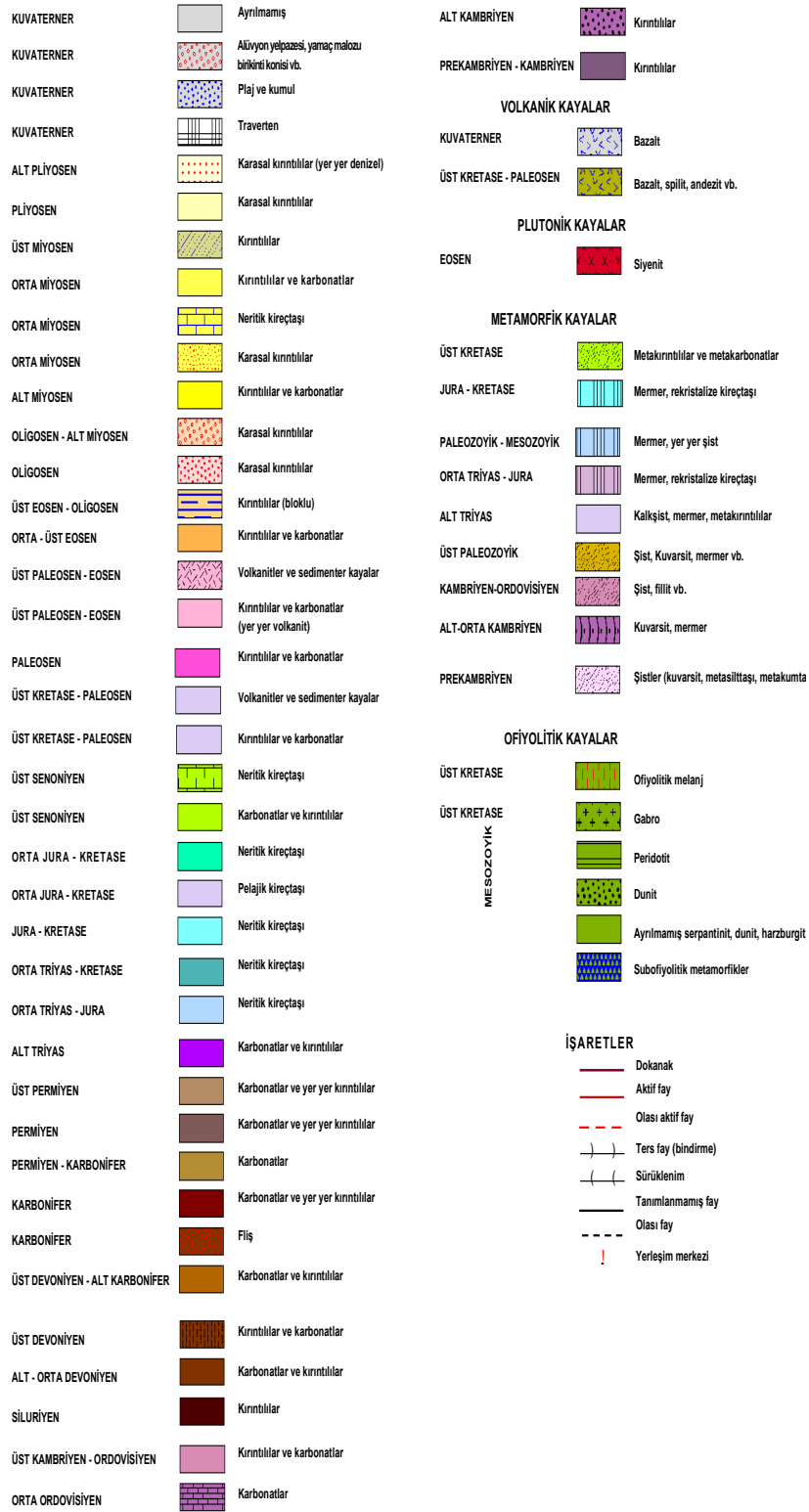
Şekil 1. Çalışma alanına ait yer bulduru haritası.



**Şekil 2.** Çalışma alanına ait 1960-1990 (a), 2050 (b) ve 2070 (c) yılları için Worldclim iklim verilerine ait yıllık ortalama yağış miktarları (<https://www.worldclim.org/>)

Adiyaman ili, Güneydoğu Anadolu bölgesinde yer almaktadır. Genel olarak 3 tektonik kuşak görülmektedir. İlin güney kesimi Arap Platformunda yer almaktadır (Aydın vd., 2013). Arap platformu üzerine Ekay zonu gelmekte olup zonun kuzeyinde ise naplı alanlar yer almaktadır (Perinçek, 1990; Aydın vd., 2013). Arap platformu Paleozoyik yaşlı birimlerden Kuvaterner'e kadar değişik fasiyelerde gelişen kalın çökel istifleri içermektedir. Ekay Zonu, Arap platformunda yer alan birimlerin kuzey bölümünden itibaren görülmeye başlar ve özellikle yapısal açıdan doğu batı uzanımlı ters faylar içeren birimleri kapsar (Perinçek, 1990; Bolat, 2012, Aydın vd., 2013). Naplı bölgeler ise özellikle ofiyolitik kayaç gruplarını içermektedir. Bölgede gözlenen metamorfik birlikler bu zonda kalmaktadır. Sincik İlçe'sinde gözlenen jeolojik birimler genellikle naplardan oluşmaktadır (Şekil 3). Adiyaman merkez ilçe ve civarı Neojen yaşlı birikmiş sedimanter kayaçlar ile Kuvaterner yaşlı alüvyon birimlerinden oluşmaktadır. Aktif tektonik açısından önemli bir alanda yer alan Adiyaman ili içerisinde, Doğu Anadolu Fay zonuna ait Erkenek, Pazarcık, Pütürge segmentlerinin sırasıyla yaklaşık 70, 63 23 km'leri geçmektedir (Emre vd., 2018) (Şekil 3). Güneydoğu Anadolu Bindirmesine ait Gerger segmentinin 59.94 km'si, Narince segmentinin tamamı il sınırları içerisinde yer almaktadır.





Şekil 3. Çalışma alanına ait aktif fay haritası (Emre vd., 2018) ve jeoloji haritası (Akbaş vd., 2009'dan düzenlenmiştir)

Analizlerde kullanılmak üzere sayısal yükseklik modeli (SYM) başta olmak üzere, yamaç eğimi, kesit, teğetsel yamaç eğrisellikleri gibi 15 değişken Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında hazırlanmıştır. Çalışma alanı ve

heyelanlar için her bir sürekli değişkene ait istatistiksel değerler Çizelge 1'de görülmektedir.

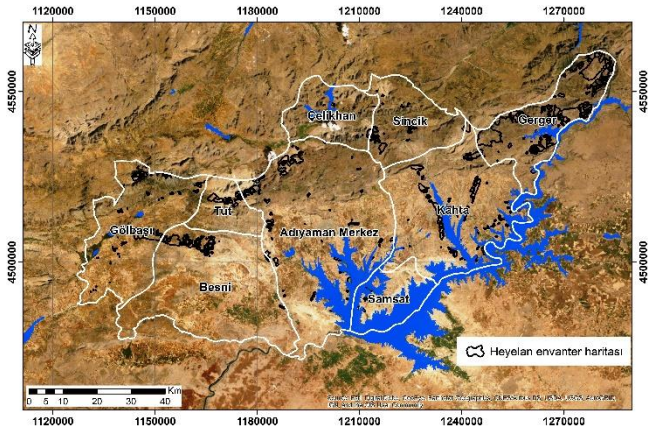
**Çizelge 1.** Heyelanları hazırlayıcı sürekli veri olan çevresel değişkenlere ait tanımlayıcı istatistiksel bilgiler

<b>Çalışma alanı</b>			
<b>Değişken</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Ortalama</b>
Pürüzlülük	0,00	12,13	4,52
Kesit yamaç e.	-1,75	1,91	,01
Tegetsel yamaç e.	-2,27	1,93	,01
Yamaç eğriselliği	-3,48	3,41	,00
Yamaç eğimi	0,00	53,04	9,65
SYM	359,00	2604,00	917,77
SAT_trasp	0,00	1,00	,54
SAT_sin	-1,00	1,01	,01
SAT_cos	-1,01	1,01	-,02
slope <sup>2nd</sup>	0,00	12,88	1,45
Lineer yamaç y.	-9999,00	360,00	-259,33
Sıcaklık indeksi	1374,00	10000,00	3086,98
TWİ	3,18	19,49	6,83
SAR	10000,00	16633,00	10258,18
SRR	0,00	0,96	0,47
<b>Heyelanlar</b>			
<b>Değişken</b>	<b>Min.</b>	<b>Max.</b>	<b>Ortalama</b>
Pürüzlülük	0,00	11,30	5,35
Kesit yamaç e.	-1,23	1,35	0,00
Tegetsel yamaç e.	-1,33	1,34	0,01
Yamaç eğriselliği	-2,35	2,63	-0,02
Yamaç eğimi	0,00	48,80	12,15
SYM	427,00	2518,00	1045,76
SAT_trasp	0,00	1,00	0,46
SAT_sin	-0,77	0,86	0,03
SAT_cos	-0,92	0,99	-0,02
slope <sup>2nd</sup>	0,00	10,22	1,60
Lineer yamaç y.	-9999,00	359,99	-19,68
Sıcaklık indeksi	1507,00	9558,00	3065,04
TWİ	3,39	18,30	6,60
SAR	10000,00	15182,50	10330,84
SRR	0,00	0,96	0,47

### 3. HEYELAN ENVANTERİ

Heyelan envanter haritaları, mevcut heyelan alanlarının alansal dağılımını ve özelliklerini göstermektedir. Heyelan envanter haritalarının hazırlanmasında kullanılacak yöntemler, çalışmanın amacına, çalışma alanının büyüklüğüne, topoğrafik haritaların ölçeğine ve heyelanların gösterileceği hava fotoğraflarına göre seçilir. Genel olarak; tarihsel veri kayıtları derlenerek, hava

fotoğrafları incelenerek, arazi gözlemleri yapılarak, uzaktan algılama teknikleri gibi birçok çalışmanın kombinasyonu ile hazırlanmaktadır. Arşiv kayıtları heyelan envanterlerinin oluşturulmasında önemli bir yer almaktadır. Adıyaman il sınırları içerisinde alansal büyüklüğü 452.83 km<sup>2</sup> olan yaklaşık 600 heyelan (Şekil 4a,b) bulunmaktadır (Duman vd., 2011). Özellikle Gerger, Tut, Sincik ve Kahta ilçerinde heyelan yoğunluğu olduğu Şekil 4'de görülmektedir.



(a)



(b)

**Şekil 4.** Çalışma alanına ait heyelan envanter haritası (Duman vd; 2011 kullanılarak revize edilmiştir) (a) Araziye gözlemlenen heyelanlara ait örnek (b).

#### 4. YÖNTEM

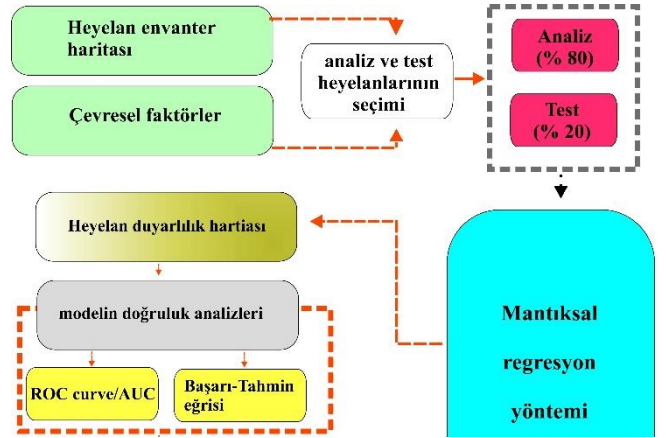
Mantıksal regresyon, bağımlı değişkenin ikili gözlemlendiği durumlarda, bağımlı değişken ile bağımsız değişkenlerin neden sonuç ilişkisini belirlemede kullanılan, bağımsız değişkenlere göre bağımlı değişkeninin beklenen değerlerinin olasılık olarak elde edildiği bir regresyon yöntemidir (Atkinson ve Massari 2011). Diğer bir açıdan bağımsız değişkenlere (heyelanları hazırlayıcı çevresel değişkenlere) göre bağımlı değişkenin (heyelanların) beklenen değerinin olasılık olarak elde edildiği regresyon yöntemidir.

Mantıksal regresyon analizinde kullanılan bağımsız değişkenler sürekli ya da kategorik verilerden oluşturulabilmektedir. Mantıksal regresyon bağımsız değişkenlerin sağlıklı bir şekilde tanımlanabilmesinde sağladığı avantaj sebebiyle birçok istatistiksel analizde tercih edilen bir yöntem olmuştur. Mantıksal regresyon analizi sonucunda elde edilen mantıksal regresyon fonksiyonun olasılık değeri Eşitlik 1’de görüldüğü gibidir. Bu eşitliğe göre hesaplanan değerler  $-\infty$ ’dan  $+\infty$ ’a değişen değerler alabilmektedir. Bu değerler kullanılarak Eşitlik 2’deki dönüşüm kullanılarak olasılık değerleri 0 – 1 arasında değer almaktadır.

$$MR = \log \left[ \frac{P_i}{1 - P_i} \right] = z_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n \quad \text{Eş. 1}$$

$$P(Y = 1) = p_i = \frac{1}{1 + e^{-(\beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n)}} \quad \text{Eş. 2}$$

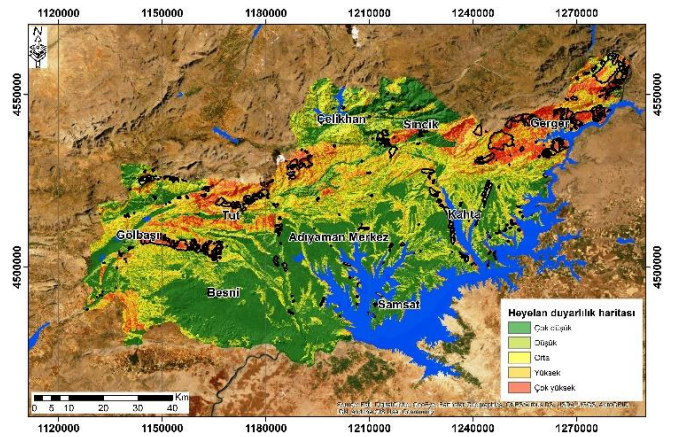
Mantıksal regresyon yöntemi ile elde edilen heyelan duyarlılık değerlendirmesinin hangi adımlar izlenerek yapıldığı Şekil 5’te görülmektedir.



**Şekil 5.** Çalışmada kullanılan iş akış şeması

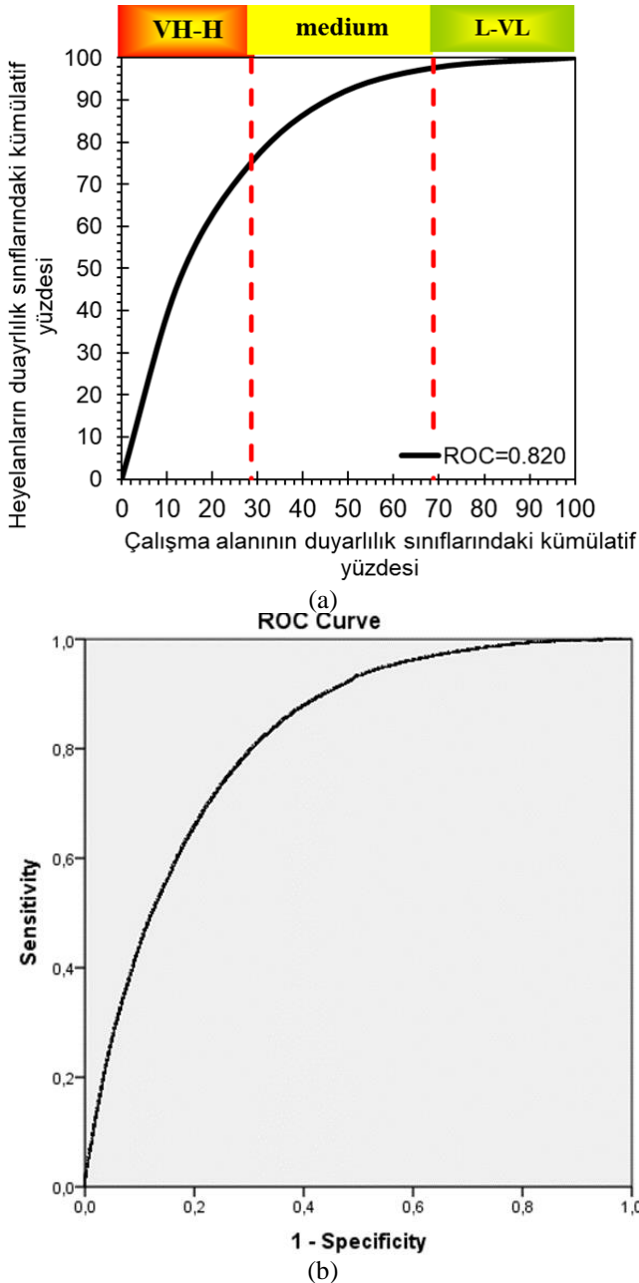
#### 5. BULGULAR

Adıyaman ili için mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak elde edilen heyelan duyarlılık haritası 100 m mekansal çözünürlükte hazırlanmıştır. Mevcut heyelan envanteri ve heyelanları hazırlayıcı çevresel faktörlerin birlikte değerlendirilmesi ile elde edilen heyelan duyarlılık haritası eşit aralıklı olasılık değerlerine göre (0.0-0.2, 0.2-0.4, 0.4-0.6, 0.6-0.8, 0.8-1.0) çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek olmak üzere sınıflandırılmıştır (Şekil 6).



**Şekil 6.** Heyelan duyarlılık haritası

Çalışma sonucu elde edilen heyelan duyarlılık haritasının doğruluğu başarı tahmin eğrisi, Alıcı işletim karakteristik eğrisi ve eğri altında kalan alan ile değerlendirilmiştir (Şekil 7a, b). Sonuç olarak Adıyaman il genelinin % 29’unun, mevcut heyelanların ise %75.19’ünün yüksek ve yüksek duyarlı alanlarda yer aldığı görülmektedir (Şekil 7a).



Şekil 7. Heyelan duyarlılık haritasına ait başarı-tahmin (a) ve alıcı işletim karakteristiği eğrisi(b).

## 5. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Ülkemizde depremlerden sonra en çok hasara yol açan doğal afet türü olan heyelanlardan kaynaklı zararların azaltılmasına yönelik yapılması gereken tehlike ve risk değerlendirmelerinin ilk adımı olan heyelan duyarlılık çalışması Adıyaman il geneli için mantıksal regresyon yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Heyelanların mekansal dağılımının modellenmesinde, daha önceki birçok çalışmada kullanılmış olan çevresel parametreler tercih edilmiştir. Bu çalışma, Adıyaman il geneli için gelecekte yapılması planlanan heyelan risk azaltma çalışmaları için önemli bir çalışmadır.

Mekansal olarak nerelerde heyelan gerçekleşme olasılığının belirlendiği heyelan duyarlılık değerlendirmeleri, herbir heyelan mekanizması için ayrı ayrı gerçekleştirilmelidir.

## KAYNAKLAR

- Achour, Y., Garçia, S., 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 J. Geosci.* 11 (18), 550.
- Akbaş, B., Akdeniz, N., Aksay, A., Altun, İ., Balcı, V., Bilginer, E., Bilgiç, T., Duru, M., Ercan, T., Gedik, İ., Günay, Y., Güven, İ.H., Hakyemez, H. Y., Konak, N., Papak, İ., Pehlivan, Ş., Sevin, M., Şenel, M., Tarhan, N., Turhan, N., Türkecan, A., Ulu, Ü., Uğuz, M.F., Yurtsever, A. and others, Turkey Geology Map General Directorate of Mineral Research and Exploration Publications. Ankara Turkey.
- Atkinson, P.M., Massari, R. (2011) Auto logistic Modelling of Susceptibility to Landsliding In The Central Apennines, Italy, *Geomorphology*, DOI:10.1016/j.geomorph.2011.02.001.
- Aydın, M., İnan, U.İ., Zorlu, K., Servi, T., Günaydin, O. (2013). Adıyaman İlinin İstatistiksel Deprem Risk Analizi, Doğrudan Faaliyet Destek Programı (TRC1/13/DFD/3027), ss: 71.
- Bolat, A. (2012). Adıyaman İli Kuzeyini Jeolojisi ve Petrol Potansiyeli, Yüksek Lisans tezi, yayınlanmamış, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 112 s. Adana.
- Chen, W., Zhao, X., Shahabi, H. (2019) Spatial Prediction Of Landslide Susceptibility By Combining Evidential Belief Function, Logistic Regression And Logistic Model Tree, *Geocarto Int* 34:1177-1201 doi:10.1080/10106049.2019.1588393.
- 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.
- 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.
- EMDAT, 2019. OFDA/CRED International Disaster Database, Université catholique de Louvain – Brussels – Belgium <https://ourworldindata.org/natural-disasters>
- Emre Ö, Duman, T., Özalp, S., Şaroğlu, F., Olgun, Ş., Elmacı, H., Çan, T. (2018) Active Fault Database of Turkey. *Bulletin of Earthquake Engineering*. 16. 3229-3275. 10.1007/s10518-016-0041-2.
- Hong, Y., Adler, R., Huffman, G. (2007) Use of satellite remote sensing data in the mapping of global landslide susceptibility. *Nat Hazards* 43:245–256. doi:10.1007/s11069-006-9104-z
- Hong, A., Adler, R.F. (2008) Predicting global landslide spatiotemporal distribution: integrating landslide susceptibility zoning techniques and real-time satellite rainfall estimates. *Int J Sediment Res* 23:249–257

Worldclim (<http://www.worldclim.org/version1>).

Kirschbaum, D.B., Adler, R., Hong, Y., Hill, S., Lerner-Lam AL. (2010) A global landslide catalog for hazard applications: method, results, and limitations. *Nat Hazards* 52:561–575. doi:10.1007/s11069-009-94014

Kirschbaum, D., Stanley, T., Zhou, Y. (2015) Spatial and temporal analysis of a global landslide catalog. *Geomorphology* 249:4–15

Nadim, F., Kjekstad, O., Peduzzi, P., Herold, C., Jaedicke, C. (2006) Global landslide and avalanche hotspots. *Landslides* 3:159–173. doi: 10.1007/s10346-006-0036-1

Park HJ, Jang JY, Lee JH (2019) Assessment of rainfall-induced landslide susceptibility at the regional scale using a physically based model and fuzzy-based Monte Carlo simulation *Landslides* 16:695-713 doi:10.1007/s10346-018-01125-z

Perinçek, D. ve Eren, A. G. (1990) Doğrultu atımlı Doğu Anadolu ve Ölü Deniz fay zonları etki alanında gelişen Amik Havzası'nın kökeni, 8. Petrol Kongresi, 180-192.

Pradhan, B., Al-Najjar, H.A.H., Sameen, M.I., Mezaal, M.R., and Alamri, AM. (2020) Landslide Detection Using a Saliency Feature Enhancement Technique from LiDAR-Derived DEM and Orthophotos. *Ieee Access*, 8: 121942-121954.

Rohmer, J., Foerster, E. (2011). Global sensitivity analysis of large-scale numerical and slide models based on Gaussian-Process meta-modeling. *Comput Geosci* 37:917–927

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.