



CBS Tabanlı AHP Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (ÇKKVY) Kullanılarak Van Gölü Güzelsu Alt Havzası Taşkın Risk Haritalarının Çıkarılması ve Değerlendirilmesi

Evaluation and Mapping of Flood Risk In Van Lake Güzelsu Sub-Basin Using GIS Based AHP Multiple Criteria Decision Making (MCDM) Method

Erdi Tanış^{1*}, Recep Çelik²

¹ Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, taniserdi@gmail.com
ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-5053-3152>

² Dicle Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, recep.celik@dicle.edu.tr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0739-6146>

MAKALE BİLGİLERİ

Makale Geçmişi:

Geliş 19 Ağustos 2024
Revizyon 2 Ekim 2024
Kabul 17 Ekim 2024
Online 23 Aralık 2024

Anahtar Kelimeler:

Van Gölü Güzelsu Alt Havzası,
Taşkın risk analizi, CBS,
ÇKKVY (Çoklu Kriterli Karar
Verme Yöntemi), AHP (Analitik
Hiyerarşi Prosesi)

ÖZ

Taşkın; bir akarsuyun çeşitli sebeplerle yatağından taşarak, çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vererek o bölgedeki ekonomik ve sosyal faaliyetleri kesintiye uğratan bir tabii olaydır. Taşkınlar her yıl can kaybı yanında büyük sosyo-ekonomik zararlara yol açmaktadır. Son yıllarda küresel iklim değişikliği ve yanlış arazi kullanımı etkisi ile yaşanan taşkınların sayısında ve etkisinde önemli artışlar olmaktadır. Bu nedenle farklı karakteristikleri temsil eden veri katmanlarının bir arada değerlendirilmesi, taşkın riski taşıyan bölgelerin belirlenmesinde önemlidir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) potansiyel taşkın risk alanlarının belirlenmesinde büyük kolaylıklar sağlayan bir platformdur. Coğrafi Bilgi Sistemleri potansiyel taşkın risk alanlarının belirlenmesi amacıyla mevcut verilerin toplanması, işlenmesi ve analizinin yapılmasında kullanılmaktadır. Güzelsu havzası Türkiye'nin doğusunda yer alan Van Gölü çevresindeki alt su toplama havzasıdır. Güzelsu Alt Havzası, coğrafi ve ekolojik olarak önemli bir bölgedir ve su kaynakları yönetimi, su akışı, özellikle taşkın riski değerlendirmeleri için dikkatle incelenmesi gerekir. Bu çalışmada da CBS aracılığıyla Van Gölü Güzelsu alt havzasının taşkın risk alanları belirlenmiştir. Modelleme aşamasında, Çok Kriterli Karar Verme Yönteminde, taşkın oluşumuna etki eden; yükselti, yağış, jeoloji, eğim, baki, nehre uzaklık, toprak grubu ve arazi kullanım parametreleri kullanılmıştır. Tüm parametrelerin olaydaki etki ağırlıkları AHP yöntemi ile belirlenmiş, ArcGIS programında da belirlenen ağırlık oranları tematik haritalara işlenerek çakıştırılmış ve sonuçta bölgede taşkın esnasında etkilenecek alanların risk haritaları elde edilmiştir. Üretilen taşkın risk haritasına göre, "Çok Yüksek Riskli" alanlar %6.6, "Yüksek Riskli" alanlar %14.5, "Riskli" alanlar %29.7, "Az Riskli" alanlar %31.9 ve "Risksiz" alanlar %17,2 oranında yer kaplamaktadır.

ARTICLE INFO

Article history:

Received 19 August 2024
Received in revised form 2 October 2024
Accepted 17 October 2024
Available online 23 December 2024

Keywords:

Analytic Hierarchy Process, Flood
Risk Analysis, Multiple Criteria
Decision Making Method, GIS,
Güzelsu Sub-basin of Lake Van

Doi: 10.24012/dumf.1534940

ABSTRACT

Flood is a natural phenomenon where a river overflows its banks due to various factors, causing damage to surrounding lands, settlements, infrastructure, and living beings, thereby disrupting the economic and social activities in the area. Floods cause significant socio-economic damage each year, along with the loss of life. In recent years, there has been a significant increase in the number and impact of floods due to global climate change and improper land use. Therefore, evaluating data layers representing different characteristics together is crucial for identifying areas at risk of flooding. Geographic Information Systems (GIS) provide a valuable platform for identifying potential flood risk areas. GIS is used to collect, process, and analyse existing data for the purpose of determining potential flood risk areas. Güzelsu Basin is a sub-watershed located around Lake Van in eastern Turkey. The Güzelsu Sub-basin is geographically and ecologically significant and requires careful examination for water resource management, water flow, and especially flood risk assessments. In this study, flood risk areas in the Güzelsu sub-basin of Lake Van were identified using GIS. In the modelling phase, factors affecting flood formation such as elevation, precipitation, geology, slope, aspect, major soil group, and land use parameters were used in the Multiple Criteria Decision Making method. The weights of all parameters were determined using the AHP method, and the determined weight ratios were processed into thematic maps in ArcGIS and overlaid to produce flood risk maps showing the areas affected during a flood. According to the generated flood risk map, "Very High Risk" areas cover 6.6%, "High Risk" areas cover 14.5%, "Risky" areas cover 29.7%, "Low Risk" areas cover 31.9%, and "No Risk" areas cover 17.2% of the region.

Giriş

Dünyada birçok ülke ve kıtada insanların hayatına ekonomik ve sosyal bakımdan etki eden önemli doğal afetlerden birisi taşkındır. Akarsu havzalarının taşıyabileceğinden fazla olan ve kapasitesinin üzerindeki suyun gelmesi ile doluluk oranının artması taşkın olayını tetikleyen en büyük sebeptir.. Akarsu yataklarından geçen su miktarının, akarsunun yatak kapasitesini aşması sonucunda sel, su basması ve taşkın gibi doğa olayları meydana gelir [1]. Dünya çapında en sık gerçekleşen ve en geniş coğrafi dağılıma sahip doğal afet taşkınlardır[2]. Taşkınlar, toprağı sular altında bırakarak tarım arazilerine, yerleşim alanlarına zarar verebilir ve hatta can kaybına yol açacak derecede tehlikeli boyutlara ulaşabilir [3][4]. Taşkın afeti, akarsu yatağı boyunca hızlı ve çarpık kentleşme ve ormansızlaşma ile yakından bağlantılıdır [5]. Taşkın olayı sonucunda oluşacak zararları önlemek için yapılacak çalışmalarda; dere ıslahı ve taşkın koruma yapısında kullanılacak malzemenin seçimi oldukça önemlidir [6]. Akarsu yataklarında yapılacak dere ıslah çalışmaları, tersip bentleri, göletler, barajlar vb. yapılarda uygulama ve hesaplama adımlarında yapılan hatalar, taşkınların insan kaynaklı olarak da meydana gelmesine neden olmaktadır [7]. Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğünden alınan verilere göre Türkiye’de gerekli görülen yerlerde sel kapanı, tersip bendi, taşkın kontrol yapıları, baraj, gölet, vb. gibi yapı ve tesislerde artış meydana gelmesine rağmen son 40 yılda yaklaşık 600 den fazla ölüm gerçekleşmiş, 800.000 hektardan fazla tarım arazisi taşkından zarar görmüştür [8].

Genel olarak bakıldığında birçok faktör taşkın afetine sebep olabilmektedir. Taşkın oluşması üzerinde etkisi büyük olan faktörlerden birisi de mevsimlerdir. Bir doğal afet olan taşkın olayının meydana gelmesinin en büyük sebebi ise, akarsu havzalarına gelen suyun bir müddet sonra havza kapasitesinin üzerine çıkması ile doluluk oranının artmasıdır. Taşkın etkileyen mevsim faktörüne bakılarak yorumlama yapıldığında, kış mevsiminde karların eriyerek akışa geçmesi ile ilkbahar ve sonbahar aylarında yağışların çok fazla miktarda ve şiddetli bir biçimde gelmesi taşkın oluşum riskini büyük ölçüde etkiler. Taşkın analizi, özellikle su baskınları gibi doğal afetlerin etkilerini değerlendirme ve bu afetlerle mücadele stratejileri geliştirme amacıyla kullanılan kritik bir yöntemdir. Bu analiz yöntemi, altyapı planlaması, risk yönetimi ve çevre koruma gibi alanlarda önemli bir rol oynamaktadır [9][10][11]. Taşkın analizi, büyük ölçekli su yönetimi projelerinde ve çevresel sürdürülebilirlik çalışmalarında kullanılmakta ve karar vericilere güçlü bir analitik araç sunmaktadır.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ise, günümüzde karar verme süreçlerinde önemli bir rol oynamakta olup, çeşitli sektörlerde kompleks

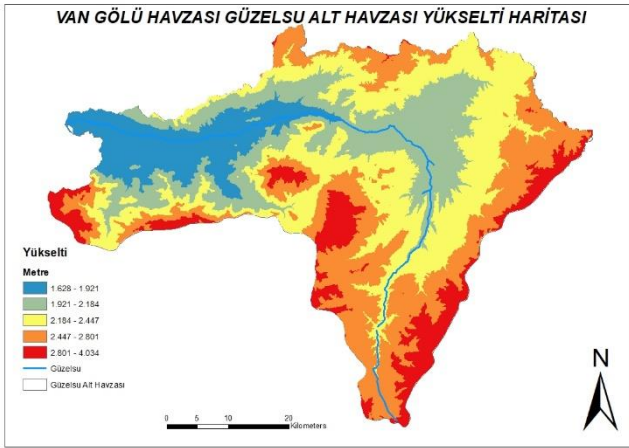
problemlerin çözümünde kullanılan etkili araçlardan biridir. ÇKKV, karar vericilere farklı alternatifler arasında objektif bir değerlendirme yapma imkânı sunarak en uygun seçeneğin belirlenmesine katkıda bulunur. Bu yöntem, birçok karar verme sürecinde kullanılan ve karar alma sürecini sistemli bir şekilde yapılandıran matematiksel ve analitik bir yaklaşımdır [12][13][14]. Özellikle son yıllarda CBS tabanlı haritalama yöntemleri ile taşkın oluşum riskinin belirlenmesi kapsamında önemli bir yöntem olmuştur. Son yıllarda, CBS tabanlı çoklu kriterli değerlendirme metodunun Taşkın analizi üzerindeki etkisini inceleyen araştırmalar artmıştır. Zhang ve diğerleri (2018), ÇKKV'nin su baskını yönetiminde nasıl kullanılabileceğini ve bu yöntemin karar alıcıların sel riskini azaltma stratejileri üzerindeki etkisini araştırmışlardır [15]. Bu çalışmalar, ÇKKV'nin karar verme süreçlerine getirdiği sistematik yaklaşımı vurgulamaktadır. Ayrıca, Sahu ve Patil (2020), CBS'nin taşkın risk haritalarının oluşturulmasında nasıl kullanılabileceğini ve ÇKKV yöntemlerinin bu haritaların iyileştirilmesindeki rolünü incelemiştir [16]. Bu çalışma, CBS ve ÇKKV'nin entegrasyonunun taşkın yönetimi stratejilerinin optimize edilmesine nasıl katkı sağlayabileceğini göstermektedir. ÇKKV'nin karar alıcılar için bilgi temelli ve veri odaklı kararlar alma sürecini güçlendirdiği, böylece su yönetimi gibi karmaşık sorunların etkin bir şekilde çözülebildiği belirtilmektedir.

Coğrafi Bilgi Sistemleri ile geniş alanda ve devamlı algılama yapabilen uydu görüntüleri, taşkın afetine karşı önceden planlamaların yapılmasında, riskli alanların tespitinde ve oluşacak taşkın sonucunun çıkartılmasında önemli bir kaynak olmuştur. Uzaktan algılama ile uydu görüntülerinden gerekli doneler elde edilerek ve taşkın risk analizi yapılarak, meydana gelebilecek afet için önceden bir analiz yapılabilir. Bunun sonucunda da alınması gereken önlemler belirlenebilir. Taşkın konusunda planlama yapılarak taşkın önlenmesi açısından coğrafi konuma bağlı yersel ve öznitelik verilerinin sağlanması, alınacak verinin güncelleştirilerek saklanması, analiz edilmesi ve taşkın risk haritalarının oluşturulması önemli bir yere sahiptir [17]

2- Materyal Ve Yöntem

2.1-Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Van ilinin Gürpınar ilçesinin büyük bir kısmı ile Gevaş, Edremit ve Çatak ilçelerinin az bir kısmını kapsamaktadır (Şekil 1). Güzelsu Alt Havzası geniş ve eğimi yüksek bir havzadır. Havzanın eğiminin fazla olması, arazi kullanım ve zemin özellikleri nedeniyle özellikle ilkbahar ve sonbahar aylarında gelen yağışlar sonucunda bölgede sıkça taşkın olayları meydana gelmektedir. Havzaya ait aşağıdaki şekilde gösterilen yükselti haritası <https://urs.earthdata.nasa.gov> sitesinden alınan DEM Haritasının ArcMap programında sayısallaştırılması sonucunda oluşturulmuştur.



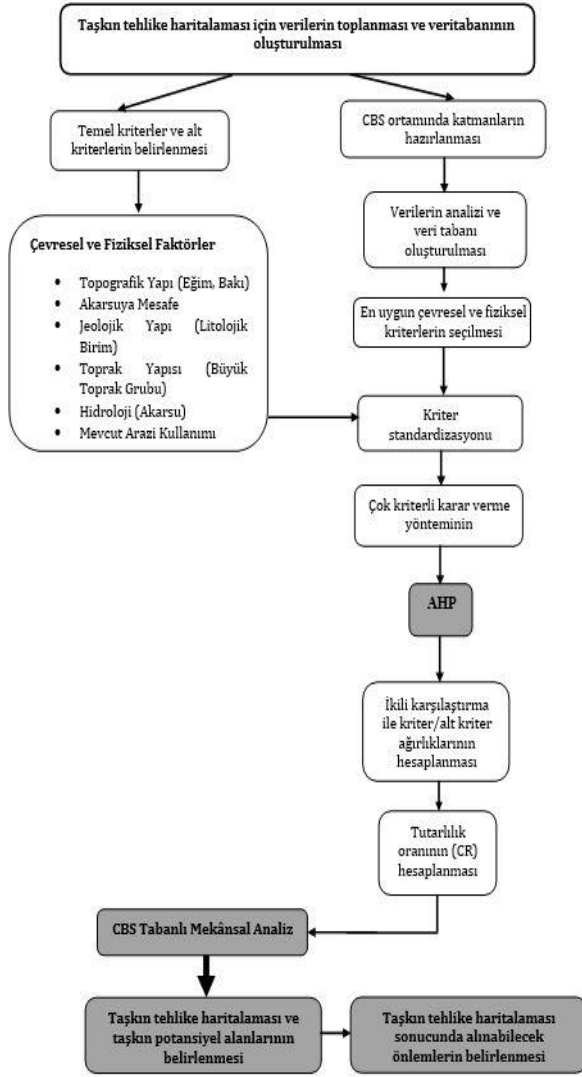
Şekil 1 – Çalışma alanına ait yükselti haritası

2.2-Veri Temini

Bu çalışmada kullanılan jeoloji verileri, DSİ 17.Bölge Müdürlüğü Jeoteknik Hizmetler Şube Müdürlüğünden temin edilmiştir. Toprak verisi olarak kullanılan büyük toprak grubu verisi, Tarım Reformu Genel Müdürlüğünden alınmıştır. Yağış haritasındaki yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğünün web sitesinden temin edilmiştir. Yağış haritası hazırlanırken yağışın mekânsal dağılışı Schreiber formülü ile hesaplanarak veri enterpolasyonuna tabi tutulmuştur. Arazi kullanımı haritası verisi ise Copernicus Arazi İzleme Hizmeti tarafından oluşturulan 2018 yılı CORINE verisidir. Bakı ve eğim haritaları urs.earthdata.nasa.gov web sitesinden temin edilmiş Sayısal Yükselti Modeli (SYM) verisinin ArcMap 10.8 programında analiz edilmesiyle oluşturulmuştur. Tüm bu haritalar ArcMap ortamında ED_1950_UTM_Zone_38N projeksiyon sisteminde hazırlanmıştır.

2.3-Yöntem

Çalışmada, Güzelsu Alt Havzasının taşkın duyarlılık analizi, CBS teknikleriyle analiz edilip yorumlanmıştır. Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanında yapılan analizlerde kullanılan kriterlerin (jeoloji, akarsuya uzaklık, eğim, bakı, toprak, yağış, arazi kullanımı) ağırlıkları Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) Yöntemi'nin bir alt metodu olan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile belirlenmiştir. Analitik Hiyerarşi Prosesi, Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri arasında uygulanacak amaca bağlı olmakla beraber en çok kullanılan yöntemlerdendir. Sonuçları 3 etkileyen kriterler oransal olarak bir dağılım oluşturur ve bu şekilde karar verilir. Bu yöntemde belirlenen kriterler ele alınarak hiyerarşik bir yapı oluşturulur, ele alınan kriterler ikili karşılaştırmalar matrisi şeklinde belirlenir ve modelleme yapılır [20][21]. AHP yöntemiyle kriterlerin (jeoloji, akarsuya uzaklık, eğim, bakı, toprak, yağış, arazi kullanımı) ağırlıkları 1-9 önem derecesi arasında değişen değerlendirme ölçeğine göre değerlendirildikten sonra ArcMap 10.8 yazılımında Weighted Sum (ağırlıklı toplam) aracı kullanılarak tüm kriterler toplanıp çalışma alanının taşkın risk haritası üretilmiştir. Yöntemin akış şeması Şekil 2'de ayrıntılı olarak verilmiştir.



Şekil 2 – Yöntemin akış diyagramı

2.3.1- AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi)

Yağış, bakı, eğim, arazi kullanımı, jeoloji, büyük toprak grubu ve akarsuya mesafe kriterlerinin her birinin göreceli ağırlığını belirlemek için bu çalışmada bir ikili karşılaştırma yöntemi olan AHP kullanılmıştır. Birden çok kriterli olan problemlerde karar verme işlemi, karar mekanizmasına dayalı subjektif bir işlemdir [22]. Bu teknik, öznel olarak daha kolay değerlendirilebilen ve daha kolay anlaşılabilen alt sorunların bir hiyerarşisi içerisinde problemlerin çözümlenmesini sağlayan bir araçtır. Öznel değerlendirmeler, sayısal bir ölçek şeklinde sıralanan sayısal değerlere dönüştürülmektedir [23]. AHP'nin temelinde ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması yer almaktadır.

İkili karşılaştırma matrisi bir karar aşamasına gereksinim duymaktadır. İkili karşılaştırmaların oluşturulmasında karar vermek için 1 den 9 a kadar olan

bir puanlama ölçeği kullanılmaktadır. Burada 1 değeri eşit öneme sahip olmayı ifade ederken 9 değeri en önemli kriteri ifade etmektedir [13]. Karşılaştırma matrisinde her bir faktörün önem derecesini saptayabilmek için Tablo 1'de verilen Saaty (1980) tarafından geliştirilmiş olan önem dereceleri ölçeğinden yararlanılmaktadır.

Tablo 1 – AHP Değerlendirme Ölçeği

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktör eşit öneme sahipse
3	1. faktör 2. faktöre göre daha önemliyse
5	1. faktör 2. faktöre göre çok önemliyse
7	1. faktör 2. faktöre göre çok güçlü bir öneme sahipse
9	1. faktör 2. faktöre göre mutlak üstün bir öneme sahipse
2,4,6,8	Ara değerler

Bu çalışmada Saaty'nin özvektör yöntemi kullanılmış olup bu yöntemin formülü aşağıda verilmiştir.

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{j=1}^n a_{ij}}$$

Özvektör hesaplandıktan sonra her bir kriterine ait göreceli önem dereceleri belirlenerek karşılaştırma matrisinin tutarlılığı (CR) hesaplanır [24]. Burada CR 0.10'un üzerinde çıkarsa karar vericinin tutarsızlığından dolayı matrise girdiği değerlerin tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir [25][26]. Saaty, karşılaştırma matrisinde tutarlılığı hesaplamak için aşağıdaki formülün kullanılmasını tercih etmiştir [27][28]:

$$CR = \frac{CI(\text{Tutarlılık Göstergesi})}{RI(\text{Rassallık Göstergesi})}$$

Bu formüldeki tutarlılık göstergesinin (CI) hesaplanması için de aşağıdaki formülden yararlanılır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

Maksimum özdeğer (λ_{\max}) hesaplanırken aşağıdaki formül kullanılır.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i}$$

Karşılaştırma matrisinin sütunları ile görelî öncelikler çarpılıp toplanarak ağırlıklı toplam vektör bulunur. Ağırlıklı toplam vektörün elemanları kendisine karşılık gelen görelî önceliğe bölündükten sonra sonucun aritmetik ortalaması λ_{max} 'ı vermektedir [29].

RI oranlarının, matris ölçüsüne karşılık gelen değerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir [30][31].

Tablo 2 – Rassallık Göstergeleri

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,54	1,56	1,57	1,59

2.3.2- Kriterlerin Puanlanması

Taşkın tehlike haritası oluşturulması için bu çalışmada yağış, eğim, büyük toprak grubu, bakı, arazi kullanımı, jeoloji ve akarsulara uzaklık kriterleri çevresel ve fiziksel kriterler olarak dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır. Bu kriterler taşkın tehlike haritalamasındaki etki düzeyine göre Tablo 2’de verilmiş olan literatür bilgilerine dayalı olarak; alt kriterlere ayrılmış ve her bir alt kriter 1 ile 5 değerleri arasında puanlanmıştır.

Tablo 3 - Seçilen Ana Kriterler, Alt Kriterler ve Alt Kriterlerin Puanları

Ana Kriterler	Alt Kriterler	Puan	Taşkın Riski
Eğim (°)	0-5	5	Çok Yüksek
	5-15	4	Yüksek
	15-25	3	Orta
	25-50	2	Düşük
	50-73,12	1	Çok Düşük
Bakı	Batı	5	Çok Yüksek
	Güney	4	Yüksek
	Kuzey	2	Düşük
	Doğu	1	Çok Düşük
Yağış (mm)	783 – 1282	5	Çok Yüksek
	672 – 783	4	Yüksek
	590 – 672	3	Orta
	483 – 590	2	Düşük
	339 – 483	1	Çok Düşük
Büyük Toprak Grubu	Alüvyal Topraklar	5	Çok Yüksek
	Kolüvyal Topraklar	4	Yüksek
	Regosoller	3	Orta
	Çorak Topraklar	2	Düşük
	Kahverengi Topraklar	1	Çok Düşük
Akarsulara Uzaklık (m)	250	5	Çok Yüksek
	500	4	Yüksek
	1000	3	Orta
	1500	2	Düşük
	> 2000	1	Çok Düşük
Jeoloji	Alüvyon	5	Çok Yüksek
	Kireçtaşı	4	Yüksek
	Kuarsit-Kuars Şist	2	Düşük
	Bazalt	1	Çok Düşük
Arazi Kullanımı	Şehir Yapısı	5	Çok Yüksek
	Sürekli Ürünler	4	Yüksek
	Ekilebilir Alanlar, Meralar ve Otsu Bitkiler	3	Orta
	Karışık Tarım Alanları	2	Düşük
	Orman, Bitki Örtüsü	1	Çok Düşük
	Seyrek ya da Hiç Olmayan Alanlar		

3- Araştırma Bulguları

3.1 – Kriterlerin Değerlendirilmesi

Eğim

Eğim, yüzeydeki suların akışının düzenlenmesinde rol oynayan önemli bir topografik etkidir. Yağışın akarsunun akışına katkısı konusunda eğim, yüksek derecede etkilidir. Özellikle bir alana ulaşan yüzey suları veya yeraltı sularının yönünü ve miktarını etkilemektedir [32]. Eğimin yüksek olduğu alanlarda su akışa geçerken düşük eğimli alanlarda bu durum suyun durgunlaşmasına ve göllenmeye neden olmaktadır [33].

Yağış

Taşkına sebep olan en önemli iklim değişkeni yağıştır. Yağışların şiddeti, süresi ve meydana geli şekilleri son derece önemlidir. Yağış şiddetinin fazla olduğu durumda sızma için yeterince vakit olmaz ve bundan dolayı yüzeydeki sular daha fazla olur. Akarsu havzasında bulunan akarsu yatağının dolmasıyla birlikte yağış suları yüzeysel akışa geçer ve böylelikle taşkın hadisesi başlar. Havzaya düşen bu yağışlar, bölgedeki bitkilenme sayesinde tutulduğundan olayın etkisi çok fazla olmaz ancak, sızma kapasitesi dolduktan sonra havzaya düşen yağışlar akışa geçer ve taşkın hadisesine sebep olur [34].

Akarsuya olan uzaklık

Akarsulara yakın olan alanların, şiddetli yağışlar sırasında veya sonrasında nehirlerin taşması sonucunda taşkına maruz kalma ihtimalinin yüksek olması sebebiyle taşkın risk analizlerinde sıkça kullanılan akarsuya mesafe faktörü önemli bir kriterdir [35]. Akarsu kıyılarına yakın olan alanlar taşkınlardan en fazla etkilenen alanlar olarak ortaya çıkmaktadır [36].

Jeoloji

Jeolojik durum taşkından etkilenme olasılığı yüksek yerlerin belirlenmesinde önemli bir faktördür, çünkü taşkın şiddetini artırma veya azaltma etkisi vardır. Geçirgen kaya formasyonları, iyi bağlantılı gözeneklere sahip olduklarından dolayı suyun yer altına en iyi şekilde sızmasına destek olurlar. Geçirimsiz kaya formasyonları ise bunun aksine daha küçük, daha az birbirine bağlı gözenekler ile daha ince taneli veya karışık tane boyutuna sahiptirler ve bu sebeple suyun yer altına sızmasına engel olurlar [37].

Toprak

Taşkın riskinde etkili bir ölçüt olan toprak grupları suyun sızmasını farklı şekillerde etkilerler. Toprak türüne bağlı olarak yağışın toprak içerisindeki sızma oranı düşük olan toprak türlerinde yüzey drenajının artması ile beraber taşkın riskinin arttığı görülmektedir. Killi topraklar kolay aşınabildiği için geçirimsiz özellik

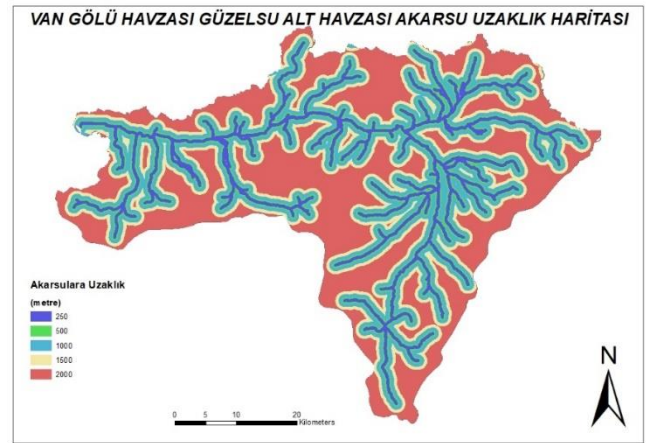
gösterdiğinden taşkına karşı yüksek duyarlılıktadırlar [38].

Bakı

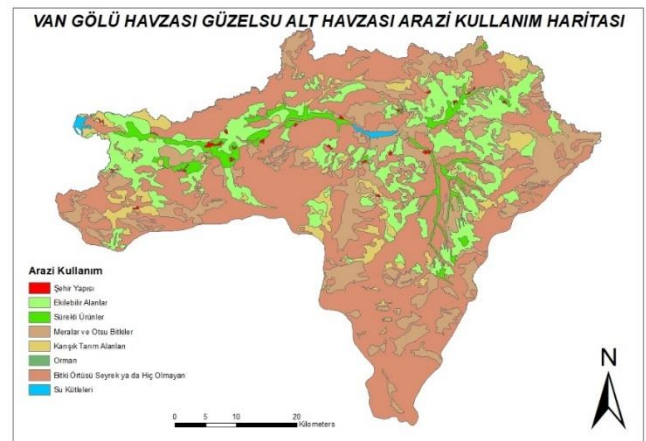
Bakı; yağış miktarı ve sıcaklığa etki ederek dolaylı olarak taşkın üzerinde rol oynamaktadır. Güzelsu Alt Havzasında bulunan akarsuların genel olarak batı ve güney yönlerine doğru mansaplandığı görülmektedir. Bu nedenle taşkın açısından en riskli yönler bunlardır.

Arazi kullanımı

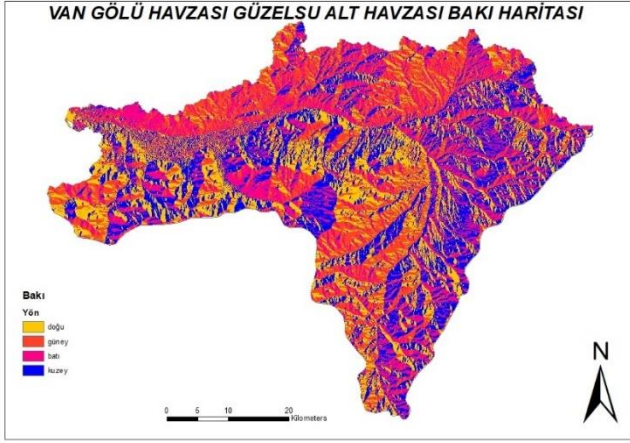
Taşkında etkili olan diğer bir etken de arazi kullanımı'dır. Yüzeydeki suların yer altına sızması arazi kullanımı ile doğrudan bağlantılıdır. Arazi kullanımının uygunsuz, bitki örtüsü seyrek veya bitki örtüsünden tamamen yoksun olduğu arazilerde yağmur suları direkt akışa geçer. Bitki örtüsünün yoğun, arazi kullanımının ise uygun olduğu alanlarda akış daha azdır. Ormanlar ve bitki örtüsünün yoğun olduğu yerler yüzey suyunun yer altına sızmasını desteklerken, kentleşmenin yoğun olduğu yerler, yüzeydeki suların toprağa sızmadan akışa geçmesine neden olur.



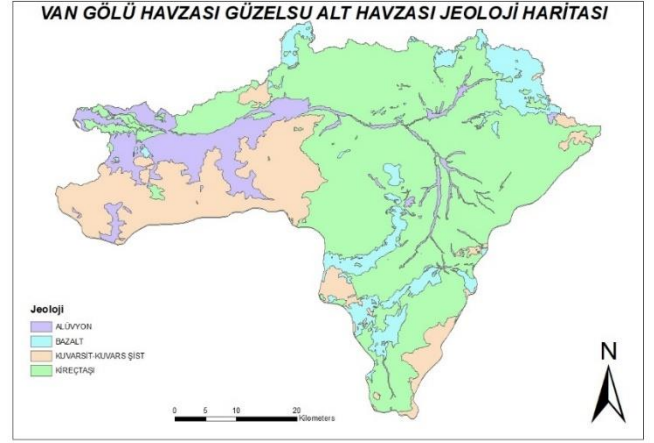
Şekil 3.a – Akarsuya Uzaklık Haritası



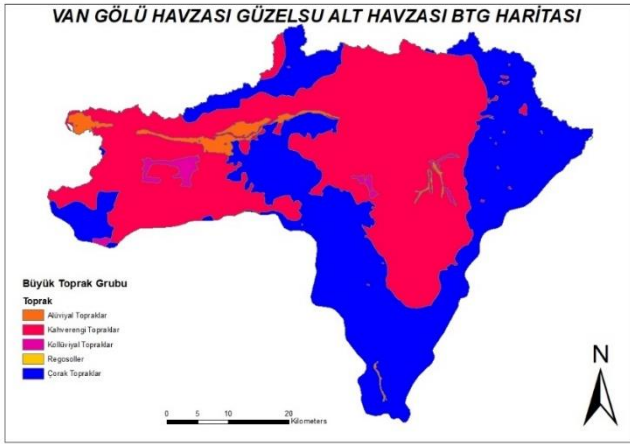
Şekil 3.b – Arazi Kullanım Haritası



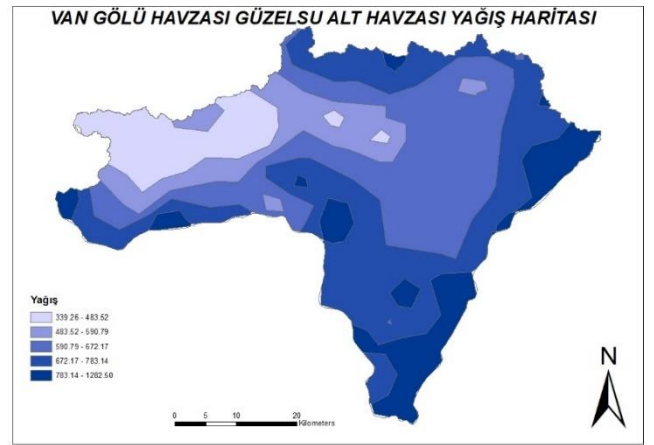
Şekil 3.c – Baki Haritası



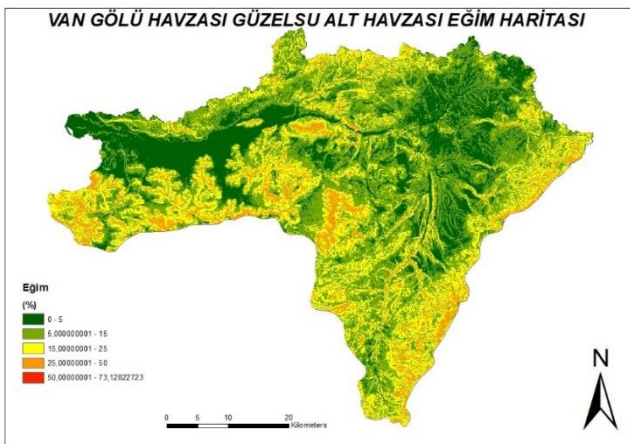
Şekil 3.f – Jeoloji Haritası



Şekil 3.d – Büyük Toprak Grubu Haritası



Şekil 3.g - Yağış Haritası



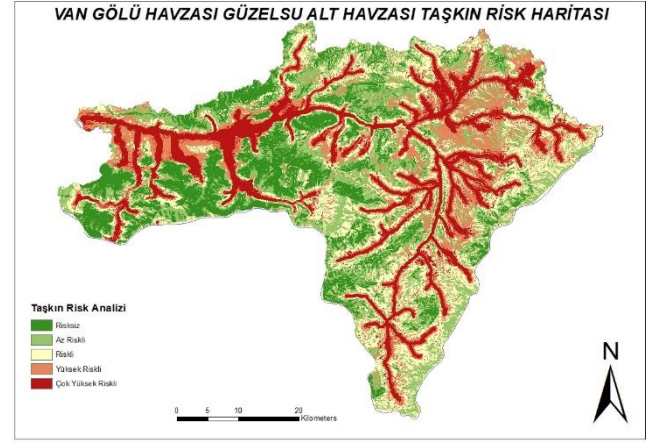
Şekil 3.e – Eğim Haritası

3.2- Taşkın Tehlike Analizi ve Haritalaması

Tablo 4 – Kriterlerin karşılaştırılması ve kriterlere ait ağırlık dereceleri

Kriterler	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	Ağırlık Derecesi
(1) Akarsulara Uzaklık	1	2	3	5	7	7	7	0.347
(2) Eğim	1/2	1	3	5	7	7	7	0.282
(3) Yağış	1/3	1/3	1	3	5	5	5	0.161
(4) Arazi Kullanımı	1/5	1/5	1/3	1	3	3	3	0.084
(5) Büyük Toprak Grubu	1/7	1/7	1/5	1/3	1	3	3	0.058
(6) Bakı	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1	2	0.038
(7) Jeoloji	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1/2	1	0.030
Tutarlılık Oranı (CR):								0.09

Bu çalışmada AHP analizine dayalı yapılan değerlendirme sonucunda; 7 adet kriter için CR değeri hesaplanmış ve sonuç 0.09 bulunmuştur. Bulunan bu CR değeri 0,1'den küçük olduğu için elde edilen sonuçların tutarlı olduğu kabul edilmiştir. Yapılan bu analiz sonucuna göre; akarsulara uzaklık ve eğim kriterleri taşkın risk haritalamasında en yüksek ağırlık değerine sahip kriterler iken; bakı ve jeoloji kriterleri ise en düşük ağırlık değerine sahip kriterler olduğu görülmüştür (Tablo 3). CBS-AHP tabanlı oluşturulmuş olan taşkın risk haritasının sonucunda ortaya çıkan risk kategorileri “çok yüksek riskli (% 5.49)”, “yüksek riskli (% 14.92)”, “riskli (% 26.74)”, “az riskli (% 36.69)” ve “risksiz (% 16.16)” şeklinde 5 farklı sınıf ile temsil edilmiştir. Güzelsu Alt Havzasının bir kısmı taşkın riski bakımından “çok yüksek riskli” sınıfında yer alırken bir kısmı da “yüksek riskli” sınıfında yer almıştır. Güzelsu Alt Havzasında eğimin ve yükseltinin çok düşük olması, jeolojik birim açısından alüvyal malzemelerin yoğun olması ve yıllık toplam yağış miktarının fazla olması bu durumun en büyük sebeplerindedir. İlerleyen zamanlarda bu bölgedeki yerleşim alanlarının ve tarım arazilerinin olası bir taşkın afetinde yüksek tehdit arz edebileceği göz ardı edilmemelidir.



Şekil 4 – Çalışma Alanına Ait Taşkın Risk Haritası

4- Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışma Van Gölü Havzasının Güzelsu Alt Havzasını kapsamaktadır. Güzelsu Alt Havzası sınırları içerisinde taşkını etkileyecek 7 adet faktör (eğim, arazi kullanımı, toprak, bakı, jeoloji, yağış ve akarsuya olan uzaklık) ele alınarak bölgede meydana gelecek olası bir taşkında, taşkına maruz kalacak riskli alanlar tespit edilmiştir. AHP yöntemiyle bu 7 kriter (jeoloji, akarsuya uzaklık, eğim, bakı, toprak, yağış, arazi kullanımı) değerlendirilerek ArcMap 10.8 yazılımında Weighted Sum (ağırlıklı toplam) aracıyla 7 adet harita karşılaştırılarak çalışma alanının taşkın risk haritası üretilmiştir. Üretilen taşkın risk haritasına göre, “Çok Yüksek Riskli” alanlar %6,6 , “Yüksek Riskli” alanlar %14,5 , “Riskli” alanlar %29,7 , “Az Riskli” alanlar %31,9 ve “Risksiz” alanlar %17,2 oranında yer kaplamaktadır.

Bu çalışmada kullanılan yöntem, çalışma alanı olan Güzelsu Alt Havzasında taşkın yönetimi için önerilebilecek bir yöntemdir. Taşkınların tahmin edilemeyen ve yıkıcı sonuçları nedeniyle olası bir taşkın afetinde zarar görebilecek alanların belirlenmesi, risklerin minimum seviyeye indirilmesi açısından oldukça önemlidir. Özellikle çok yüksek riskli, yüksek riskli ve riskli bölgelerin mikro düzeyde sahada da analizlerin yapılması gerekmektedir. Elde edilecek neticeler yardımıyla yapısal veya yapısal olmayan önlemlerle bu risklerin asgari seviyeye indirilmesi gerekmektedir. Bu bölgedeki yerleşim ve tarım alanları ile hayvancılık tesisleri gözden geçirilmeli, muhtemel bir taşkın esnasında erken uyarı sistemlerinin aktifliği ve devamlılığı sağlanmalı, meteoroloji radarlarından faydalanılmalı, taşkın tahliye haritaları ve toplanma alanları taşkın afetinde önce hazır ve belirli olmalıdır [39]. Çalışma bütün olarak ele alındığında; olası bir taşkında zarar görebilecek alanlarda yapılaşma ve kentsel gelişim kontrol altına alınarak bu alanlardaki alt yapı konularında ilgili mevzuat ve standartlar ölçüsünde

gereken iyileştirmeler yapılmalıdır. Böylelikle olası bir taşkında riskli alanların zarar görme ihtimali büyük ölçüde azaltılacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma aşamasında hiçbir kaynağı esirgemeyen DSİ 17.Bölge Müdürlüğüne ve danışmanım Doç. Dr. Recep Çelik'e teşekkürü borç bilirim.

Kaynakça

[1] Akman, M.U., Taşkın Koruma ve Kontrol Yapılarının Değerlendirilmesi, 2021

[2] Rudari, R. (2017). Flood hazard and risk assessment.

[3] Huang, X., Tan, H., Zhou, J., Yang, T., Benjamin, A., Wen, S.S., Li, S., Liu, S., Liu, A., Li, X., et al., 2008. Flood hazard in Hunan province of China: an economic loss analysis. *Nat Hazards*, 47, 6573.

[4] Veerbeek, W., Zevenbergen, C., 2009. Deconstructing urban flood damages: increasing the expressiveness of flood damage models combining a high level of detail with a broad attribute set. *Flood Risk Manag.*, 2, 4557

[5] Tehrany, M.S., Pradhan, B. & Jebur, M.N. (2013). Spatial prediction of flood susceptible areas using rule based decision tree (DT) and a novel ensemble bivariate and multivariate statistical models in GIS. *Journal of Hydrology*, 504, 69–79.

[6] Koç, C., Bayazıt, Y., Bakış, R., Yıldız, A. Karaelmalar Deresi Taşkın Koruma Yapısının Yapılma Amacının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Ortaya Konulması, 2015

[7] Özdemir, H. Taşkınların Tahmini ve Risk Analizinde CBS-Uzal ve Hidrolik Modellemenin Entegrasyonu, 2008.

[8] Mahnamfar, F., Moradi Y. A. & Ağırlioğlu, N. (2020). Flood Risk Analysis of Residential Areas at Downstream of the Elmali Dam. *Academic Platform Journal of Natural Hazards and Disaster Management*, 1(1), 49-58.

[9] Kates, R. W., Travis, W. R., & Wilbanks, T. J. (2005). Transformational adaptation when incremental adaptations to climate change are insufficient. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(9), 7465-7466.

[10] Mysiak, J., & Di Mauro, M. (2003). Integrated evaluation of floodplain management plans through multicriteria analysis. *Environmental Management*, 31(6), 792-803.

[11] Jankowski, P., & Richard, L. (1994). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International Journal of Geographical Information Systems*, 8(3), 221-239.

[12] Belton, V., & Stewart, T. J. (2002). Multiple criteria decision analysis: An integrated approach. Springer Science & Business Media.

[13] Saaty, T., 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGrawHill, New York

[14] Keeney, R. L., & Raiffa, H. (1993). Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs. Cambridge University Press.

[15] Zhang, Q., Zhao, G., & Zhang, X. (2018). Flood risk assessment under climate change using a Bayesian network with a Gaussian copula. *Journal of Hydrology*, 558, 267-279.

[16] Sahu, M., & Patil, S. (2020). Application of GIS-based multicriteria decision analysis for flood hazard mapping: A review. *Environmental Monitoring and Assessment*, 192, 224.

[17] Toprak, A. Günek, H. 2015 "Taşkın Çalışmalarında Çok Kriterli Karar Verme Analizinin Ve Hidrolojik Modelin Karşılaştırılması: Derme (Battalgazi Malatya) Deresi Havzası Örneği" UJES 2015, IV. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu, SAMSUN.

[18] <https://urs.earthdata.nasa.gov>

[19] <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=VAN>

[20] Özcan, O., Musaoğlu, N., ve Şeker, D. Z. (2009). "Taşkın Alanlarının Cbs ve Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi ve Risk Yönetimi; Sakarya Havzası Örneği". 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara

[21] Tokgözlü, A., ve Özkan, E. (2018). "Taşkın risk haritalarında AHP yönteminin uygulanması: Aksu Çayı Havzası örneği". *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (44), 151-176.

[22] Kontos, T.D., Komilis, D.P. ve Halvadakis, C.P., 2005. Siting MSW landfills with a spatial multiple criteria analysis methodology. *Waste Management*, 25, 818– 832.

[23] Bhushan, N.& Rai, K. (2004). Strategic DecisionMaking: ApplyingtheAnalyticHierarchyProcess, London: SpringerPress.

- [24] Hafeez K., Malak N. ve Zhang Y. (2007), "Outsourcing Non-Core Assets and Competences of A Firm Using Analytic Hierarchy Process", *Computers and Operations Research*, 34(12): 3592-3608.
- [25] Donegan H.A., Dodd F.J. ve McMaster T.B.M. (1992), "A New Approach To AHP Decision Making", *The Statistician*, 41(3): 295-302.
- [26] Stain, W.E. ve Mizzi P.J. (2007), "The Harmonic Consistency Index For The Analytic Hierarchy Process", *European Journal of Operational Research*, 177(1): 488-497.
- [27] Zhou Y.-D. ve Shi M.-L. (2009), "Rail Transit Project Risk Evaluation Based on AHP Model", *Second International Conference on Information and Computing Science*, 3: 236-238.
- [28] Saaty T.L. ve Ozdemir, S.M. (2003), "Why The Magic Number Seven Plus or Minus Two", *Mathematical and Computer Modelling*, 38(3-4): 233-244.
- [29] Güngör İ. ve İşler D. B. (2005), "Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Otomobil Seçimi", *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2): 21-33.
- [30] Karagiannidis A., Papageorgiou A., Perkoulidis G., Sanida G. ve Samaras P. (2010), "A Multi-Criteria Assessment of Scenarios On Thermal Processing of Infectious Hospital Wastes: A Case Study For Central Macedonia", *Waste Management*, 30(2): 251-262.
- [31] Wang H.S., Che Z.H. ve Wu C. (2010), "Using Analytic Hierarchy Process and Particle Swarm Optimization Algorithm For Evaluating Product Plans", *Expert Systems with Applications*, 37(2): 1023-1034.
- [32] Hagos Y.G., Andualem T. G., Yibeltal M., Mengie M. A., 2022. Flood Hazard Assessment and Mapping Using GIS Integrated with Multi-Criteria Decision Analysis in Upper Awash River Basin, Ethiopia. *Applied Water Science* 12 (7), 148.
- [33] Dash, P., and Sar, J. (2020). "Identification And Validation of Potential Flood Hazard Area Using GIS-Based Multi-Criteria Analysis And Satellite Data-Derived Water Index". *Journal of Flood Risk Management*, 13(3), E12620.
- [34] Binici, F. & Aksoy, T. (2022). Şehirleşmenin Taşkın Üzerindeki Etkisi. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies (AIST)*, 5 (1): 64-76.
- [35] Dutta, M., Saha, S., Saikh, N.I., Sarkar, D., Mondal, P., 2023. Application of Bivariate Approaches for Flood Susceptibility Mapping: A District Level Study in Eastern India. *HydroResearch*, 6, 108-121.
- [36] Özşahin, E., ve Kaymaz, Ç. (2015). "Cbs Ve Ahs Kullanılarak Doğal Çevre Bileşenleri Açısından Kentsel Mekânın Yerleşime Uygunluk Analizine Bir Örnek: Antakya (Hatay)". *Doğu Coğrafya Dergisi*, 20(33), 111-134.
- [37] Sütüncü, H.S. , Yavuz, V.S. 2022 "Taşkın Risk Alanlarının Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Mikro-Havza Ölçeğinde Değerlendirilmesi"
- [38] Bitek, D. 2023 "Edirne Oğulpaşa Deresi Havzasının Coğrafi Bilgi Sistemleri Yöntemleri Taşkın Risk Analizi"
- [39] Yurteri, C., (2024). Coğrafi Bilgi Sistemleri (Cbs) Ortamında Analitik Hiyerarşi Yöntemi (Ahy) Yöntemi Kullanılarak Taşkın Risk Analizi: Karabük İli Örneği, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 12(2), 298-318.