

# TAŞKIN AFETLERİNİN ÖNCE DEN TAHMİN EDİLEBİLİRLİĞİ; GÜMÜŞHANE İLİNDE YAŞANAN AFETLERİNİN FARKLI YÖNTEMLERLE TAHMİN ÖRNEKLEMİ

**Ufuk YÜKSELER<sup>1\*</sup>, Ömerul Faruk DURSUN<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

Geliş Tarihi/Received Date: 15.01.2024 Kabul Tarihi/Accepted Date: 01.07.2024 DOI: 10.54365/adyumbd.1420098

## ÖZET

Taşkın afeti ülkemizde sıklıkla yaşanan, can ve mal kaybı bilançosu yüksek olan bir afettir. Bu konuda uzun süredir hem akademik hem de ilgili kuruluşlarca uygulama çalışmaları yürütülmektedir. Bu çalışmaların büyük kısmını risk ve duyarlılık haritalarının belirlenmesi oluşturur. Risk haritaların çıkarılmasında pek çok yöntem kullanılmakta ve yöntemlerin başarılı ve başarısız yönleri literatürde ifade edilmektedir. Bunlar arasında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ise en sık kullanılan yöntemlerdendir. Bu çalışmada, ülkemizde en fazla taşkına maruz kalan bölge olan Karadeniz bölgesinin sınırları içerisinde kalan Gümüşhane İlinde 1972, 1974, 2004 ve 2017 yıllarında yaşanan 4 büyük afet TOPSIS, Frekans Oran ve Entropi yöntemiyle tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında 9 adet taşkına etki eden parametre kullanılarak yöntemlerin havza bazlı risk haritaları çıkarılmış ve 4 adet doğrulama metodu ile yöntemlerin doğruluk değerleri yorumlanmıştır.

Çalışma sonucunda, bu taşkınlarda etkili parametreler çoğunlukla yükselti ve yağış olarak belirlenirken bazı havza ve metotlarda bu durum farklılık göstermiştir. Frekans Oran ve Entropi metodu risk haritalarının gerçek durumla uyumlu sonuçlara sahip olduğu, doğrulama değerlerinin 0.8 değerinin üzerinde seyrettiği görülmüştür. TOPSIS metodunun ise uyumunun daha düşük olduğu, bazı havzalarda 0.5 değeri civarında doğrulama değerleriyle tahmin yaptığı belirlenmiştir. Çalışmada 4 havza ve 4 farklı doğrulama metodu bir bütün olarak incelendiğinde, Frekans Oran metodu diğer yöntemlere göre daha yüksek doğruluk değerlerine sahip olmuştur. Bunun nedeni, Frekans Oran metodunun havza öğrenimi sonucu algoritma oluşturmasıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi bilgi sistemleri, Taşkın, Entropi, Frekans Oran, TOPSIS, Gümüşhane ili, Afet, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri, ArcGIS.

## PREDICTABILITY OF FLOOD DISASTERS; PREDICTION SAMPLE OF FLOODS IN GÜMÜŞHANE PROVINCE

### ABSTRACT

Flood hazard is a disaster that occurs frequently in our country and has a high cost of loss of life and property. Implementation studies have been carried out on this subject for a long time by both academics and relevant institutions. The majority of these studies consist of determining risk and sensitivity maps. Many methods are used to create risk maps, and the success and failure of the methods are expressed in the literature. Among these, Multi-Criteria Decision Making Methods are among the most frequently used methods. In this study, 4 major disasters that occurred in 1972, 1974, 2004 and 2017 in Gümüşhane Province, which is within the borders of the Black Sea region, which is the region most exposed to floods in our country, were tried to be predicted by TOPSIS, Frequency Ratio and Entropy methods. Within the scope of the study, basin-based risk maps of the methods were prepared using 9 parameters affecting floods, and the accuracy values of the methods were interpreted with 4 verification methods.

As a result of the study, while the effective parameters in these floods were mostly determined as elevation and precipitation, this situation differed in some basins and methods. It has been observed that the Frequency Ratio and Entropy method risk maps have results compatible with the real situation, and the verification values are above 0.8. It was determined that the TOPSIS method had lower compatibility and made predictions with validation

e-posta<sup>1</sup> : [ufukyuksele12@gmail.com](mailto:ufukyuksele12@gmail.com) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7233-0821> (Sorumlu Yazar)

\* e-posta<sup>2</sup> : [faruk.dursun@inonu.edu.tr](mailto:faruk.dursun@inonu.edu.tr) ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3923-5205>

values around 0.5 in some basins. When 4 basins and 4 different verification methods were examined as a whole in the study, the Frequency Ratio method had higher accuracy values than other methods. This is because the Frequency Ratio method creates an algorithm as a result of watershed learning.

**Keywords:** Geographic information systems, Flood, Entropy, Frequency Ratio, TOPSIS, Gümüşhane Province, Hazard, Multi-Criteria Decision Making Methods, Arc-GIS.

## 1. Giriş

Taşkınlar ülkemizde tekerrür sıklığı en yüksek olan afetlerden bir tanesidir. Özellikle son dönemlerde aylara sârecek miktardaki toplam yağış miktarlarının kısa bir süre içerisinde yağması nedeniyle önemli miktarda mal ve can kayıpları meydana gelmektedir. Taşkın konusu literatürde en sık çalışılan konulardan bir tanesidir. Birden çok parametre tarafından etkilenmesi farklı yöntemlerle daha iyi sonuçlar bulma konusunda sürekli güncelliğini korumaktadır. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri veya Yapay zekâ algoritmaları gibi pek çok yöntem taşkın tahmin edilebilirliği konusunda kullanılmaktadır. Samanta vd. yaptıkları çalışmada Gine'deki Morobo eyatindeki Markham akarsusunda Frekans oran yöntemi kullanılarak taşkın afetinin risk alanları belirlenme çalışılmıştır. Bu çalışma kapsamında 143 noktasal veri (%70 eğitim) kullanılmış olup taşkın tetikleyen 10 bağımsız parametreyle çalışılmıştır. Yapılan çalışmada 132 bin kişinin yaşadığı saha taşkın açısında ehlikeli noktalar olarak tespit edilmiştir [1]. Natarajan vd. yaptıkları çalışmada Çin'deki Adyar, Cooum ve Kasasthalaiyar bölgesindeki akarsu havzalarında frekans oran metoduyla taşkın risk analizleri yapılmıştır. Yaptıkları çalışma sonucunda arazinin toplam %49'u çok yüksek ve yüksek riskli alanlar olarak tespit edilmiştir. Yapılan çalışmanın doğruluk değeri %95.6 olarak bulunmuştur [2]. Ramesh vd. yaptıkları çalışmada Hindistan'daki taşkınlara en fazla maruz kalan büyük Mumbai havzası kalıtsal inanç fonksiyonu, frekans oran metodu ve bulanık gama operatörleri ile taşkın risk haritaları çıkarılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda bu üç yöntemin sırasıyla 0.74, 0.72 ve 0.73 doğruluk değerleri sonucuna ulaştığı görülmektedir [3]. Majeed vd. yaptıkları çalışmada Pakistan'ın jhelum ve pencap bölgesinde sel risk haritaları çıkarılmıştır. Çalışma kapsamında afeti tetikleyen 9 parametre kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda havzanın %42 lik kısmı yüksek risk barındırmaktadır [4]. Yükseler vd. yaptıkları çalışmada Lojistik regresyon ve ağaç modelleri ile Trabzon ilinin Of ilçesinde bulunan Solaklı akarsu havzasında meydana gelen taşkınlar tahmin edilmeye çalışılmıştır. Model ağaçların %90 üzerinde doğruluk değerlerine ulaştığı çalışmada model ağaçların taşkın öğrenimi konusunda başarıları vurgulanmıştır. Bu çalışmada taşkına etki eden 10 adet parametre kullanılırken en etkili parametreler yağış ve yükselti olarak tespit edilmiştir [5]. Mudashiri vd. yaptıkları çalışmada, Taşkın risk haritaları oluşturmak amacıyla yapılan ampirik, modelleme ve deneysel çalışmaları incelemiş ve yöntemlerin birbirine göre üstünlükleri ve eksikliklerini vurgulamıştır. Yaptığı çalışmaya göre taşkınla ilgili çalışmalarda önceki döneme göre %12 artış meydana geldiği, çalışmaların çoğunlukla modelleme yönünde olduğunu ifade etmiştir [6]. Chen vd., yaptıkları çalışmada Çin'in Wuhan kentindeki sele duyarlı alanların tespitinde entropi ağırlıklı Ahp yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada 14 taşkın tetikleyen faktör kullanılmıştır. Çalışma alanının yaklaşık %14'ü yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir. Çalışmanın doğruluk tespiti için geçmişte yaşanan afetle mukayese yapılmıştır. Çalışma sonucunda doğruluk değerlerine bakıldığında bu yöntemin uygulanabilir ve önerilebilir bir yöntem olduğu ifade edilmiştir [7]. Dey vd., yaptıkları çalışmada makine öğrenimi yöntemleri ve frekans oran yöntemi kullanılarak Amerika'nın New Orleans bölgesinde yaşanan su baskınlarını tahmin edilmeye çalışılmıştır. Frekans Oran metodu ve makine öğrenimi yöntemlerinin geçmiş afet durumlarından yola çıkarak başarılı sonuçlar meydana getirdiği ifade edilmiştir [8]. Ekmekcioğlu vd., İstanbul ilinde yaşanacak olası sel olaylarını hibrit bir model olan bulanık AHP-TOPSIS yöntemiyle incelemiştir. Yapılan çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (ÇKKV) en çok kullanılan AHP ve TOPSIS modellerinin hibrit uygulamasıyla daha iyi sonuçlara ulaştığı ifade edilmiştir [9]. Belazreg vd., (2024), yaptıkları çalışmada son yıllarda ciddi taşkın olaylarına maruz kalan Cezayirin büyük Hodna havzası Ahp metodu kullanılarak risk alanları belirlenme çalışılmıştır. Çalışmada kullanılan parametrelerin ağırlılandırma değerleri eğim için %39, drenaj yoğunluğu için %25, yağış için %18, yükseklik için %9, arazi kullanımı/örtüsü için %6 ve toprak tipi için %3'tür. Çalışma sonucu özellikle çalışma alanının Kuzey-Doğu, Kuzey-Batı ve Orta kesimlerinde yüksek bir sel potansiyeli olduğunu

göstermektedir. Ancak güneye gidildikçe bu yüksek potansiyel daha da azaldığı ifade edilmiştir [10]. Toprak Vd. (2022), yaptığı çalışmada Ordu ilinin Fatsa ilçesindeki taşkın risk sahaslarını Frekans oran, AHP ve Lojistik Regresyon metotlarıyla incelemiştir. Yapılan çalışmada fekans oran metodunda 19,5 km<sup>2</sup>, AHP metodunda 30,7 km<sup>2</sup> ve lojistik regresyon modelinde 14 km<sup>2</sup> alan, yüksek ve çok yüksek riskli taşkın alanı olarak hesaplanmıştır. Çalışmada %95.9 doğruluk değeriyle frekans oran metodu en yüksek doğruluk değerlerine ulaşmıştır [11]. Senan vd., yaptıkları çalışmada Güney Hindistan'da sık sık meydana gelen taşkın olayları AHP, Bulanık AHP metoduyla incelenmiştir. Çalışmada taşkına etki edebileceği düşünülen 20 parametre kullanılmıştır. Çalışma sonucunda AHP ve F-AHP modelleri için AUC doğrulama yöntemi sonuçları sırasıyla 0,946 ve 0,943 olarak bulunmuştur. Çalışmada Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden olan AHP yönteminin taşkın risk sahaslarını tespit etmede başarılı sonuçlar verdiği vurgulanmıştır [12]. Aksoy Vd., yaptıkları çalışmada Topoğrafik Islaklık İndeksinden Faydalanarak taşkın riski taşıyan alanların belirlenmesini amaçlamışlardır. Qgis ve Hecras yazılımları kullanılarak yapılan çalışmada Türkiyedeki su havzaları örneklem olarak kullanılmış ve bu çalışmanın kentsel alanlarda meydana gelecek su baskınlarını tahmin etmede kullanılabileceği ifade edilmiştir [13].

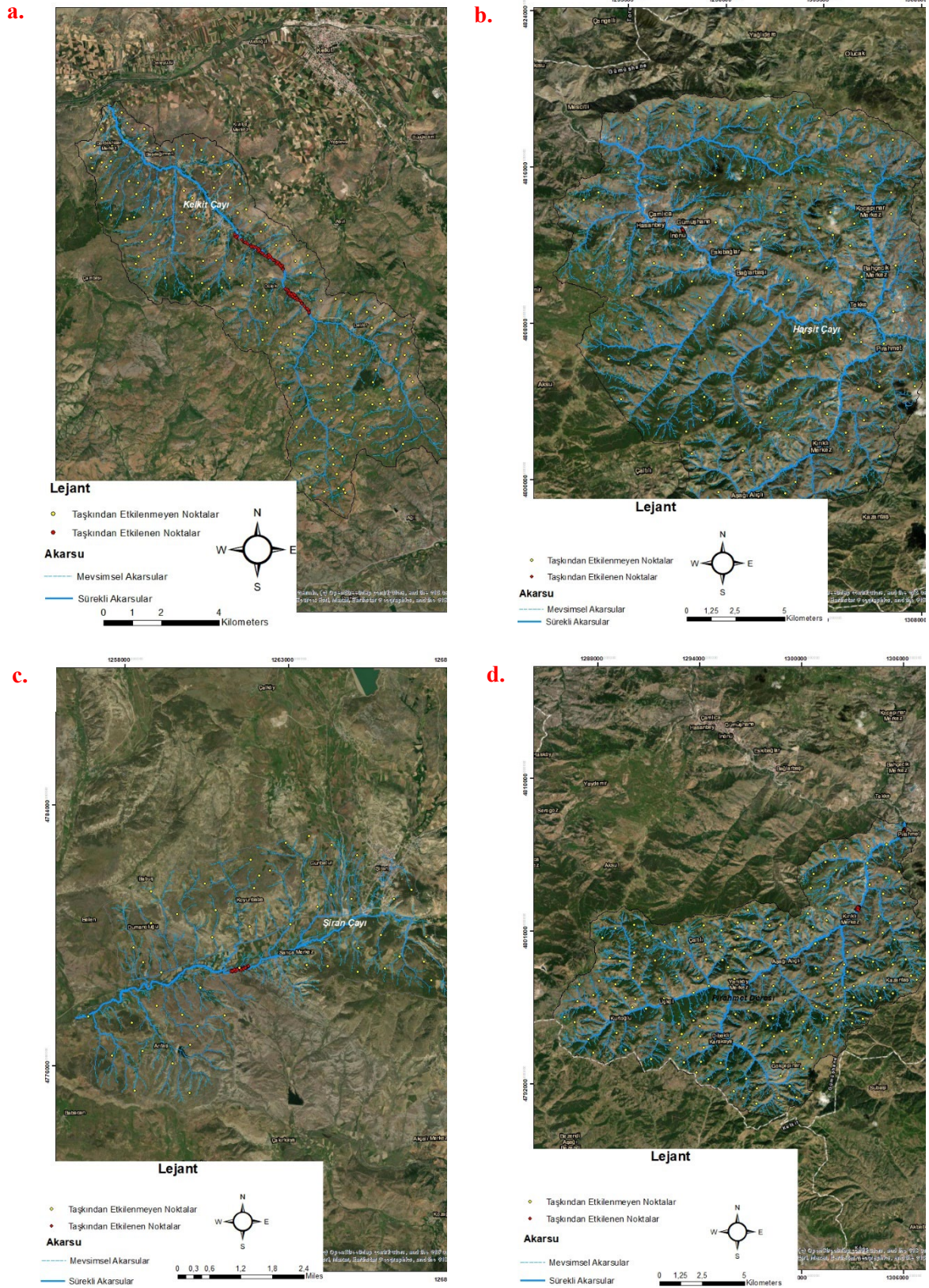
Bu çalışmada Gümüşhane İlinde 1972, 1974, 2004 ve 2017 yıllarında yaşanan 4 afet incelenmiştir. 9 adet taşkına etki eden parametre için Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden olan ve yukarıda verilen literatürden de görüleceği üzere, en sık kullanılan Entropi, Frekans Oran ve TOPSIS metotlarıyla risk haritaları oluşturulmuştur. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri birden fazla bağımlı değişkenler sonucu oluşan sonuç olgusunun tespitinde bu değişkenlerin sonuca olan etkisini ortaya koymaya yarayan ve bu tarz problemlerde en sık kullanılan yöntemlerdir. Taşkın afeti pek çok parametreden meydana gelen ancak parametrelerin ne düzeyde etkilediği bilinmeyen bir afet türüdür. Bu afetin birden çok parametreden etkilenmesi nedeniyle literatürde sıklıkla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile çalışmalar yapılmıştır. Ancak bu çalışmayı diğer literatürdeki çalışmalardan ayıran en önemli özelliği 4 farklı afet havzası 3 ayrı metot ve 4 ayrı doğrulama değerleriyle çalışılmasının yanısıra yöntemleri mukayese amacıyla gerçek afetlerin incelenmesidir. Bu amaçla çalışma alanı olarak belirlenen 4 afet sahasında ilgili kuruluşlardan alınan afet kayıtları neticesinde sayısallaştırılmıştır. Oluşturulan afet haritaları neticesinde afet oluşan bölgenin ölçüleri ile orantılı olacak şekilde noktasal veriler tanımlanmıştır. 1972 afet sahasına 150, 1974 afet sahasına 150, 2004 afet sahasına 50 ve 2017 afet sahasına 200 noktasal veri tanımlanmıştır. Bu 4 afet yaşanan havzada afet yaşanan noktasal veri kadar havza içerisinde kalan ve afet yaşanmayan noktalara da noktasal veri belirlenmiştir. Bu noktasal veriler doğrultusunda yöntemlerin doğruluk değerleri ACC (Accuracy), R (Recall), P (Precision) ve F (F-Score) ile belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Çalışma alanı ve Materyal

Çalışma alanı olan Gümüşhane ili; 6575 km<sup>2</sup> yüzölçümüne sahip olup, Doğu Karadeniz bölgesinin iç kısımlarında bulunmaktadır. Gümüşhane ilinin ortalama yüksekliği 1210 metredir. Genel olarak engebeli bir arazi tipine rastlanan bu ilde toplam arazisinin %60'ı dağlar, %29'u platolar, %11'ini ovalar meydana getirmektedir. Harşit çayı 142 km uzunluğu ve Karadeniz'e dökülmesi yönüyle önemli bir akarsuyu olmakla birlikte, il sınırları içindeki en uzun akarsu 320 km uzunluğuyla Kelkit çayıdır. 1927-2023 yılları arasında yağış değerleri ortalamalarında en yağışlı ay 68.6 mm ile Mayıs ayı olmuştur. Çalışma alanı olarak belirlenen Gümüşhane ilinde yakın geçmişte 4 adet büyük taşkın afeti yaşanmıştır (Şekil 1).



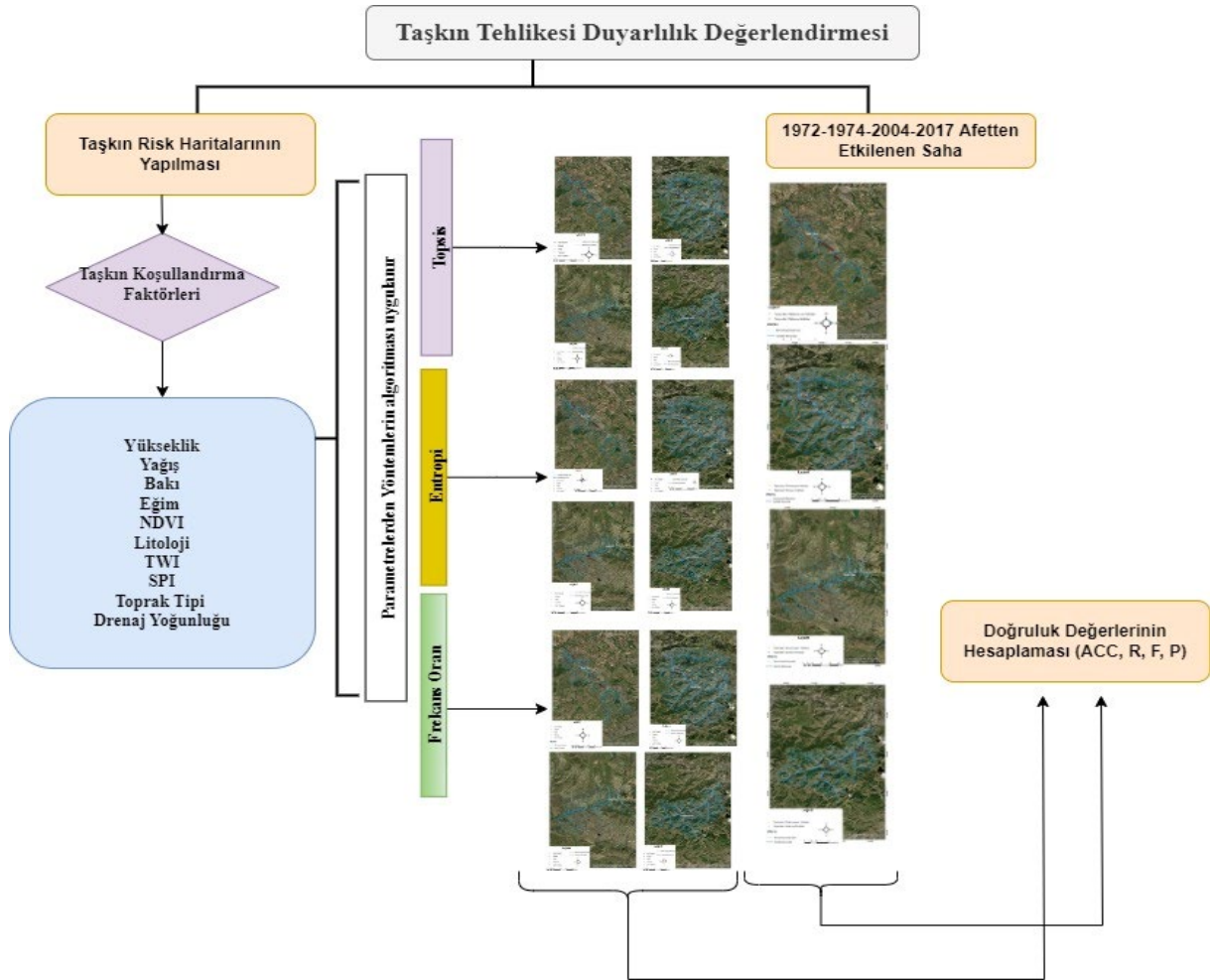


**Şekil 1.** Gümüşhane İlinde Yaşanan taşkınlara ve havzaları (a;1972, b;1974, c;2004, d;2017)





Şekil 2. Taşkın Afetinin Durumunu Belirten Resimler [14-15]



Şekil 3. Çalışmanın Akış Şeması

Bunlardan ilki 1972 yılında Kelkit çayının taşması sonucu meydana gelmiş ve 1583 dekar alanlık arazi zarar görmüş, can kaybı yaşanmamasına rağmen ciddi mal kaybı meydana gelmiştir. 19.08.1974

tarihinde Gümüşhane ilinin en önemli akarsularından Harşit çayının taşması sonucu bir taşkın afeti meydana gelmiştir. Bu afette 3 can kaybı yaşanmış, 86 hayvan telef olmuş ve ekonomik kayıplar meydana gelmiştir. Tarihler 2 Mart 2004 gösterdiğinde Gümüşhane'ye bağlı Şiran İlçesinde Şiran Çayının taşması neticesinde tarım arazileri sular altında kalmıştır. Yaşanan afette can kaybı yaşanmazken maddi hasarlar meydana gelmiştir. Ardından 14.04.2017 tarihinde Gümüşhane İlindeki Pir Ahmet deresinin taşması neticesinde Pir Ahmet ve Esenyurt köyleri sular altında kalmıştır Yaşanan bu afette can kaybı yaşanmazken tarım alanları sel altında kalmış ve 4 adet ev yıkılmıştır (Şekil 2). Bu afetler göstermektedir ki Gümüşhane ili taşkın afeti konusunda dönem dönem ciddi sorunlar yaşamaktadır.

Çalışma kapsamında, Gümüşhane ilinde yaşanan bu 4 afetten yola çıkarak kullanılan yöntemlerle afetlerin tahmin edilebilirliği denenmiştir. Bu amaçla sıklıkla çalışmalarda kullanılan taşkına etki eden 9 adet parametre kullanılmıştır. Bu parametreler sırasıyla: Yükselti, Yağış, Akarsu Güç İndeksi, Topoğrafik Islaklık İndeksi, Bitki Örtüsü, Toprak, Bakı, Eğim ve Drenaj Yoğunluğudur. Bu parametrelerin tespitinde konuyla alakalı mevcut çalışmaları ve yakın havzalarda daha önce yapılan çalışmalar dikkate alınmıştır. Taşkına etkili bu parametreler havza bazlı olarak çıkartılmıştır. Bu parametrelerin oluşturulması için 5 m çözünürlüklü sayısal yükseklik haritaları ile çalışılmıştır. Çıkarılan parametre haritaları; Entropi, Frekans Oran ve TOPSIS gibi yöntemlerin algoritması içerisinde kullanılarak taşkın risk haritaları elde edilmiştir. Bu risk haritaları 1972, 1974, 2004 ve 2017 yılındaki gerçekleşen taşkın afeti ile mukayese edilmek üzere noktasal veriye çevrilmiştir (Şekil 3). 1972 afeti 300 noktasal veri, 1974 afet, 300 noktasal veri, 2004 afeti 100 noktasal veri ve 2017 afeti 400 noktasal veriyle incelenmiştir. Belirlenen bu noktasal verilerin adeti havzaların alanları oranında belirenmiştir.

## 2.2. Yöntem

Taşkın afetlerinin nedenlerini doğrudan belirlemek zordur. Bazı taşkın afetlerinde ani şiddetli yağışlar neden olurken, bazı afetlerde yağışla beraber kar erimeleri, bazı afetlerde ise kesit daralmaları neden olabilir. Dolayısıyla taşkın afetlerinin beşeri ve beşeri olmayan pek çok nedenden etkilendiği yaşanan afetlerde görülmüştür. Taşkın afetini oluşturan beşeri nedenleri tespit etmek daha kolayken, beşeri olmayan nedenleri ortaya koymak kolay olamamaktadır. Meteorolojik, jeolojik ve fiziki pek çok etmen bir arada taşkına neden olabilmektedir. Pek çok parametrenin aynı anda etkileşimi sonucu ortaya çıkan taşkın afeti bu şekliyle Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV) için iyi bir çalışma sahasını oluşturmaktadır. ÇKKV ile yapılan taşkın çalışmaları incelendiğinde bu yöntemlerin taşkın çalışmalarına çok uyumlu olduğu da gözlemlenmiştir. Bu çalışmada ÇKKV Yöntemlerinden TOPSIS, Frekans Oran metodu ve Entropi metotları kullanılmıştır. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinde bazı yöntemler parametrelerin arasındaki ilişkiyi uzman görüşü gibi vb. yöntemler kullanarak tespit ederken. Bu çalışmada kullanılan bu 3 yöntemin ortak özelliği gerçek durumlardan yola çıkarak tahminler yapmasıdır. Özellikle taşkın gibi farklı havzalarda farklı parametrelerin etkileyebileceği farklı olay örgüsüne sahip durumlarda havza bazlı incelemek büyük avantaj sağlamaktadır. Bu nedenle çalışmada havza bazlı inceleme yapılmasını sağlayan bu 3 yöntem seçilmiştir. 3 yöntem 4 farklı havzada 12 ayrı kombinasyonla çalışmakta ve her havzada parametrelere göre ağırlık değerleri farklılık arz etmektedir. Çalışmada kullanılan parametreler ve tüm sayısal modeller Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımlarından Arcmap 10.5 yazılı ile yapılmıştır. Yükselti verileri için Devlet hava komutanlığı Genel Müdürlüğünden 5\*5 metre yükselti sayısal yükselti modeli alınmış ve çalışmada kullanılmıştır. Akarsu Güç İndeksi, Topoğrafik Islaklık İndeksi, Bakı, Eğim ve Drenaj Yoğunluğu parametreler sayısal yükselti modeller aracılığıyla ilgili Arcmap ara yüzüyle oluşturulmuştur. Yağış verileri [www.worldclim.com](http://www.worldclim.com) adresinden bitki örtüsü ve toprak verileri ise Tarım Orman Bakanlığı'ndan çalışma kapsamından talep edilip Arcmap 10.5 programı ile sayısallaştırılmıştır.

### 2.2.1. Entropi Metodu (E) (Entropy Method)

Entropi, istatistik ve termodinamik mekaniğinin çok önemli bir kavramıdır ve incelenen sistemin özellikleri ne olursa olsun o sistemi en iyi şekilde tanımlamaya çalışır [16]. Su kaynakları konusunda Entropi metodu çeşitli araştırmacılar tarafından kullanılmıştır. Su kaynaklarına ait çalışmalarda belirsizlikler ve birden çok parametreden etkilenme durumu Entropi metodunu bu çalışma alanı için uyumlu bir yöntem olarak görülmüştür [17]. Kesikli bir değişken için Entropi, Shannon tarafından denklem 1 ile tanımlanmıştır [18].

$$e_j = -K * \sum_{i=1}^n p_{ij} * \ln p_{(ij)} \quad (1)$$

$$K = \frac{1}{\ln(m)} \quad (2)$$

$$d_j = 1 - e_j \quad (3)$$

Burada; m parametre sayısı, K olayın zaman aralığı, ij j aralığına karşılık gelen olay ve p(ij) ij olayının olasılığıdır.

$$w_j = \frac{d_j}{\sum_{j=1}^n d_j} \quad (4)$$

wj, her bir parametrenin tüm parametreler içerisindeki etki katsayısıdır.

### 2.2.2. Frekans Oran Metodu (FR) (Frequency Ratio Method)

Frekans Oran metodu bir olayın gerçekleşme olasılığı ile gerçekleşmeme olasılığı arasındaki orandır [19]. Frekans Oran metodu, geçmiş taşkınların yaşandığı yerlerin özelliklerini dikkate alarak parametreler arasında bir bağıntı kurmaktadır. Bu çalışmada 4 afetinde yaşanan noktalardaki parametrelerin özelliklerini dikkate alarak parametrelerin ve alt parametrelerin birbirleri arasındaki ağırlıklandırma değerlerinin belirlenmesi yapılmıştır. Frekans Oran metodunun hesaplamaları için denklem 5 kullanılmıştır.

$$FR = PLO \quad (5)$$

PLO= Taşkını etkileyen her bir faktörün kendi alt kategorilerindeki taşkın varlığı yüzdesi

PIF= Taşkını etkileyen bir faktörün her bir kategorisinin yüzdesi

Hesaplanan FR değeri 1'e yaklaştığı düzeyde taşkınla parametre arasındaki bağıntı kuvvetli, 0'a yaklaştığı durumlarda bağıntı düşük olduğunu ifade etmektedir.

### 2.2.3 TOPSIS Metodu (TOPSIS Method)

TOPSIS metodu (Technique for Order Preference by Similarity) Hwang ve Yoon tarafından 1980 senesinde ortaya konulmuş ve çoklu algoritmalarda çözüm problemlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir [20]. TOPSIS metodunun pozitif istenen çözümlere en kısa negatif ideal çözümlere en uzak mesafede çözüm odaklı çalışılması istenir. TOPSIS metodu kullanım kolaylığı ve algoritmasının çok karmaşık olmaması nedeniyle sıklıkla kullanılan bir ÇKKV Yöntemidir [21]. TOPSIS metodu 6 adımdan oluşur. İlk olarak denklem 6'da gösterilen karar matrisi oluşturulur.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Ardından oluşturulan karar matrisi denklem 7'de belirtilen şekilde normalize edilir.

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n x_{ij}^2}} \quad (7)$$

Ardından ağırlıklı karar matrisleri oluşturulur. Bu matris normalize edilmiş matrisle ağırlıklandırma değerinin çarpımı sonucu bulunur.

$$A = \begin{bmatrix} wa_{11} & wa_{12} & \dots & wa_{1n} \\ wa_{21} & wa_{22} & \dots & wa_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ wa_{n1} & wa_{n2} & \dots & wa_{nn} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Ardından her bir çözüm için pozitif ve negatif uygun değerleri bulunur.

$V^+$  = Parametrenin sonuca pozitif etkisine göre matristeki max veya min değeri alınır.

$V^-$  = Parametrenin sonuca negatif etkisine göre matristeki max veya min değeri alınır.

Daha sonra pozitif ve negatif uygun çözüme uzaklıklar belirlenir (denklem 9-10).

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_{ij}^+)^2} \quad i=1,2,\dots,n \quad (9)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (V_{ij} - V_{ij}^-)^2} \quad i=1,2,\dots,n \quad (10)$$



Son olarak denklem 11 ile parametrenin taşkına etki katsayısı belirlenir.

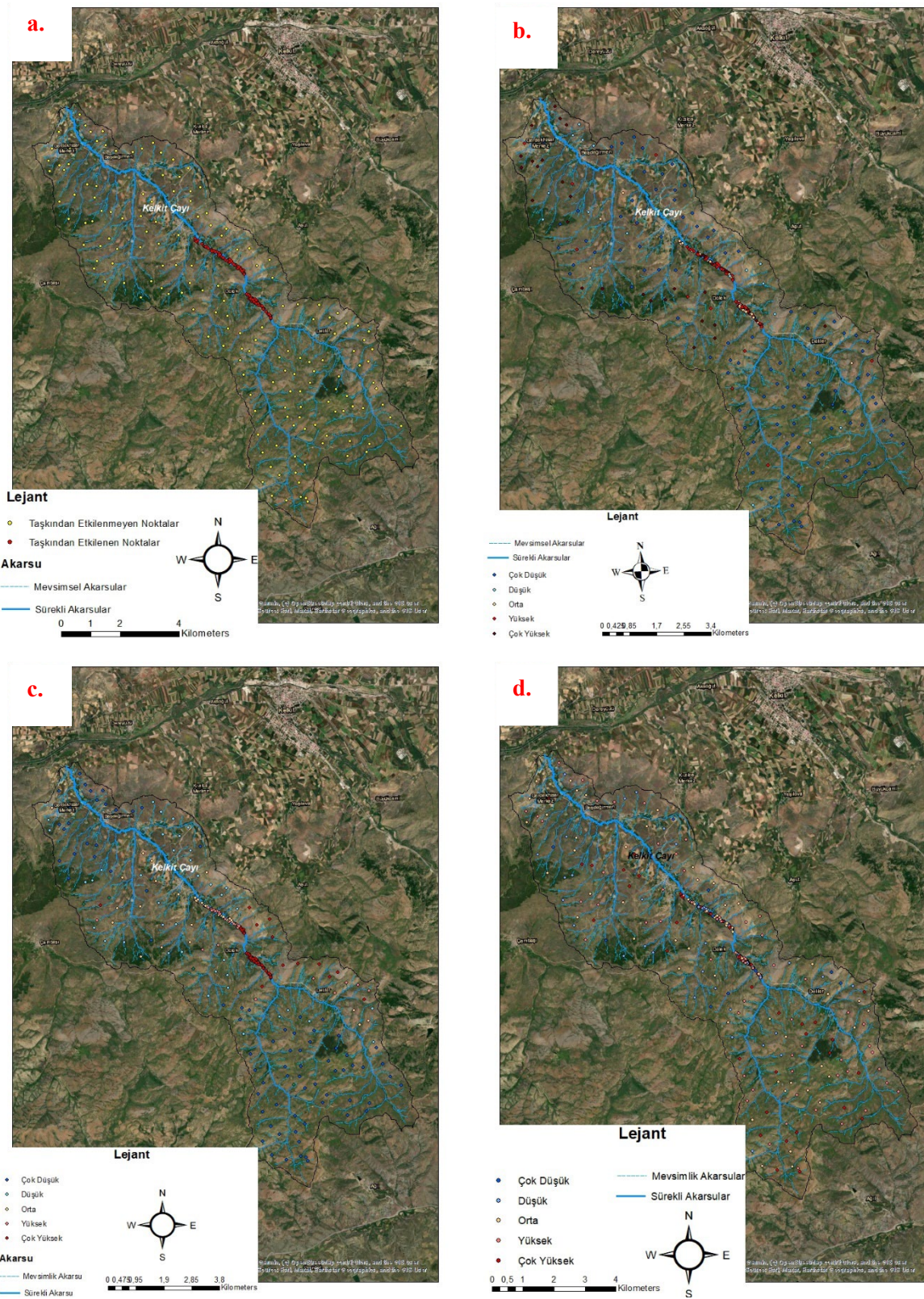
$$w_i = \frac{st^+}{st^-} \quad (11)$$

### 3. Tartışma

Çalışma kapsamında 1972 yılında yaşanan afetinin değerlendirilebilmesi amacıyla 300 adet rastgele seçilmiş noktalarla çalışılmıştır. 1972 yılında yaşanan taşkın afeti her bir metodun algoritması doğrultusunda 9 adet parametreyle görselleştirilmiştir (Şekil 4). 9 adet parametrelerin birbirlerine göre ağırlıklandırılma değeri farklı yöntem için tespit edilmiş ve bu değerler doğrultusunda 3 yöntemin risk haritaları çıkarılmıştır. Görselleştirilen bu veriler 140 adet taşkın yaşanan, 160 adet taşkın yaşanmayan verilerle mukayese edilmiştir ve 5 adet risk sınıfları ile sonuç değerleri eşleştirilmiştir (Tablo 1). Frekans Oran metodu gerçek durumda taşkın yaşanan 140 noktayı orta ve üstü değerlerde riskli sınıfta bulmuştur. Yine aynı yöntemde taşkın yaşanmayan 160 adet noktasal veriden 84 veri çok düşük riskli sınıfta bulunmuş ve kalan değerleri tüm risk sınıfları arasında tespit edilmiştir. Doğrulama değerleri Frekans Oran metodunda 0.78-0.80 arasında değişmektedir. Bu metotta etkili parametre Yükselti, en etkisiz parametre Drenaj Yoğunluğu olarak belirlenmiştir. TOPSIS metodu taşkın yaşanan 140 ve yaşanmayan 160 adet noktasal veriyi tüm risk sınıfları (0-5) arasında bulmuştur. Doğrulama değerleri 0.56-0.62 arasında değişmektedir. TOPSIS metodunda etkili parametre Topoğrafik Islaklık İndeksi, en etkisiz parametre Drenaj Yoğunluğu olarak belirlenmiştir. Taşkın yaşanan 140 noktasal veri Entropi metoduna göre 20 adet çok yüksek, 72 adet yüksek sınıfta bulunmuştur. 160 adet yaşanmayan noktasal verinin 107 noktasal verisi çok düşük risk sınıfı içerisinde bulunmuştur. Doğrulama değerleri bu metotta 0.78-0.82 arasında değişmektedir. Entropi metodunda etkili parametre Yağış, en etkisiz parametre Topoğrafik Islaklık İndeksi olarak belirlenmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1.** 1972 yılı taşkını değerlendirme tablosu

Gerçek Sonuç				
	Risk Sınıfı	Taşkından Etkilenen Noktalar (1)	Taşkından Etkilenmeyen Noktalar (0)	Doğrulama Yöntemleri (ACC, R, P, F-Score)
Frekans Oran	Çok Yüksek	84	12	
	Yüksek	25	9	ACC: 0.80
	Orta	31	17	R:0.78
	Düşük	0	39	P:0.79
	Çok Düşük	0	84	F-Score:0.78
TOPSIS	Çok Yüksek	33	29	
	Yüksek	40	51	ACC:0.56
	Orta	31	45	R:0.62
	Düşük	26	28	P:0.52
	Çok Düşük	10	8	F-Score:0.57
ENTROPI	Çok Yüksek	20	25	
	Yüksek	72	10	ACC:0.79
	Orta	46	4	R:0.82
	Düşük	2	15	P:0.75
	Çok Düşük	0	107	F-Score:0.78



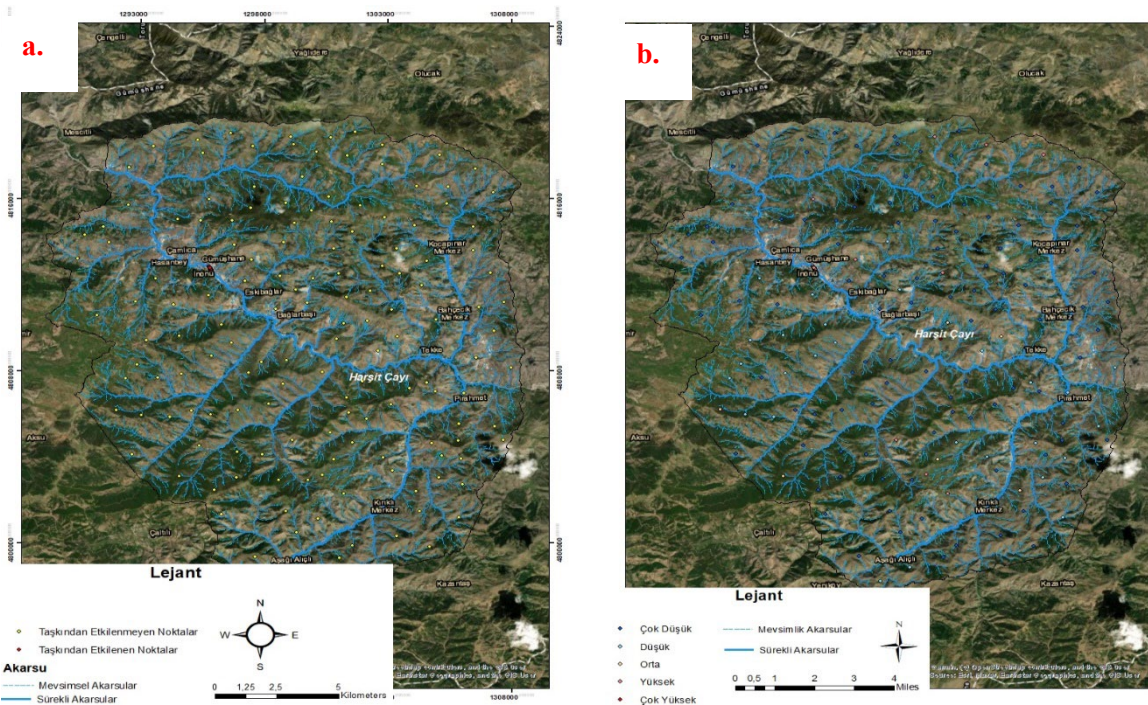
**Şekil 4.** 1972 Yılı Kelkit taşkınnın değerlendirilmesi (a; Gerçek Durum, b; Entropi Yöntemi, c; Frekans Oran Yöntemi, d; TOPSIS Yöntemi)

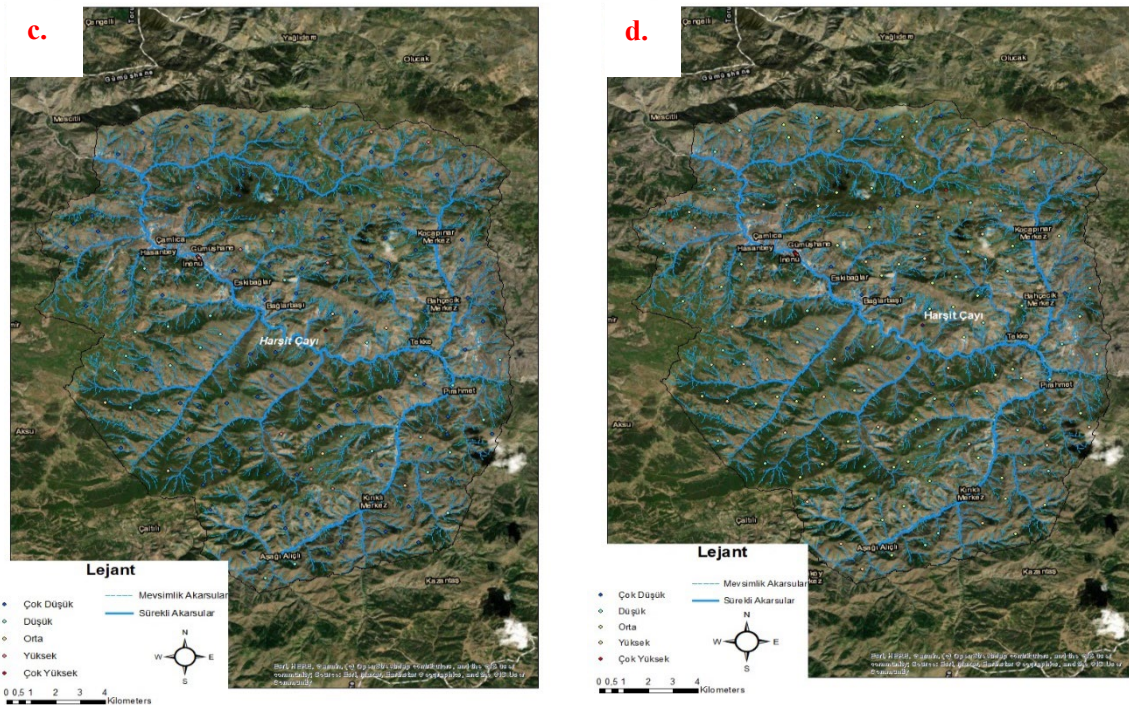


1974 yılında Gümüşhane ilinin en önemli akarsularından olan Harşit Çayının taşması sonucu afet meydana gelmiştir (Şekil 5). Yaşanan bu afet sahasının bulunduğu havzada rastgele seçilen 150 etkilenen, 150 etkilenmeyen noktasal veriyle çalışılmıştır. Etkilenen veriler Frekans Oran metodunda 143, TOPSIS metodunda 150 ve Entropi metodunda 149 tanesi çok yüksek ve yüksek riskli olarak sınıflandırılan bölgelere denk gelmiştir. Taşkından etkilenmeyen veriler yöntemlerde farklı risk sınıfları arasında dağılmaktadır (Tablo 2). Doğrulama değerlerine bakıldığında bu afeti Frekans Oran ve Entropi metodu çok yüksek doğruluk oranlarına ulaşarak tahmin etmişlerdir. Frekans Oran ve TOPSIS metodunda ağırlıklandırma değeri en yüksek olan değer yükselti iken Entropi metodunda yağış olarak belirlenmiştir. FR, TOPSIS ve Entropi metodundan en etkisiz bulunan parametreler sırasıyla bitki örtüsü, drenaj yoğunluğu ve bakı olarak belirlenmiştir.

**Tablo 2.** 1974 yılı taşkını değerlendirme tablosu

Gerçek Sonuç				
	Risk Sınıfı	Taşkından Etkilenen Noktalar (1)	Taşkından Etkilenmeyen Noktalar (0)	Doğrulama Yöntemleri (ACC, R, P, F-Score)
Frekans Oran	Çok Yüksek	40	0	ACC:0.94 R:0.97 P:0.92 F-Score:0.94
	Yüksek	103	3	
	Orta	7	21	
	Düşük	0	27	
TOPSIS	Çok Yüksek	139	4	ACC:0.74 R:0.93 P:0.67 F-Score:0.78
	Yüksek	11	30	
	Orta	0	66	
	Düşük	0	27	
ENTROPİ	Çok Yüksek	33	0	ACC:0.95 R:0.99 P:0.92 F-Score:0.95
	Yüksek	136	10	
	Orta	1	6	
	Düşük	0	27	
	Çok Düşük	0	107	





Şekil 5. 1974 Yılı Gümüşhane taşkınının değerlendirilmesi (a; Gerçek Durum, b; Entropi Yöntemi, c; Frekans Oran Yöntemi, d; TOPSIS Yöntemi)

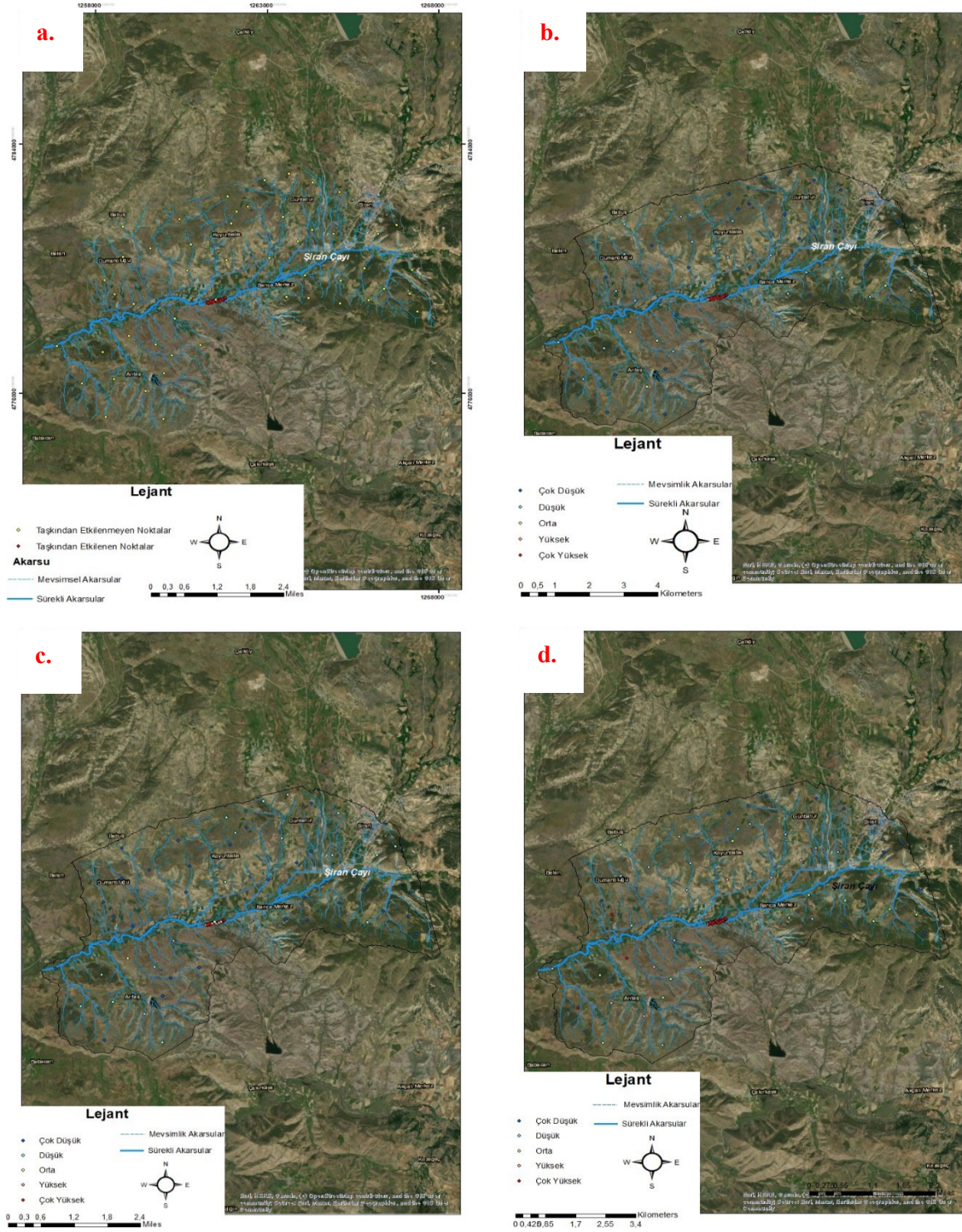
Tablo 3. 2004 yılı taşkını değerlendirme tablosu

Gerçek Sonuç				
	Risk Sınıfı	Taşkından Etkilenen Noktalar (1)	Taşkından Etkilenmeyen Noktalar (0)	Doğrulama Yöntemleri (ACC, R, P, F-Score)
Frekans Oran	Çok Yüksek	16	0	
	Yüksek	33	1	ACC:0.97
	Orta	1	2	R:0.98
	Düşük	0	18	P:0.96
	Çok Düşük	0	30	F-Score:0.97
TOPSIS	Çok Yüksek	44	4	
	Yüksek	2	9	ACC:0.78
	Orta	3	13	R:0.94
	Düşük	1	11	P:0.71
	Çok Düşük	0	13	F-Score:0.81
ENTROPİ	Çok Yüksek	29	1	
	Yüksek	18	0	ACC:0.95
	Orta	3	4	R:0.96
	Düşük	0	18	P:0.94
	Çok Düşük	0	17	F-Score:0.95

2004 yılında Şiran çayının taşması sonucunda oluşan afet 3 yöntemle tahmin edilmeye çalışılmıştır (Şekil 6). Bu havzada rastgele belirlenen taşkından etkilenen 50, etkilenmeyen 50 noktasal veri belirlenmiştir. Frekans Oran metodunda 49, TOPSIS metodunda 46 ve Entropi metodunda 47 noktasal veri Yüksek ve Çok Yüksek risk sınıfları içerisinde bulunmuştur. Taşkından etkilenmeyen



noktaların verilerinde gerçek sonuca en yakın sonucu Frekans Oran metodu ve Entropi metodu yüksek değerlerle karşılaşmıştır (Tablo 3). Entropi metodunda en etkili parametre Toprak, en etkisiz parametre Bakı olarak belirlenmiştir. Frekans Oran metodunda en etkili parametre Yükseklik, en etkisiz parametre bitki örtüsü olarak belirlenmiştir. TOPSIS metodunda en etkili parametre yükseklik, en etkisiz parametre Drenaj yoğunluğu olarak belirlenmiştir.



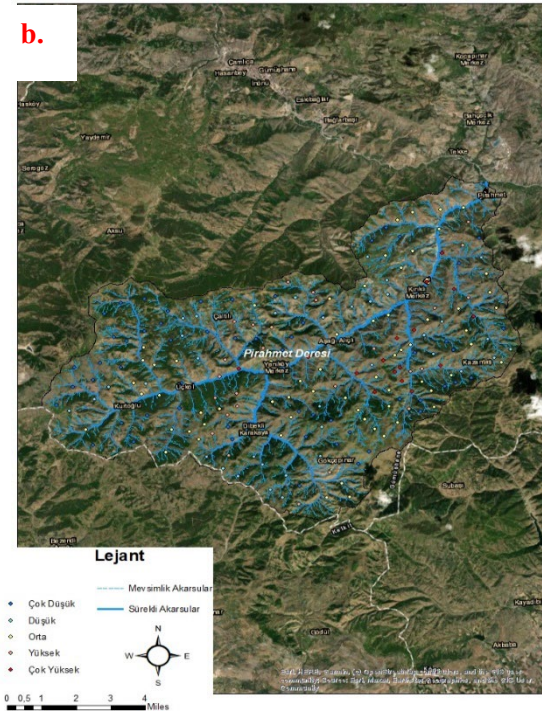
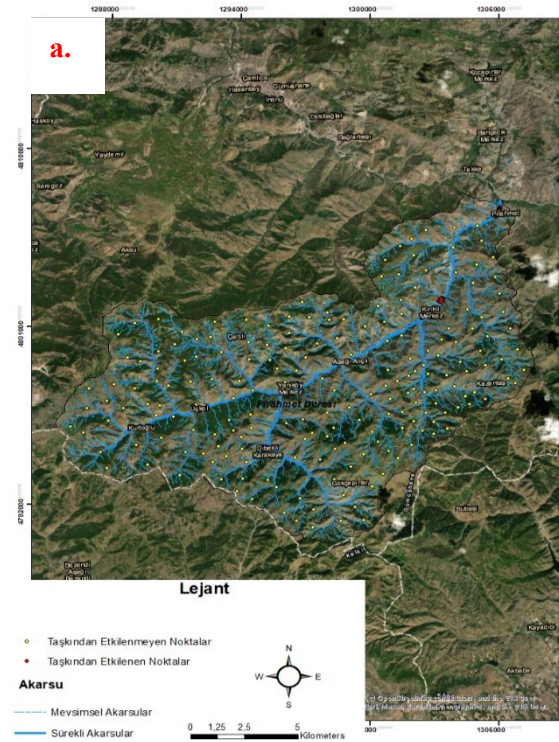
**Şekil 6.** 2004 Yılı Şiran çayı taşkınının değerlendirilmesi (a; Gerçek Durum, b; Entropi Yöntemi, c; Frekans Oran Yöntemi, d; TOPSIS Yöntemi)

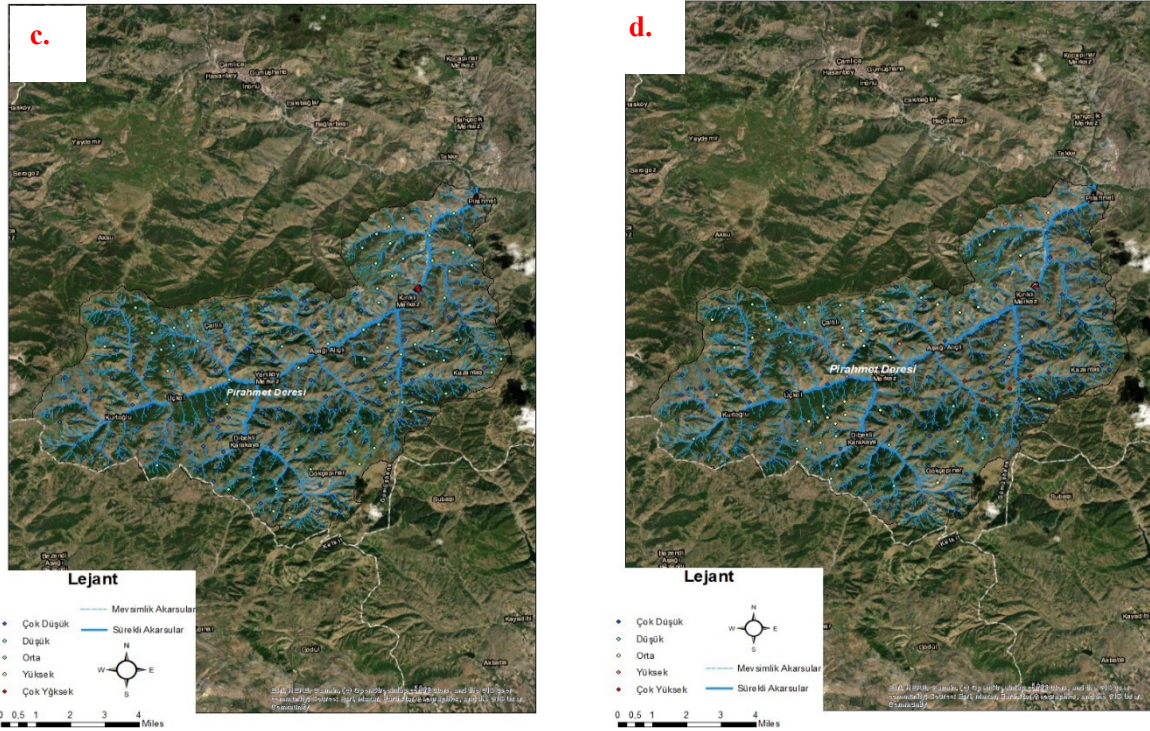


Çalışma alanından 2017 yılında Pirahmet deresinin taşması sonucunda afet meydana gelmiştir (Şekil 7). Bu yaşanan afet Frekans Oran metoduyla 0.92-0.95 arasında doğruluk değeriyle tahmin edilmiştir. Taşkından etkilenen 200, etkilenmeyen 200 adet noktasal veriyle bu afet incelenmiştir. Etkilenen 200 noktayı Frekans Oran metodu yüksek ve çok yüksek riskli alanlar olarak belirlerken, diğer metotlar farklı risk sınıfları içerisinde bulmuşlardır (Tablo 4). Frekans Oran metoduna göre taşkın afetine en etkili-en etkisiz parametre Yükselti ve Bitki örtüsü olarak belirlenmiştir. TOPSIS metodundan Topoğrafik Islaklık İndeksi-Bakı, Entropi metodunda Yükselti-Bakı sırasıyla en etkili ve en etkisiz parametre olarak belirlenmiştir.

**Tablo 4.** 2017 yılı taşkını değerlendirme tablosu  
Gerçek Sonuç

	Risk Sınıfı	Taşkından Etkilenen Noktalar (1)	Taşkından Etkilenmeyen Noktalar (0)	Doğrulama Yöntemleri (ACC, R, P, F-Score)
Frekans Oran	Çok Yüksek	191	0	ACC:0.93 R:0.95 P:0.92 F-Score:0.93
	Yüksek	9	3	
	Orta	0	35	
	Düşük	0	30	
	Çok Düşük	0	134	
TOPSIS	Çok Yüksek	102	30	ACC:0.83 R:0.88 P:0.80 F-Score:0.84
	Yüksek	75	6	
	Orta	21	14	
	Düşük	1	20	
	Çok Düşük	0	130	
ENTROPİ	Çok Yüksek	45	15	ACC:0.82 R:0.84 P:0.80 F-Score:0.82
	Yüksek	94	26	
	Orta	58	67	
	Düşük	2	36	
	Çok Düşük	0	58	





Şekil 7. 2017 Yılı Pirahmet deresi taşkınının değerlendirilmesi  
(a; Gerçek Durum, b; Entropi Yöntemi, c; Frekans Oran Yöntemi, d; TOPSIS Yöntemi)

#### 4. Sonuçlar

Taşkın çalışmalarının pek çoğunda en ciddi problem yöntem belirlenmesidir. Yapılan literatür çalışmalarının çoğunda ciddi başarılı sonuçlar görülmekte ve çalışmada kullanılan yöntemin diğer yöntemlere göre başarılı olduğu ifade edilmektedir. Ancak bu çalışmalarda yöntemlerinin doğruluk değerleri gerçek durumla mukayese edilmediğinden sadece ampirik doğrulama değerleri ile kalmaktadır. Bu amaçla bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan 3 farklı Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile geçmişte yaşanan 4 gerçek afet mukayese edilmiş ve literatürdeki en çok kullanılan 4 ayrı doğrulama metodu ile bu yöntemler test edilmiştir. Bu bahse konu amaçlarla bu çalışmada Türkiye’de en fazla taşkın afetine maruz kalan Karadeniz bölgesinin, Gümüşhane ili çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Gümüşhane ilinde, ilki 1972 olmak üzere sırasıyla 1974, 2004 ve 2017 yıllarında 4 adet hem ekonomik hemde can kaybına neden olan afetler meydana gelmiştir. Taşkına etkili parametrelerin kendi arasındaki ilişkileri ve taşkına olan etkileri havzadan havzaya değişmektedir. Bu nedenle bu çalışmada bağımlı değişkenlerden etkilenen Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden olan Frekans Oran, TOPSIS ve Entropi yöntemleri seçilmiştir. Sonuç haritaları incelendiğinde Frekans Oran ve Entropi yöntemi TOPSIS metoduna göre daha uyumlu sonuçlar verdiği görülmektedir. Frekans Oran metodu taşkınlara etki eden etkili parametreyi yükselti olarak belirlerken, Entropi metodu Yağış ve Yükselti olarak belirlemiştir. TOPSIS metodu 2 havzada Topoğrafik Islaklık İndeksi, 2 havzada Yükselti parametresini etkili parametre olarak belirlemiştir. İncelenen 4 afette, 550 adet taşkından etkilenen, 550 adet ise etkilenmeyen noktasal veri ile 3 yöntemin doğruluk değerleri incelenmiştir. 4 adet doğrulama yöntemi ve 4 adet havza ortalamalarına bakıldığında Frekans Oran metodunun taşkın çalışmalarına yüksek uyum gösterdiği gözlemlenmiştir. Belediyelerin imar planlamalarında, Devlet Su İşleri ve İl Çevre İdaresi gibi kurumların taşkın koruma projelerinde taşkın risk sahasını bilmek önem arz etmektedir. Bu nedenle taşkın risk haritaları çalışmaları daha yaygınlaşarak daha gerçeğe yaklaşan haritalar tasarlamak ve ilgili kuruluşlarla işbirliği halinde çalışmak afetin önleyiciliği açısından önemlidir.

### Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları herhangi bir kurum, kuruluş, kişi ile kişisel ve finansal çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedirler.

### Teşekkür

Bu araştırma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Araştırma Fonu (proje no: FDK-2022-2796) tarafından desteklenmiştir.

Bu çalışma kapsamında bize veri temini sağlayan Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü ve Hava Kuvvetleri Komutanlığı Harita Genel Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

- [1] Samanta, S., Pal, D. K., & Palsamanta, B. (2018). Flood susceptibility analysis through remote sensing, GIS and frequency ratio model. *Applied Water Science*, 8(2), 66.
- [2] Natarajan, L., Usha, T., Gowrappan, M., Palpanabhan Kasthuri, B., Moorthy, P., & Chokkalingam, L. (2021). Flood susceptibility analysis in chennai corporation using frequency ratio model. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49, 1533-1543.
- [3] Ramesh, V., & Iqbal, S. S. (2022). Urban flood susceptibility zonation mapping using evidential belief function, frequency ratio and fuzzy gamma operator models in GIS: a case study of Greater Mumbai, Maharashtra, India. *Geocarto International*, 37(2), 581-606.
- [4] Majeed, M., Lu, L., Anwar, M. M., Tariq, A., Qin, S., El-Hefnawy, M. E., ... & Alasmari, A. (2023). Prediction of flash flood susceptibility using integrating analytic hierarchy process (AHP) and frequency ratio (FR) algorithms. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1037547.
- [5] Yükseler, U., Toprak, A., Gul, E., & Dursun, O. F. "Flood hazard mapping using M5 tree algorithms and logistic regression: a case study in East Black Sea Region", *Earth Science Informatics*, 1-15. (2023).
- [6] Mudashiru, R. B., Sabtu, N., Abustan, I., & Balogun, W., "Flood hazard mapping methods: A review. *Journal of hydrology*", 603, 126846, (2021).
- [7] Chen, Y., Wang, D., Zhang, L., Guo, H., Ma, J., & Gao, W. (2023). Flood risk assessment of Wuhan, China, using a multi-criteria analysis model with the improved AHP-Entropy method. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(42), 96001-96018.
- [8] Dey, H., Shao, W., Moradkhani, H., Keim, B. D., & Peter, B. G. (2024). Urban flood susceptibility mapping using frequency ratio and multiple decision tree-based machine learning models. *Natural Hazards*, 1-29.
- [9] Ekmekcioğlu, Ö., Koc, K., & Özger, M. (2021). Stakeholder perceptions in flood risk assessment: A hybrid fuzzy AHP-TOPSIS approach for Istanbul, Turkey. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 60, 102327.
- [10] Belazreg, N. E. H., Hasbaia, M., Şen, Z., & Ferhati, A. (2024). Flood risk mapping using multi-criteria analysis (MCA) through AHP method case of El-Ham wadi watershed of Hodna basin (Algeria). *Natural Hazards*, 120(2), 1023-1039.
- [11] TOPRAK, A., & CANPOLAT, F. A. (2022). FREKANS ORAN, ANALİTİK HİYERARŞİ VE LOJİSTİK REGRESYON MODELLERİNİN TAŞKIN TEHLİKE TAHMİNİNDE KARŞILAŞTIRMALI KULLANIMI, FATSA İLÇE MERKEZİ VE YAKIN ÇEVRESİ ÖRNEĞİ. *International Journal of Geography and Geography Education*, (45), 349-379.
- [12] Senan, C. P., Ajin, R. S., Danumah, J. H., Costache, R., Arabameri, A., Rajaneesh, A., ... & Kuriakose, S. L. (2023). Flood vulnerability of a few areas in the foothills of the Western Ghats: a comparison of AHP and F-AHP models. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 37(2), 527-556.

- [13] Aksoy, H., Kirca, V. S. O., Burgan, H. I., & Kellecioglu, D. (2016). Hydrological and hydraulic models for determination of flood-prone and flood inundation areas. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences, 373, 137-141.
- [14] DSİ, “Doğu Karadeniz Taşkınları Raporu (1970-1995)”, DSİ Yayınları, Trabzon. (1996)
- [15] DSİ, “Su Dünyası Dergisi”, Sayı: 34, DSİ Vakfı Yayınları, Ankara. (2006)
- [16] Wehri, A. “General properties of entropy, Reviews of Modern Physics”, 50(2), 221-260, (1978)
- [17] Singh, V. P. “The Entropy theory as tool for modeling and decision making in environmental and water resources”, Water SA, 26,1, ISSN: 0378-4738, (2000).
- [18] Shannon C.E. “Mathematical Theory of Information. The Mathematical Theory of Information”, The University of Illinois Press: Urbana, IL, USA, 27, 170–180, (1948).
- [19] Erener A., Şebnem H., Düzgün B., “Improvement of statistical landslide susceptibility mapping by using spatial and global regression methods in the case of more and romsdal (norway)”, Landslides, Volume 7, 55-68, (2010).
- [20] Lai, Y. J., Liu, T. Y., & Hwang, C. L. “TOPSIS for MODM”, European journal of operational research, 76(3), 486-500, (1994).
- [21] Olson, D. L. “Comparison of weights in TOPSIS models”, Mathematical and Computer Modelling, 40(7-8), 721-727, (2004).