



TAŞKIN DUYARLILIĞININ BEST-WORST YÖNTEMİYLE DEĞERLENDİRİLMESİ: SULUCA DERESİ HAVZASI (TOKAT) ÖRNEĞİ

Kemal ERSAYIN^{1*}, Mustafa YAŞ¹

¹Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Science and Letters, Department of Geography, 60000, Tokat, Türkiye

Özet: Taşkın, ani yağışlarla oluşabilecek büyük su kütlelerinin akarsu yataklarını doldurduğu ve yatak dışına çıkıp etrafına zarar verdiği bir doğa olayıdır. Taşkın duyarlılık çalışmalarında olası bir taşkın anında nerelerin etkilenip zarar göreceği önceden tahmin edilerek doğal bir olayın afet boyutuna geçmesini önlemek amaçlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında Tokat il sınırları içerisinde bulunan Suluca Deresi Havzası'nda taşkın gerçekleşme potansiyeline sahip alanların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma Sahası, Orta Karadeniz Bölgesi'ndeki Tokat ili Merkez ve Niksar ilçeleri arasında önemli karayolu güzergahı üzerinde bulunan, en yüksek noktası 1565 metre ve en alçak noktası 372 metre olan 40,58 km² alana sahip Suluca Deresi Havzası'dır. Havzanın alçak kesimlerinde dar bir vadi içerisinde köylerin bulunması ve halihazırda inşası devam etmekte olan Tokat-Niksar Karayolu'nun da bu dar vadi içerisinden geçmesi çalışma alanının önemini artırmaktadır. Taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesinde arazi örtüsü, eğim, litoloji, profil eğriliği, sayısal yükselti modeli, topografik pozisyon indeksi ve topografik nemlilik indeksi olmak üzere toplam 7 parametre kullanılmıştır. Bu parametrelere çok kriterli karar verme yöntemlerinden Best-worst metodu ile ikili karşılaştırma uygulanarak parametrelerin birbirlerine kıyasla ağırlık değerleri elde edilmiştir. Bu ağırlık değerleri Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımı olan ArcGIS 10.5 programında ağırlıklı çakıştırma yöntemi ile değerlendirilmiş ve taşkın duyarlılık sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar düşük derecede duyarlı, orta derecede duyarlı ve yüksek derecede duyarlı şeklinde 3 sınıfa ayrılmıştır. Çalışma alanının 1,12 km²'lik (%2,76) kısmı yüksek derecede duyarlı alan olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Taşkın duyarlılığı, Coğrafi bilgi sistemleri, Best-worst yöntemi, Tokat, Suluca deresi


Flood Susceptibility Assessment with Best-Worst Method: Suluca Basin (Tokat) Example


Abstract: Flood is a natural phenomenon in which large water masses formed by heavy rains fill the river beds and spill out of the beds, causing damage to the surrounding areas. Flood susceptibility assessments aim to prevent a natural phenomenon from becoming a disaster by predicting where it will be affected and damaged in the event of a possible flood. Within the scope of this study, it was aimed to determine areas that are flood-prone in the Suluca Stream Basin located within the borders of Tokat province. The Suluca Basin, located on the important highway route between the Central Black Sea Region, has an area of 40.58 km², the highest altitude of which is 1565 meters and the lowest is 372 meters. The fact that there are villages in a narrow valley in the lower parts of the basin and that the Tokat-Niksar Highway, which is currently under construction, passes through this narrow valley increases the importance of the study area. 7 parameters were used to determine flood susceptibility areas: land cover, slope, lithology, profile curvature, elevation, topographic position index, and topographic wetness index. By applying pairwise comparison to these parameters with the Best-worst method, one of the multi-criteria decision-making methods, the weight values of the parameters compared to each other were obtained. These weight values were used with the weighted overlay method in ArcGIS 10.5, a Geographic Information Systems software, and flood sensitivity results were obtained. The obtained result map was divided into 3 classes: low susceptibility, moderate susceptibility, and high susceptibility. 1.12 km² (2.76%) of the basin was determined as a highly flood susceptible area.

Keywords: Flood susceptibility, Geographic information systems, Best-worst method, Tokat, Suluca stream

*Sorumlu yazar (Corresponding author): Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Science and Letters, Department of Geography, 60000, Tokat, Türkiye

E mail: ersayinkemal@gmail.com (K. ERSAYIN)

Kemal ERSAYIN  <https://orcid.org/0000-0002-5963-1590>

Mustafa YAŞ  <https://orcid.org/0009-0006-0150-3269>

Gönderi: 23 Mayıs 2024

Received: May 23, 2024

Kabul: 01 Temmuz 2024

Accepted: July 01, 2024

Yayınlanma: 15 Temmuz 2024

Published: July 15, 2024

Cite as: ERSAYIN K, YAŞ M. 2024. Flood susceptibility assessment with best-worst method: Suluca Basin (Tokat) example. BSJ Eng Sci, 7(4): 683-692.

1. Giriş

Nüfusun artması ve insanın etki sahasının sınırlarının genişlemesiyle afet boyutu kazanan doğal olayların sayıları her geçen gün artmaktadır. Bunun neticesinde gerçekleşen afet olayları, afetten etkilenen insan sayıları ve ekonomik kayıpların miktarı da her geçen yıl yükselmektedir (Anonymous, 2023). Bu doğal afetlerden birisi olan sel ve taşkın olaylarının sayısı ve yarattığı olumsuz etkilerin büyüklüğü de geçmişten günümüze

artış trendi göstermektedir (Kundzewicz ve ark., 2013). Taşkın, bir akarsuyun yatağından taşarak çevresindeki doğal ve beşeri unsurlara zarar vermek suretiyle etki bölgesindeki normal sosyoekonomik hayatı kesintiye uğratabilecek ölçüde bir akış büyüklüğü göstermesi olayı olarak tanımlanmaktadır (DEMP, 2014). Dünya çapında atmosferik kökenli en yaygın afet olan taşkın, suyun normalde kuru olan araziye taşması olayını ifade etmektedir (Dowell, 2003). Plansız gelişme ve kentleşmenin artması, ormansızlaşma ve iklim



değişikliğinin etkisiyle artan yağışlar neticesinde taşkın felaketi görülmekte ve sıklığının artması beklenmektedir (Tehrany ve ark., 2015). Bu durum taşkın afetiyle mücadelenin önemini ortaya koymaktadır. Afetin etki sahasının sınırlandırılması, zararlarının hafifletilmesi veya gerçekleşen akarsu taşkınının bir afet boyutu kazanmadan hidrolojik döngünün doğal bir parçası olarak kalmasını sağlamak oldukça önemlidir.

Afet yönetimi; afetle etkili bir şekilde mücadele edebilmek için hazırlık, müdahale, iyileştirme ve yeniden yapılandırma gibi aşamaları barındıran bir süreci ifade etmektedir (Dölek, 2019). Hızlı gelişen bir afet olan taşkın ile mücadelede zararların azaltılması için afet gerçekleşmeden birtakım önlemlerin alınması, hazırlıkların yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda taşkın afetiyle mücadele en önemli adım, taşkın gerçekleşebilecek olası alanların daha önceden tespit edilmesidir. Taşkın duyarlılığının değerlendirilmesi ile bu tespit yapılabilmektedir. Bu değerlendirmeler sayesinde çevresel koşullara bağlı olarak taşkın olayına karşın en hassas alanların belirlenmesi mümkün olmaktadır (Vojtek ve Vojteková, 2019). Elde edilen duyarlılık değerlendirmeleri, karar vericiler için taşkın yönetme ve önleme konusunda rehberlik edebilmektedir (Fang ve ark., 2021). Bu değerlendirmeler ile üretilen haritalar, mekânsal planlama süreçlerinde önemli bir altlık veri görevi görmektedir. Bu nedenlerle taşkın duyarlılığının değerlendirildiği çok sayıda araştırma yapılmış ve bu çalışmaları değerlendiren yayınlar (Lee ve Rezaie, 2022; Rehman ve ark., 2019) üretilmiştir.

Taşkın duyarlılığı haritaları, birçok kriterin bir arada değerlendirilerek mekânsal sonuçların üretildiği çalışmalardır (Kaya ve Derin, 2023; Kuşçu ve Özdemir, 2023). Geçmişte yaşanmış taşkın olaylarına dair mekânsal kayıtların olduğu alanlarda taşkın duyarlılığı niceliksel yöntemlerle değerlendirilebilmektedir (Al-Juaidi ve ark., 2018; Costache, 2019; Priscillia ve ark., 2021). Yaşanmış taşkına ait bir veri olmadığında ise kriterler karşılıklı olarak kıyaslanarak duyarlılık durumu değerlendirilmektedir. Bu bağlamda çok kriterli karar verme (ÇKKV) süreçleri değerlendirme yapılırken çalışmada kullanılan yöntemin temelini oluşturmaktadır. ÇKKV, kriterlerin içerisinden seçimin karmaşık olduğu alanlarda, kriterler arasından en uygun olanının seçilmesi için kullanılan ve bu sayede güçlü karar vermeyi mümkün kılan süreçleri ifade etmektedir (Aruldoss ve ark., 2013; Jahan ve ark., 2016). Birçok ÇKKV yöntemi bulunmaktadır (Timor, 2011). Bu farklı yöntemleri kullanarak taşkın duyarlılığının haritalandığı çalışmalar yapılmıştır (Gudiyangada Nachappa ve ark., 2020; Hammami ve ark., 2019; Işık ve ark., 2020; Khosravi ve ark., 2019; Ocak ve ark., 2021; Wang ve ark., 2019). Bu çalışmada Rezaei (2015) tarafından geliştirilen bir ÇKKV yöntemi olan Best-Worst yöntemi (BWM) kullanılmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birlikte kullanımının başarısının yapılan çalışmalar (Akyüz ve ark., 2023; Gök ve Taşoğlu, 2023; Güler ve Yomralıoğlu, 2021; Konurhan ve Başaran, 2023; Li ve ark., 2012) ile

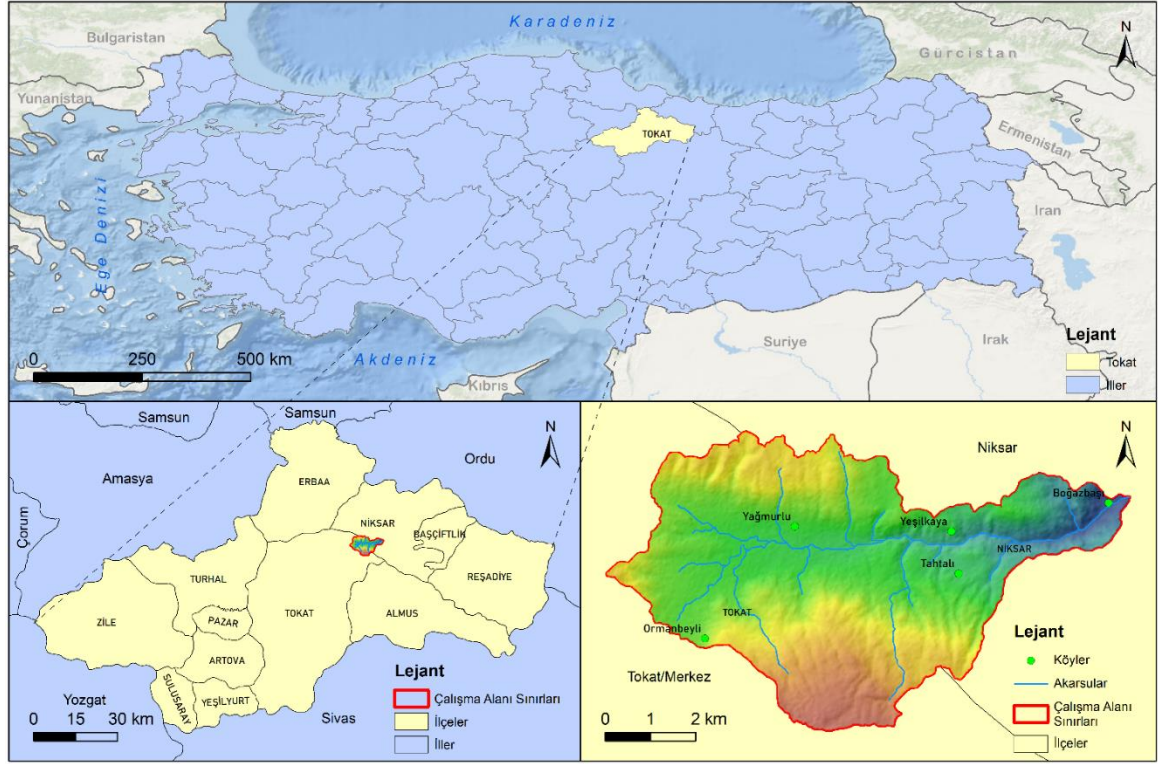
kanıtlanmış olmasının yanı sıra sınırlı sayıda da olsa taşkın duyarlılığı çalışmalarında (Özay ve Orhan, 2023; Yıldız ve Şişman, 2022) kullanımı bu yöntemin tercih edilmesinin nedeni olmuştur. BWM yöntemiyle taşkın duyarlılığının değerlendirildiği bu çalışmada arazi koşulları, literatür ve uzman görüşü dikkate alınarak yedi (eğim, arazi örtüsü, litoloji, yükseklik, topografik nemlilik indeksi, topografik pozisyon indeksi, profil eğriliği) çevresel faktör kullanılmıştır.

Türkiye sahip olduğu fiziki çevre koşulları nedeniyle doğal afetlerin sık meydana geldiği bir ülkedir. Taşkınlar, deprem ve heyelandan sonra Türkiye’de en çok oluşan doğal afettir (Gökçe ve ark., 2008). Çalışma alanı olarak seçilen Suluca Deresi Havzası, Kelkit Çayı Havzası’nın küçük bir parçası olmasına karşın inşası devam eden karayolu yatırımlarının olduğu bir saha olmasından dolayı önemlidir. Özellikle yapılan karayolunun, Suluca Deresi’nin yatağı üzerinde konumlandırılmış olması havzada taşkın duyarlılığı çalışması yapılmasını gerekli kılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular, sahanın yaklaşık %3’ünün yüksek taşkın duyarlılığına sahip olduğu göstermektedir. Yüksek duyarlı tespit edilen alanların yüzölçümü az olmasına karşın bu alanların inşası devam eden karayolu güzergahı ile büyük oranda örtüşmesi dikkat çekmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Çalışma Alanı

Yeşilirmak Nehri’nin havzası sınırları içerisinde bulunan Suluca Deresi, Merkez (Tokat) İlçe sınırları içerisinden doğarak ana kolu kabaca doğu yönlü sahayı drene ederek Niksar İlçesi’nin sınırları içerisinde, Boğazbaşı Köyü civarında Kelkit Çayı’na katılmaktadır. Suluca Deresi’nin drene ettiği ve bu çalışmanın da alanını oluşturan saha toplam 40,58 km²’dir (Şekil 1). Havza, küçük bir alana sahip olmasına karşın Tokat-Niksar karayolu güzergahında bulunması ve bu hattın Türkiye’nin kuzeydoğusuna bağlanan önemli bir karayolu olması nedeniyle önem arz etmektedir. Suluca Deresi Havzası, Sakarat Dağları ile Köse Dağları arasındaki sınırı da oluşturmaktadır. Yükselti değerleri 372 m ile 1565 m arasında değişim göstermektedir. Sıcaklık ve yağış değerleri, yükselti koşullarında kısa mesafelerde gerçekleşen değişimlerden dolayı havzanın yukarı kesimleri ile aşağı çığıruları arasında farklılık arz etmektedir. Havzanın aşağı çığırını temsilen Niksar, yukarı çığırını temsilen Tokat meteoroloji istasyonlarının verileri dikkate alınmıştır. Niksar’da yıllık ortalama sıcaklık 13,9 °C, Tokat’ta 12,5 °C’dir. Niksar’da yıllık yağış miktarı 508,7 mm iken Tokat’ta ise 435 mm’dir.

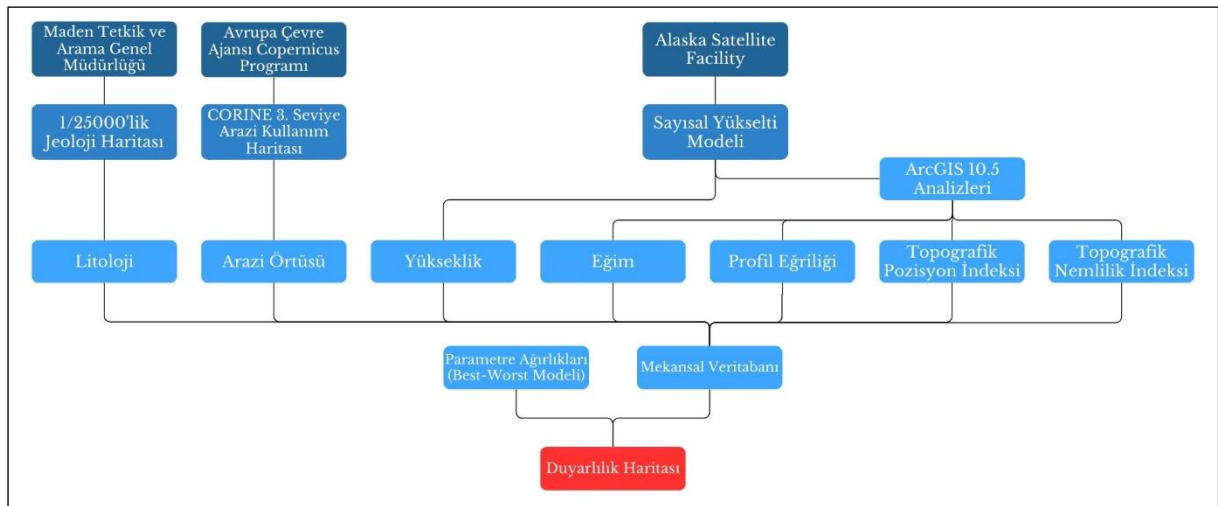


Şekil 1. Çalışma alanının lokasyon haritası.

2.2. Veri

Suluca Deresi Havzası'nda taşkın duyarlılığını değerlendirmek amacıyla kullanılan veri kaynakları ve yapılan işlemleri gösteren iş akışı Şekil 2'de verilmiştir. Taşkın duyarlılığının mekânsal farklılığını ortaya koymak amacıyla yedi farklı parametre kullanılmıştır. Bu parametreler; litoloji, arazi örtüsü, yükseklik, eğim, profil eğriliği, topografik pozisyon indeksi ve topografik nemlilik indeksidir. Litoloji verisi Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü tarafından üretilen 1/25.000 ölçekli

jeoloji haritalarından (G37a2, G37b1, G37c3, G37c4, G37d3) üretilmiştir. Arazi örtüsü verisi olarak CORINE veri seti kullanılmıştır (Copernicus, 2018). Yükselti verisi olarak 12,5 metre çözünürlüklü ALOS (Advanced Land Observing Satellite) veri tabanından temin edilen Sayısal Yükselti Verisi kullanılmıştır (ASF, 2020). Bu yükselti verisi kullanılarak eğim, profil eğriliği, topografik pozisyon indeksi ve topografik nemlilik indeksi ait haritalar üretilmiştir.



Şekil 2. İş akışı şeması.

2.3. Taşkın Duyarlılığı Değerlendirmesinde Kullanılan Faktörler

Taşkın duyarlılığı üzerinde etkili olduğu düşünülen faktörlerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi çalışmanın

en önemli adımını oluşturmaktadır. Su kütlesi, havza içindeki nispeten alçak rakımlı alanlara doğru akış gerçekleştireceğinden dolayı yükselti faktörü taşkın oluşumunda önemli bir çevresel değişken olarak dikkate

alınmaktadır (Botzen ve ark., 2013; Mojaddadi ve ark., 2017). Yüksek rakımlı arazilerden alçak rakımlı arazilere doğru akış eğilimi gösteren su kütlesi, eğimin nispeten az olduğu düz sahalarda birikme eğiliminde olacağından eğim değerinin azalması taşkın duyarlılığını artıracaktır (Das, 2018; Dou ve ark., 2018; Li ve ark., 2012). Tehrany vd. (2014) yaptıkları değerlendirmede profil eğriliği bakımından iç bükey alanlarda taşkın oluşma ihtimalinin daha fazla olduğunu gözlemlemişlerdir. Taşkın oluşma ihtimalini artıran çevresel unsurlardan birisi suyun infiltrasyona uğrayamamasıdır. Bu bağlamda yüzeysel akıştaki suyun infiltrasyonunu kontrol eden faktörlerden birisi arazi kullanımınıdır. Özellikle yapay yüzeylerden oluşan arazi kullanım sınıfları taşkın üzerine yüksek öneme sahiptir (Bayazit, 2021; Duman ve İrcan, 2022). Arazinin geçirimsizlik koşulları üzerinde etkili olarak taşkın mekânsal değişimini dolaylı olarak etkileyen bir diğer faktör litolojidir. Tüzgen ve Karaca (2021) deniz seviyesinde yapmış oldukları çalışmada yeraltı suyu seviyesinin yüksek olduğu alanlarda geçirimsizliğin az olduğu ifade ederek alüvyon arazilerde taşkın duyarlılığının yüksek olacağını belirtmişlerdir. Suluca Deresi Havzası'nda yapılan bu çalışmada, litoloji parametresinin taşkın yaratma potansiyeli açısından dolayı etkisi yeraltı suyu ile ilişkilendirilmemiştir. Litolojik birimler geçirimsizlik durumlarına göre sınıflandırılmış, geçirimsiz olduğu düşünülen birimlerin taşkın duyarlılığı üzerindeki önemi düşük, geçirimsiz olanlar ise yüksek önemde değerlendirilmiştir. Duman ve İrcan (2022) da benzer şekilde litolojinin taşkına olan etkisini geçirimsizlik durumu üzerinden değerlendirmiştir. Topografik pozisyon indeksi arazinin durumunu sayısal olarak ortaya koyarak hızlı ve etkili bir morfolojik sınıflandırma imkânı sağlamaktadır. Topografik pozisyon indeksi kullanılarak yapılmış bir taşkın duyarlılığı çalışmasına literatürde rastlanmamıştır. İndeks, sahip olduğu hızlı ve etkin morfolojik değerlendirme imkânı nedeniyle bu çalışmada tercih edilmiştir. Topografyanın olası nemlilik durumunu sayısal olarak ortaya koyan Topografik Nemlilik İndeksi de taşkın ile ilişkilendirilebilmektedir. Topografik nemlilik indeksi (TWI) değerinin yüksek olduğu düşük eğime sahip ve akaçlama alanı geniş olan sahalarda su toplanacağından buralarda taşkın ihtimali artmaktadır (Bui ve ark., 2018; Tola ve Shetty, 2022). Bu nedenle çalışmada topografik nemlilik indeksi kullanılmıştır. Bu bilgiler, uzman görüşü ve arazi koşulları dikkate alınarak her bir faktörün alt sınıfına 1 ile 10 arasında önem değeri atanmıştır. Parametrelere ait tematik haritaların üretimlerinde ArcGIS 10.5 yazılımı kullanılmıştır. Eğim ve profil eğriliği verisi yazılımdaki mekânsal analiz araçları ile üretilmiştir. Topografik pozisyon indeksi aşağıda belirtilen formülü (eşitlik, 1) çalıştıran, Jenness (2006) tarafından geliştirilen eklenti ile üretilmiştir. Topografik nemlilik indeksi ise aşağıda belirtilen formülün (eşitlik, 2) raster calculator aracında çalıştırılması ile üretilmiştir. Topografik pozisyon indeksi (TPI) ile elde edilen değerlerden pozitif olanlar, ilgili hücrenin (piksel, grid)

çevresinden daha yüksek olduğunu; negatif değerler ise daha alçak olduğunu göstermektedir. Sıfıra yakın değerler ise sabit eğimli ya da düz alanları temsil etmektedir (Weiss, 2001; Jenness, 2006).

$$TPI = Z_0 - \bar{Z} \quad (1)$$

Formülde bulunan Z_0 , TPI değeri hesaplanan hücrenin yükselti değerini ifade etmektedir. \bar{Z} ise bu hücrenin çevresindeki hücrelerin ortalama yükseltisidir (Wilson ve Gallant, 2000). Çevredeki hücrelerin ortalama yükselti değeri, çevre tarama çapına göre değişkenlik göstermektedir. Bu durum belirlenecek morfolojik sınıfları etkilemektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı ve arazi koşulları göz önünde bulundurularak 150 m tarama çapı belirlenmiştir. Beven ve Kirkby (1979) tarafından tasarlanan akış modeli kapsamında geliştirilen topografik nemlilik indeksi, homojen zemin varsayımına dayanarak topografyanın hidrolojik koşullar üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. İndeks böylece topografik anlamda suya doygun alanların lokasyonlarının ve boyutlarının tespitini mümkün kılmaktadır (Moore ve ark., 1991). Topografik nemlilik indeksi aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$TWI = \ln(A_s / \tan \beta) \quad (2)$$

Formülde bulunan A_s , her bir hücrenin özgül havza alanı; β ise derece cinsinden yamaç eğimini ifade etmektedir (Moore ve ark., 1991). Topografik pozisyon indeksi, yükselti ve topografik nemlilik indeksi parametrelerine ait haritalar Jenks (1967)'in doğal kırılım yöntemi ile sınıflandırılarak tematik haritalar elde edilmiştir. Eğim parametresi, benzer çalışma (Işık ve ark., 2020) ve saha koşulları dikkate alınarak beşer derecelik aralıklarla sınıflandırılmıştır. Profil eğriliği; iç bükey, düz ve dış bükey olarak sınıflandırılmıştır. Kategorik veri içeren arazi kullanımı ve litoloji parametreleri ise mevcut sınıfların taşkın üzerindeki etki durumları dikkate alınarak gruplandırılmış ve tematik haritalar elde edilmiştir. Bu gruplandırma daha önce belirtilen geçirimsizlik hususu dikkate alınarak yapılmıştır. Bu parametrelere ait alt sınıfların taşkın duyarlılığı üzerindeki etkinliği ve ağırlıkları, bulgular başlığı altında değerlendirilmiştir.

2.4. Best-Worst Yöntemi

Taşkın duyarlılığı üzerinde çevresel faktörlerin her birinin önem ağırlığı eşit değildir. Bu nedenle faktörlerin önem ağırlıklarının belirlenmesi çalışmanın önemli bir adımını oluşturmaktadır. Birden fazla faktörü birlikte kullanarak bir sonuç elde edilmesi süreci, çok kriterli karar verme olarak değerlendirilmektedir. Çok kriterli karar verme, Chen ve Hwang'ın (1992)'da belirttiği gibi birbiriyle çelişen ya da etkileşimli olan kriterler arasından en uygun olan alternatifin belirlenmesini sağlar. Bu amaç doğrultusunda geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemleri vardır. Analitik Hiyerarşi Yöntemi, Analitik Ağ Prosesi, TOPSIS, ELECTRE, Promethee, Utadis başlıca çok kriterli karar vermek yöntemleridir (Timor, 2011) ve bu yöntemler başarılı bir

şekilde taşkın duyarlılığı analizlerinde kullanılmaktadır (Aydın ve Birincioğlu, 2022; Fatah ve ark., 2022; Köroğlu ve Akıncı, 2023; Özcan, 2017). Bu yöntemlerin haricinde Rezaei (2015) tarafından Best-Worst adıyla yeni bir çok kriterli karar verme yöntemi geliştirilmiştir. Bu yöntem farklı mekânsal değerlendirmelerin yapıldığı çalışmalarda Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları ile birlikte kullanılmaktadır (Akyüz ve ark., 2023; Güler ve Yomralioğlu, 2021; Konurhan ve Başaran, 2023; Li ve ark., 2012). Best-worst yöntemi, sınırlı sayıda olmakla birlikte taşkın duyarlılığının değerlendirildiği çalışmalarda uygulanabilmektedir (Özay ve Orhan, 2023; Yıldız ve Şişman, 2022). Tüm bu bilgiler ışığında, bu çalışmada da Best-Worst yöntemi tercih edilmiştir. İşlem detayları ve formülleri Rezaei (2015, 2016) tarafından izah edilmiş olan yöntem temel olarak altı işlem adımına sahiptir. Bunlar;

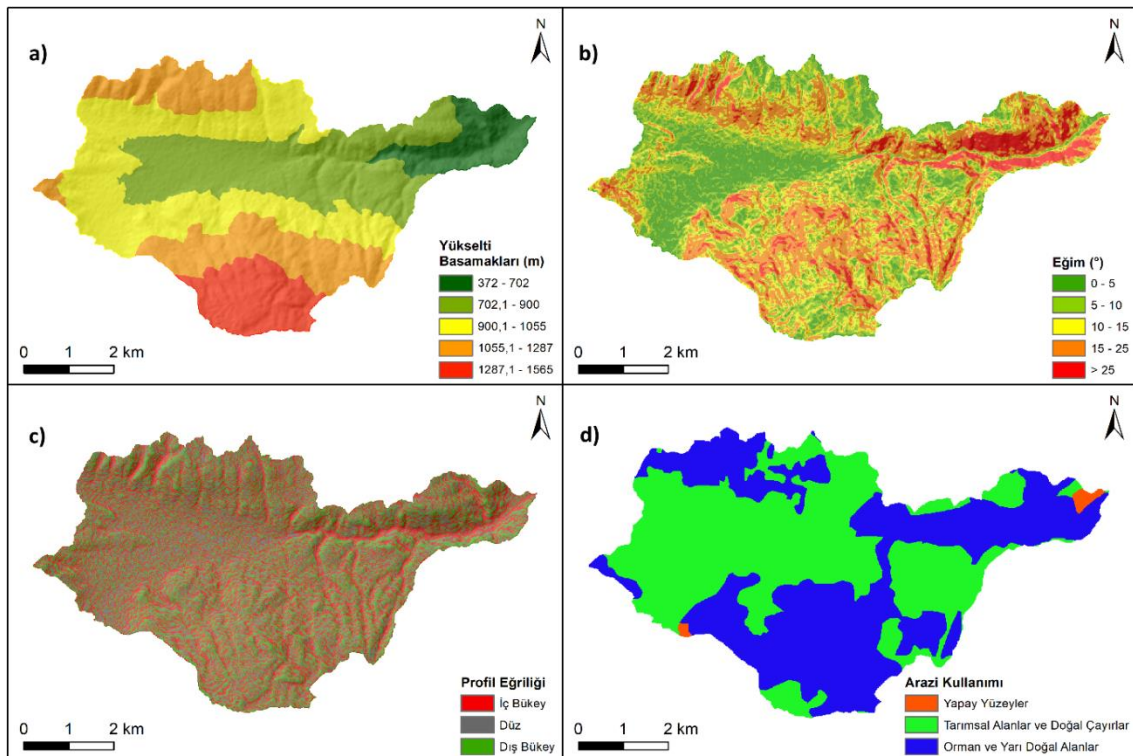
- 1.Kriterlerin belirlenmesi
- 2.Kriter içerisinde en fazla ve en az öneme sahip olanların belirlenmesi
- 3.En önemli kriter ile diğer kriterler arasında ikili karşılaştırmanın yapılması
- 4.En önemsiz kriter ile diğer kriterler arasında ikili karşılaştırmanın yapılması
- 5.Optimal ağırlıkların elde edilmesi
- 6.Tutarlılığın kontrol edilmesi

Kriterlerin ikili karşılaştırması yapılırken 1 ile 9 arasında değer kullanılmaktadır. Değer arttıkça kriterin önemi artmaktadır (Rezaei, 2016). İşlem adımları tamamlandıktan sonra her bir kritere ait önem ağırlık değerleri, ilişki eşik değeri ve tutarlılık oranı elde edilmektedir. Tutarlılık oranı, ilişki eşik değerinden küçük ise kurulan ikili karşılaştırmalar uygundur (Liang

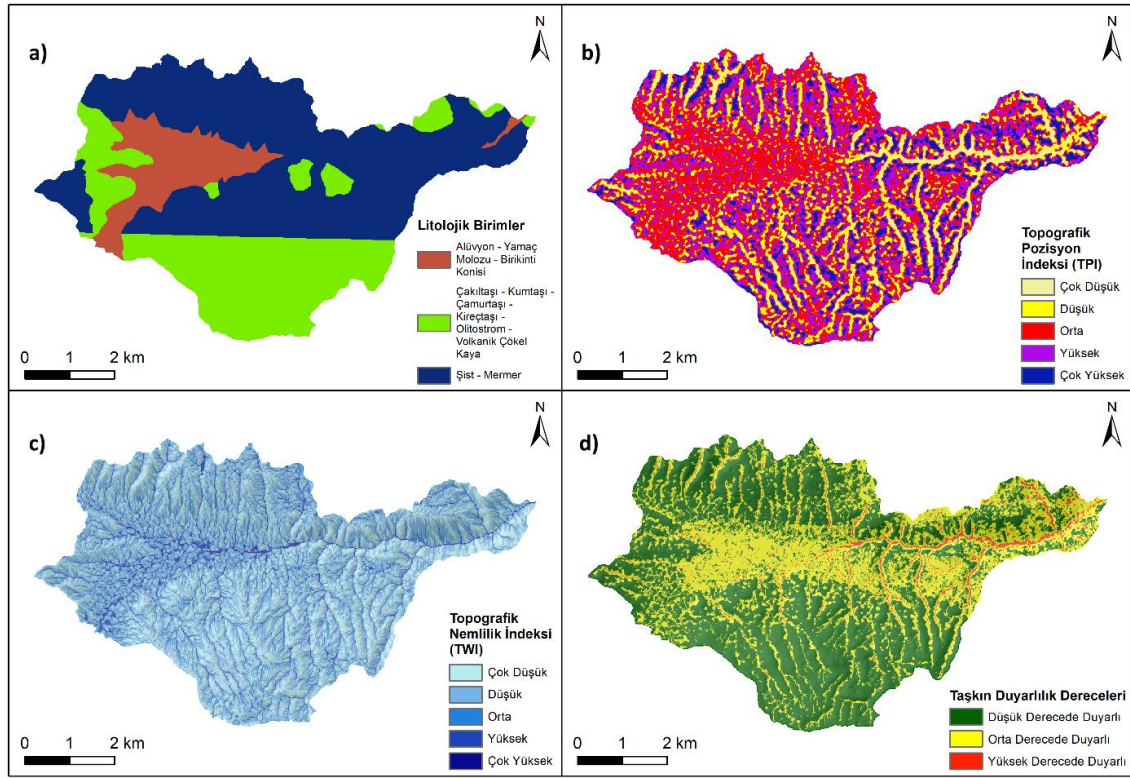
ve ark., 2020). Böylece elde edilen kriter önem ağırlıkları kullanılabilir. Her bir kriter için üretilen haritalara, önem ağırlıklar değerleri ile Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında ağırlıklı çakıştırma uygulanmış ve sonuç haritası elde edilmiştir. Elde edilen sonuç haritasına eşit sınıflandırma uygulanarak, 3 sınıfta (düşük derecede duyarlı, orta derecede duyarlı, yüksek derecede duyarlı) Suluca Deresi Havzası taşkın duyarlılık haritası üretilmiştir.

3. Bulgular

Suluca Deresi Havzası'nda taşkın duyarlılığı üzerinde etkili olabilecek faktörlere ait tematik haritalar üretilmiştir (Şekil 3, 4). Yükselti faktöründe, taşkın duyarlılığı üzerinde en yüksek öneme sahip olan, en alçak rakımlı sınıf (372 - 702 m) havzanın %8,12'sini (3,30 km²) kaplamaktadır (Tablo 1). 900 - 1055 m yükselti sınıf aralığı havza içerisinde en geniş yayılış alanına (%32,52) sahip yükselti sınıfıdır. Taşkın üzerinde en etkin olan 0 - 5 derece eğim sınıfında alanlar havzanın %15,41'ini kapsamaktadır. Düşük eğimli bu alanların büyük kısmı havzanın yukarı çığırındaki tektonik kökenli ova kısmına karşılık gelmektedir. Kabaca doğu yönde akarak Yağmurlu Köyü'nden sonra dar bir vadi içerisine giren Suluca Deresi, Kelkit Irmağına ulaşmak üzere burada oluşturduğu arazinin eğim değerlerini artırmıştır. Profil eğriliği sınıflarından taşkın duyarlılığı üzerinde en etkin olan iç bükey alanlar havzanın %38,54'ünde (15,65 km²) yayılış göstermektedir. Geçirimsizlik koşulları dikkate alınarak gruplandırılan litoloji verisinde, havzadaki birimler içerisinde geçirimsizliğin en düşük olacağı mermer, şist sahaları havzanın %54,74'ünü (22,22 km²) kaplamaktadır.



Şekil 3. Suluca Deresi Havzası (a) yükselti, (b) eğim, (c) profil eğriliği ve (d) arazi kullanımı haritası.



Şekil 4. Suluca Deresi Havzası (a) litoloji, (b) TPI, (c) TWI ve (d) taşkın duyarlılık haritası.

Alüvyon, yamaç molozu-birikinti konisi sahaları havzanın %12,55'inde (5,10 km²) yayılış göstermektedir. Bu alanlar geçirimsizliğin en yüksek olduğu litoloji birimleri olarak gruplandırılmıştır. Bu gruba nazaran geçirimsizliğin düşük olduğu; çamurtaşı, kireçtaşı, kumtaşı, çakıltaşı, olistostrom, volkanik çökel-kayadan oluşan birimler ise havzanın %32,70'ini (13,28 km²) örtmektedir. Taşkın üzerinde etkin olan en düşük TPI sınıfı, havzanın %5,74'üne (2,33 km²) karşılık gelmektedir. Bu sınıfın yayılış alanı havza içerisindeki dar vadileri temsil etmektedir. Topografyanın kontrolünde havza içerisinde nemlilik miktarının en yüksek dolayısıyla taşkın oluşturma potansiyelinin de fazla olduğu çok yüksek TWI sınıfı havzanın %1,84'ünde (0,75 km²), yüksek TWI sınıfı %5,53'ünde (2,24 km²) saptanmıştır.

Best-Worst yöntemi kapsamında Suluca Deresi Havzası'nda taşkın duyarlılığı için en önemli parametre olarak TPI saptanmıştır. En önemsiz parametre olarak ise profil eğriliği tanımlanmıştır. En önemli ve en önemsiz faktörlerin diğer faktörlerle ikili düzeyde karşılaştırmaları yapılmıştır (Tablo 2). Bu ikili karşılaştırma elde edilen; en önemli faktörün diğerleri ile kıyaslandığını ve en önemsiz faktörün diğerleri ile kıyaslandığı değerlerden hareketle her bir faktöre ait önem ağırlık değeri elde edilmiştir (Tablo 1). Taşkın duyarlılığı üzerinde en etkin parametre olan TPI'nin önem ağırlığı 0,31 olarak hesaplanmıştır. İkinci en önemli parametre TWI (0,27), üçüncü ise yükseltidir (0,17). Diğer parametreler ise öneme ağırlıklarına göre sırasıyla; eğim (0,09), litoloji (0,07), arazi örtüsü (0,06) ve profil eğriliğidir (0,03). İkili karşılaştırmanın tutarlılığının kontrolü amacıyla elde edilen ilişki eşik değeri ve

tutarlılık oranı değerleri sırasıyla; 0,34 ve 0,14'tür. Tutarlılık oranının ilişki eşit değerinden küçük oluşu, Best-Worst yönteminde kurulan ikili karşılaştırmalar ve elde edilen ağırlıklar değerlerinde bir problem olmadığını kanıtlamaktadır.

Üretilen altık veriler ve faktörlere ait önem ağırlık değerleri kullanılarak Suluca Deresi Havzası taşkın duyarlılığı haritası elde edilmiştir (Şekil, 4d). Taşkın duyarlılığının en yüksek olduğu alanlar, akarsuyun vadisinin daraldığı sahalara karşılık gelmektedir. Bu alanlar topografyanın kontrolünde yüzeysel akışın toplanacağı alanlardır. Ayrıca akarsuyun dar bir vadiye eriştiği yerler, aynı zamanda havzanın yükselti değerlerinin hızla azaldığı yani bütün havza sularının drene olacağı aşağı çığırlara karşılık gelmektedir. Tüm bu hususlar, havzada bu alanlarda taşkın duyarlılığının yüksek olmasını sağlamaktadır. Suluca Deresi Havzası'nın yüksek rakımlı, eğim değerlerinin düşük ve topografik pürüzlülüğün nispeten az olduğu, akarsuların geniş vadiler boyunca aktığı alanlarında taşkın oluşma potansiyeli nispeten düşüktür. Alansal değerler incelendiğinde; yüksek taşkın duyarlılığına sahip alanlar havzanın %2,77'sini (1,13 km²), orta derecede duyarlı alanlar %37,40'ını, düşük derecede taşkın duyarlılığına sahip alanlar ise %59,83'ünü kaplamaktadır.

Tablo 1. Taşkın duyarlılığı faktörleri, sınıfları ve bunlara ait alansal değer ile önem ağırlıkları

Faktörler	Faktör Sınıfları	Alan		Sınıf Ağırlıkları	Faktörlerin Ağırlıkları
		km ²	%		
Topografik Pozisyon İndeksi (TPI) (150m)	-13,76 – -3,94	2,33	5,74	10	0,31
	-3,94 – -1,25	7,37	18,16	5	
	-1,25 – 0,91	14,79	36,44	2	
	0,91 – 3,39	11,56	28,48	1	
Arazi Örtüsü	3,39 – 13,75	4,54	11,18	1	0,06
	Yapay Yüzeyle	0,28	0,68	10	
	Tarımsal Alanlar ve Doğal Çayırlar	20,90	51,47	5	
	Orman ve Yarı Doğal Alanlar	19,42	47,85	1	
	0 – 5	6,26	15,41	10	
Eğim (°)	5 – 10	9,17	22,60	5	0,09
	10 – 15	9,11	22,44	3	
	15 – 25	12,59	31,02	2	
	25 <	3,46	8,53	1	
Profil Eğriliği	İç Bükey	15,65	38,54	10	0,03
	Düz	9,81	24,15	5	
	Dış Bükey	15,15	37,31	1	
Litoloji	Yüksek Geçirimli	5,10	12,55	1	0,07
	Orta Geçirimli	13,28	32,70	5	
	Düşük Geçirimli	22,22	54,74	10	
Topografik Nemlilik İndeksi (TWI)	2,56 – 5,21	14,12	34,78	1	0,27
	5,21 – 6,88	16,58	40,83	2	
	6,88 – 9,46	6,91	17,02	3	
	9,46 – 13,25	2,24	5,53	7	
	13,25 – 21,89	0,75	1,84	10	
	372 – 702	3,30	8,12	10	
Yükseklik (m)	702 – 900	11,11	27,36	8	0,17
	900 – 1055	13,20	32,52	3	
	1055 – 1287	8,89	21,90	2	
	1287 – 1565	4,10	10,10	1	

Tablo 2. En önemli ve en önemsiz kriterler ile diğer kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

	TPI	TWI	Yükselti	Eğim	Arazi Örtüsü	Litoloji	Profil Eğriliği
En önemli (TPI)	1	1	2	4	5	6	8
En önemsiz (Profil eğriliği)	8	7	6	4	3	2	1

TPI= topografik pozisyon indeksi, TWI= topografik nemlilik indeksi.

4. Tartışma ve Sonuç

Suluca Deresi, Yeşilirmak Havzası sınırları içerisinde, Kelkit Irmağı'nın küçük bir kolu olmasına karşın vadisi üzerinde bulunan önemli ulaşım güzergâhı ve üstyapı yatırımları nedeniyle önem arz etmektedir. Bu bağlamda çalışmada yedi farklı çevresel faktör ve Best-Worst yöntemi kullanılarak havzada taşkın duyarlılığının mekânsal dağılışı ortaya koyulmuştur. Elde edilen sonuçlarda havzanın yaklaşık %3'ünde taşkın duyarlılığının yüksek olduğu saptanmıştır. Taşkın meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu alanlar, inşası devam eden Tokat-Niksar karayolunun güzergâhı ile

büyük oranda paralellik göstermektedir.

Normal koşullarda akarsuyun düz ve geniş vadi yataklarında taşkın üretme potansiyelinin yüksek olması öngörülmektedir. Yer yer bu alanlarda zaten taşkın yatağı durumundadır. Ancak Suluca Deresi Havzası'nda çevresel koşullar başkadır. Havzanın yukarı çığırı nispeten düz, geniş akarsu vadilerine sahiptir. Bu alanlarda başlayan yüzeysel akış ve birleşen birçok akarsu kolu bir araya gelerek, Kelkit Irmağı'na bağlanmak üzere akış göstermektedir. Bu bağlamda Suluca Deresi'nde taşkın meydana gelme ihtimalinin yüksek olduğu saha, akarsuyun yukarı çığırında geniş vadiler boyunca aktığı

yerlerden ziyade bütün akaçlamının topladığı ve havzanın aşağı çıkırını oluşturan dar vadisidir. Burada en önemli tehlike, inşası devam etmekte olan Tokat-Niksar karayolu çalışmasıdır. Genel itibarıyla vadi tabanında ve akışa paralel olarak inşa edilen karayolu, havza sınırları içerisinde gerçekleşebilecek ekstrem yağışlardan olumsuz etkilenebilir. Havza içerisinde yüksek taşkın potansiyeline sahip alanlar az yayılışa sahip olmasına karşın, taşkın oluştuğunda önemli bir üstyapı unsurunu tehdit edebileceğinden saptamalar önemlidir. Çalışma, havza sınırları içerisinde meydana gelebilecek sağanak bir yağışın ciddi zararlar yaratabilecek bir afete dönüşebileceğini göstermektedir.

Taşkın duyarlılığının değerlendirildiği çalışmalarda kullanılacak faktörler hususunda bir standart yoktur (Kuşçu ve Özdemir, 2023; Kaya ve Derin, 2023). Aynı faktörler kullanılsa dahi faktörlerin sınıflandırılması ve bu sınıfların ağırlıklarının belirlenmesinde farklılıklar vardır. Uzman görüşüne dayanarak yapılan bu çalışmalarda farklılıkların görülmesi olağandır. Ayrıca çalışan her bir saha özelinde kullanılacak çevresel faktörlerin, bunların sınıfları ve ağırlıklarının değişkenlik göstermesi de normaldir. Tek bir havza özelinde taşkın çalışması, mekânsal olarak daha önce meydana gelmiş taşkınlara ait envanterin yokluğunda uzman görüşüne dayanan niteliksel değerlendirmelerle mümkün olabilmektedir. Niceliksel taşkın değerlendirmelerin mümkün olabilmesi için ilgili kurumların, insan ve eserlerine zarar verip vermediğine bakmaksızın meydana gelen bütün taşkın olaylarını kayıt altına alması önem arz etmektedir.

Katkı Oranı Beyanı

Yazar(lar)ın katkı yüzdesi aşağıda verilmiştir. Tüm yazarlar makaleyi incelemiş ve onaylamıştır.

	K.E	M.Y
K	50	50
T	50	50
Y	70	30
VTI	40	60
VAY	50	50
KT	50	50
YZ	50	50
KI	50	50
GR	80	20
PY	50	50
FA	50	50

K= kavram, T= tasarım, Y= yönetim, VTI= veri toplama ve/veya işleme, VAY= veri analizi ve/veya yorumlama, KT= kaynak tarama, YZ= Yazım, KI= kritik inceleme, GR= gönderim ve revizyon, PY= proje yönetimi, FA= fon alımı.

Çatışma Beyanı

Yazarlar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

Etik Onay Beyanı

Bu çalışmada hayvanlar ve insanlar üzerinde herhangi bir çalışma yapılmadığı için etik kurul onayı alınmamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı

Bu çalışma, 8-10 Mayıs 2024 tarihinde gerçekleşen "Uluslararası Tıp, Eczacılık, Tarım, Gıda, Ormanlık, Çevre ve Mühendislikte Bilişim Teknolojileri Kongresinde (INFTEC-2024)" özet bildiri olarak sunulmuştur. Katkı ve önerilerinden dolayı katılımcılara teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akyüz G, Yalpır Ş, Ertunç E. 2023. Determining the suitability of lands for agricultural use with the best-worst method: Ankara Province Example. *Afyon Kocatepe Univ J Sci Engin*, 23: 1045–1055.
- Al-Juaidi AE, Nassar AM, Al-Juaidi OE. 2018. Evaluation of flood susceptibility mapping using logistic regression and GIS conditioning factors. *Arabian J Geosci*, 11(24): 1–10.
- Anonymous. 2023. 2022 Disasters in numbers. Brussels. URL: https://cred.be/sites/default/files/2022_EMDAT_report.pdf (accessed date: May 21, 2024).
- Aruldoss M, Lakshmi TM, Venkatesan VP. 2013. A survey on multi criteria decision making methods and its applications. *American J Inform Systems*, 1(1): 31–43.
- ASF. 2020. ALOS PALSAR—Digital elevation model (12.5 m Spatial Resolution). URL: <https://search.asf.alaska.edu/#/> (accessed date: December 14, 2023).
- Aydın MC, Birincioğlu SE. 2022. Flood risk analysis using gis-based analytical hierarchy process: a case study of Bitlis Province. *Applied Water Sci*, 12(6).
- Bayazit Y. 2021. Bilecik ilindeki şehirleşmenin taşkın riski üzerindeki etkilerinin araştırılması. *BŞEÜ Fen Bilim Derg*, 8(1): 217–227.
- Beven KJ, Kirkby MJ. 1979. A physically based, variable contributing area model of basin hydrology. *Hydrol Sci Bulletin*, 24(1): 43–69.
- Botzen WJW, Aerts JCJH, van den Bergh CJM. 2013. Individual preferences for reducing flood risk to near zero through elevation. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 18: 229–244.
- Bui DT, Panahi M, Shahabi H, Singh VP, Shirzadi A, Chapi K, Khosravi K, Chen W, Panahi S, Li S, vd. 2018. Novel hybrid evolutionary algorithms for spatial prediction of floods. *Sci Reports*, 8:1-14.
- Chen SJ, Hwang CL. 1992. Fuzzy multiple attribute decision making: methods and applications. Springer, Berlin, heidelberg, pp: 540.
- Copernicus. 2018. CORINE land cover 2018. URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover/clc2018> (accessed date: May 20, 2024).
- Costache R. 2019. Flood susceptibility assessment by using bivariate statistics and machine learning models - a useful tool for flood risk management. *Water Resour Manage*, 33(9): 3239–3256.
- Das S. 2018. Geographic information system and AHP-based flood hazard zonation of Vaitarna basin, Maharashtra, India. *Arabian J Geosci*, 11(19): 1-13.
- DEMP. 2014. Annotated dictionary of disaster terms (in Turkish). Ministry of Interior Disaster and Emergency Management Presidency, Ankara, Türkiye, pp: 216.
- Dölek İ. 2019. Afetler ve afet yönetimi. Pegem Akademi, Ankara, Türkiye, pp: 392.

- Doswell CA. 2003. Flooding: encyclopedia of atmospheric sciences. Elsevier Sci, Ltd, Amsterdam, Nederland, pp: 769–776.
- Dou X, Song J, Wang L, Tang B, Xu S, Kong F, Jiang X. 2018. Flood risk assessment and mapping based on a modified multi-parameter flood hazard index model in the Guanzhong Urban Area, China. *Stochastic Environ Res Risk Assess*, 32(4): 1131–1146.
- Duman N, İrcan MR. 2022. Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı Çankırı merkez ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Jeomorfol Araş Derg*, (9): 50–66.
- Fang Z, Wang Y, Peng L, Hong H. 2021. Predicting flood susceptibility using LSTM neural networks. *J Hydrol*, 594: 125734.
- Fatah KK, Mustafa YT, Hassan IO. 2022. Flood susceptibility mapping using an analytic hierarchy process model based on remote sensing and GIS Approaches in Akre District, Kurdistan region, Iraq. *Iraqi Geol J*, 55(2): 121–149.
- Gök M, Taşoğlu E. 2023. Yasaklı bitkiden potansiyel bir hazineye doğru: samsun, amasya ve tokat illerinde kenevir (cannabis sativa l. hemp) yetiştiriciliğinin best-worst yöntemiyle analizi. *Coğrafi Bilim Derg*, 21(2): 427–452.
- Gökçe O, Özden Ş, Demir A. 2008. Türkiye’de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı afet bilgileri envanteri. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, pp: 118.
- Gudiyangada NT, Tavakkoli PS, Gholamnia K, Ghorbanzadeh O, Rahmati O, Blaschke T. 2020. Flood susceptibility mapping with machine learning, multi-criteria decision analysis and ensemble using Dempster Shafer Theory. *J Hydrol*, 590: 125275.
- Güler D, Yomralıoğlu T. 2021. Location evaluation of bicycle sharing system stations and cycling infrastructures with best worst method using GIS. *Professional Geograp*, 73(3): 535–552.
- Hammami S, Zouhri L, Souissi D, Souei A, Zghibi A, Marzougui A, Dlala M. 2019. Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian J Geosci*, 12(21): 1–16.
- Işık F, Bahadır M, Zeybek Hİ, Çağlak S. 2020. Karadere çayı taşkını (Araklı -Trabzon). *Mavi Atlas*, 8(2): 526–547.
- Jahan A, Edwards KL, Bahraminasab M. 2016. Multi-criteria decision-making for materials selection. *Multi-criteria Decision Analysis for Supporting the Selection of Engineering Materials in Product Design*, London, UK, pp: 63–80.
- Jenks GF. 1967. The data model concept in statistical mapping. *Int. Yearbook Cartogr*, London, UK, 7: 186–190.
- Jenness J. 2006. Topographic position index (TPI) v. 1.2. Jenness enterprises. URL: <https://www.jennessent.com/arcview/tpi.htm> (accessed date: November 19, 23)
- Kaya CM, Derin L. 2023. Parameters and methods used in flood susceptibility mapping: a review. *J Water Climate Change*, 14(6): 1935–1960.
- Khosravi K, Shahabi H, Pham BT, Adamowski J, Shirzadi A, Pradhan B, Dou J, Ly HB, Gróf G, Ho HL, vd. 2019. A comparative assessment of flood susceptibility modeling using Multi-Criteria Decision-Making Analysis and Machine Learning Methods. *J Hydrol*, 573: 311–323.
- Konurhan Z, Başaran E. 2023. Rüzgâr enerji santrali (RES) yer seçimi için BWM-CBS tabanlı bir yaklaşım: Tunceli örneği. *Coğrafya Derg*, (47): 15–28.
- Koroğlu B, Akıncı H. 2023. Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı çok kriterli karar analizi ile Giresun ili dereli ilçesinin taşkın duyarlılık analizi. *Artvin Çoruh Üniv Müh Fen Bilim Derg*, 1(2): 62–81.
- Kundzewicz ZW, Pi I, Robert BG. 2013. Large floods in Europe. *Hydrological Sci J*, 58(1): 1–7.
- Kuşçu İ, Özdemir H. 2023. Taşkın duyarlılık analizinde kullanılan parametreler üzerine bir değerlendirme. *Türk Coğrafya Derg*, (84): 67–83.
- Lee S, Rezaei F. 2022. Data used for GIS-based Flood Susceptibility Mapping. *Geo Data* 4(1): 1–15.
- Li K, Wu S, Dai E, Xu Z. 2012. Flood loss analysis and quantitative risk assessment in China. *Nat Hazards*, 63: 737–760.
- Liang F, Brunelli M, Rezaei J. 2020. Consistency issues in the best worst method: Measurements and thresholds. *Omega*, 96: 102175.
- Mojaddadi H, Pradhan B, Nampak H, Ahmad N, Ghazali AH. 2017. Ensemble machine-learning-based geospatial approach for flood risk assessment using multi-sensor remote-sensing data and GIS. *Geomatics, Nat Hazards Risk*, 8(2): 1080–1102.
- Moore ID, Grayson RB, Ladson R. 1991. Digital terrain modeling : a review of hydrological geomorphological and biological applications. *Hydrol Proces*, 5(1): 3–30.
- Ocak F, Bahadır M, Uzun A, Şahin K. 2021. Atakum ilçesi kıyı kuşağının taşkın ve duyarlılık analizi, Samsun/Türkiye. İçinde *Coğrafya Araştırmalarında Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları II*, Samsun, Türkiye, pp: 273–292.
- Özay B, Orhan O. 2023. Flood Susceptibility Mapping By Best–Worst And Logistic Regression Methods in Mersin, Turkey. *Environ Sci Pollut Res*, 30(15): 45151–45170.
- Özcan O. 2017. Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama deresi örneği. *Doğal Afetler Çevre Derg*, 3(1): 9–27.
- Priscillia S, Schillaci C, Lipani A. 2021. Flood susceptibility assessment using artificial neural networks in Indonesia. *Artific Intel Geosci*, 2: 215–222.
- Rehman S, Sahana M, Hong H, Sajjad H, Ahmed BB. 2019. A systematic review on approaches and methods used for flood vulnerability assessment: framework for future research. *Nat Hazards*, 96(2): 975–998.
- Rezaei J. 2015. Best-worst multi-criteria decision-making method. *Omega*, 53: 49–57.
- Rezaei J. 2016. Best-worst multi-criteria decision-making method: Some properties and a linear model. *Omega*, 64: 126–130.
- Tehrany MS, Lee MJ, Pradhan B, Jebur MN, Lee S. 2014. Flood susceptibility mapping using integrated bivariate and multivariate statistical models. *Environ Earth Sci*, 72(10): 4001–4015.
- Tehrany MS, Pradhan B, Mansor S, Ahmad N. 2015. Flood susceptibility assessment using GIS-based support vector machine model with different kernel types. *Catena*, 125: 91–101.
- Timor M. 2011. Analitik hiyerarşi prosesi. *Türkmen Kitabevi, İstanbul, Türkiye*, pp: 304.
- Tola SY, Shetty A. 2022. Flood susceptibility modeling based on morphometric parameters in Upper Awash River basin, Ethiopia using geospatial techniques. *Sustain Water Res Manage*, 8: 1–16.
- Tüzgen G, Karaca Ö. 2021. Çerçi ve Murt deresi (Fethiye-Muğla) taşkın duyarlılık alanlarının CBS ile çok kriterli karar verme analizi kullanılarak haritalanması. *Yerbilim*, 42(1): 121–143.
- Vojtek M, Vojteková J. 2019. Flood susceptibility mapping on a national scale in Slovakia using the analytical hierarchy process. *Water*, 11(2): 364.
- Wang Y, Hong H, Chen W, Li S, Pamučar D, Gigović L, Drobnjak S, Bui DT, Duan H. 2019. A hybrid GIS multi-criteria decision-making method for flood susceptibility mapping at Shangyou,

- China. Remote Sensing, 11(1): 1-17.
- Weiss AD. 2001. Topographic Position and landforms analysis. In: ESRI User Conference. URL: https://www.jennessent.com/downloads/TPI-poster-TNC_18x22.pdf (accessed date: November 19, 2023)
- Wilson JP, Gallant JC. 2000. Primary Topographic Attributes. İçinde Wilson JP, Gallant JC (ed.) Terrain Analysis: Principles and Applications. John Wiley & Sons Ltd, London, UK, pp: 464.
- Yıldız N, Şişman A. 2022. Investigation of flood risk areas in Ünye district with Best-Worst method using geographic information systems. Advanced Land Manage, 2(1): 21–28.