Analitik Hiyerarşi Süreci Kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Sel ve Taşkın Alanlarının Belirlenmesi: Çanakkale-Karamenderes Havzası Örneği

Ayça Ertan¹, Emre Özelkan^{1,2*}, Muhittin Karaman³

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye, ayca.ertan@outlook.com

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, 17020, Çanakkale, Türkiye, emreozelkan@comu.edu.tr

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Maden Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34469 İstanbul, Türkiye, mkaraman@itu.edu.tr

Özet

Meteorolojik kökenli bir doğal afet olan sel ve taşkınla tam olarak hazırlıklı olmak, klasik mücadele yöntemlerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile oluşturulacak duyarlılık haritalarına göre uygulanması ile mümkün olabilir. Bu çalışmada Çanakkale İl sınırları içerisinde bulunan Karamenderes Havzasının sel ve taşkın analizi CBS ortamında gerçekleştirilmiştir. Sel ve taşkın risk alanların belirlenmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden (ÇKKVY) Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılmıştır. AHS içerisinde veri seti olarak litoloji, yağış, eğim, bakı, yükseklik, akarsu ağına uzaklık, arazi kullanımı ve örtüsü (AKÖ) kullanılmıştır. Çalışma alanının ayrıntılı AKÖ haritası Sentinel 2-A uydu görüntülerinin destek vektör makinaları (DVM) denetimli sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılması ile oluşturulmuştur. AHS’de kullanılan veri setlerinin sel ve taşkın olayına etki dereceleri AHS yönteminin bir parçası olan ikili karşılaştırma ile belirlenmiştir. CBS ortamına aktarılan verilere AHS uygulanarak sel ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Geçmiş dönemlerde olan sel ve taşkın olayları doğrulama amaçlı kullanılmıştır ve CBS ortamında AHS kullanılarak bu çalışmada üretilen risk haritaları afet yönetimi sürecinin hazırlıklı olma safhasında kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Sel ve Taşkın, CBS, AHS, Risk Haritası.

Determination of Flood Areas in Geographic Information Systems Platform Using Analytical Hierarchy Process: A case study in Çanakkale - Karamenderes Basin

Abstract

Being fully prepared for flood and overflow, which is a natural disaster of meteorological origin, can only be possible by applying classical struggle methods according to the sensitivity maps to be created using Geographic Information Systems (GIS). In this study, flood and overflow susceptibility maps of Kara Menderes Basin, located within the borders of Çanakkale Province, were created in GIS environment. The Analytical Hierarchy Process (AHP), one of the multi-criteria decision-making methods (MCDM), was used to determine the flood and flood risk areas. In the AHP, lithology, precipitation, slope, aspect, elevation, distance to the river network, land use and cover (LULC) were used. The detailed LULC map of the study area was created by classification of Sentinel 2-A satellite images by support vector machines (SVM) supervised classification method. The degree of impact of the datasets used in the AHP on the flood event was determined by pairwise comparison that is the part of AHP method. Flood and overflow risk maps were created by applying AHP to the data set transferred to the GIS environment. Flood and overflow events in the previous periods were used for verification purposes and the risk maps produced in this study using AHP in the GIS environment can be used in the preparedness phase of the disaster management process.

Keywords: Flood and overflow, GIS, AHP, Risk Map.

1. Giriş

Sel ve taşkınlar, küresel ısınma ve iklim değişikliği neticesinde daha sık yaşanan ve çok ciddi hasarlar veren meteorolojik kökenli bir doğal afettir (Tiryaki ve Karaca, 2018). Kentleşme gibi nedenlerle bitki örtüsünün tahribatı ve toprak kaybı, doğal yapı yerine beton ve asfalt gibi geçirimsiz yüzeylerin alması, atıkların yağmur suyu tahliye sistemlerini tıkaması ve akarsuların doğal akışına müdahaleler sel ve

taşkınların şiddetini artıran beşeri etkenlerdendir (Kadioğlu, 2008; Özdemir, 2008; Demirel 2018). Sel ve taşkınlara karşı geliştirilen klasik mücadele yöntemleri arasında; risk taşıyan bölgelerin önceden belirlenmesi ve bu alanlara taşkın önleme ve kontrol yapılarının yapılması, gerekli alanlarda alt üst sel geçitlerin yapılması, dere yataklarından kontrolsüz aşırı malzeme alımlarının önlenmesi, akarsu yataklarının doğal dengesinin korunması, yerleşim yerlerindeki yağmur suyu tahliye sistemlerinin temizliğinin düzenli yapılması, dere

* İlgili yazar: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doğal Afetlerin Risk Yönetimi Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye, emreozelkan@comu.edu.tr

yataklarının ıslah edilmesi vb. bulunmaktadır (Uşkay ve Aksu, 2002). Klasik mücadele yöntemlerinin doğru uygulanabilmesi için ilk ve en önemli adım taşkın risk haritalarının hazırlanmasıdır (Yılmaz ve ark., 2017). Taşkın risk haritalarının hazırlanmasında CBS tabanlı modeller ve mekânsal analizler günümüzde en çok tercih edilen yöntemlerdendir.

CBS, coğrafi verilerin bilgisayar ortamında depolanması, işlenmesi, analiz edilmesi, güncellenmesi ve görüntülenmesini sağlayan işlemleri içermektedir (Albut, 2012; Chang, 2017). CBS afet yönetiminde afet öncesi hazırlık ve sonrasında yapılacak olan müdahale, iyileştirme ve zarar azaltma çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır (Arca, 2012; Gigovic vd., 2017). Geniş alanları tek seferde görüntüleme kabiliyeti olan uzaktan algılama (UA) ise afet sonrası arazi örtüsü değişimlerinin belirlenmesi, zamansal değişim analizi, hasar tespiti gibi çalışmalarda kullanılmaktadır (Chan, 1997; Yomralıoğlu, 2000; Genç vd., 2008a; Genç vd., 2008b, Arca, 2012; İnalpulat vd., 2018). UA afet yönetiminde, afetin etkili olabileceği veya olduğu bölgenin fiziki durumu hakkında hızlı ve en güncel verilerin elde edilmesini sağlaması bakımından son derece önemlidir (Batur ve Maktav, 2012). CBS'nin etkin kullanımında en önemli unsur veridir, bu bağlamda uzaktan algılamamanın gelişmiş bir veri toplama aracı olması nedeni ile CBS ile birlikte kullanımı tercih edilmektedir (Maliene, Grigonis, Palevicius, Griffiths, 2011).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKVY) bir konu hakkında karar verme sürecini etkileyen parametreler arasında seçim, derecelendirme, sınıflandırma gibi uygulamalarda kullanılmaktadır (Uludağ ve Doğan., 2016). ÇKKVY bulanık mantık temelli ya da klasik olmak üzere iki temel sınıfta ele alınabilir (Uludağ ve Doğan., 2016). Uygulama alanına göre değişiklik göstermekle birlikte en sık kullanılan ÇKKVY; AHP (Analytical hierarchy process), ANP (Analytical Network Process), MAUT (Multi attribute utility theory), PROMETHEE (The preference ranking organization method for enrichment evaluation), ELECTRE (ELimination and Choice Expressing REality Enrichment), TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal) olarak sıralanabilir (Ishizaka ve Nemery, 2013; Yıldırım ve Önder, 2014; Uludağ ve Doğan, 2016). Matematiksel işlemler ve anlaşılabilirlik açısından diğer yöntemlere kıyasla daha kolay olan AHS, bir problemi ana hedef ve birden fazla kriter ile hiyerarşik bir sistem içerisinde çözümleyen modelleme yöntemidir (Malczewski, 1999; Tokgözlü, Özkan, 2018). Ayrıca AHS ile elde edilen ağırlık değerleri CBS’de kolaylıkla uygulanabilmektedir. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde CBS’de gerçekleştirilen sel ve taşkın risk alanlarının belirlenmesi çalışmalarında en çok tercih edilen parametreler litoloji (El- Magd vd, 2020; Hammami vd, 2019), yağış (Kabenge vd., 2017; Zelenakova vd.,2018;), eğim (El Magd vd., 2020; Ogato vd., 2020), bakı (Mind’je vd., 2019; Tiryaki ve Karaca, 2018), yükseklik (Tanrıverdi, 2019; Selçuk vd., 2016), akarsu ağına uzaklık (Hoque vd., 2019; Romdani vd., 2018), arazi kullanımı ve örtüsü (AKÖ) (Msabi ve Makonya, 2021; Hammami vd., 2019) olarak sıralanabilir.

Bu çalışmanın amacı, Çanakkale ili sınırlarında bulunan Karamenderes havzası için CBS tabanlı sel ve taşkın risk haritalarının oluşturulmasıdır. Bu bağlamda sel ve taşkın alanlarının belirlenmesinde ÇKKVY'den AHS kullanılmıştır. Çalışmada sel ve taşkın risk alanlarının belirlenmesi için kullanılan parametreler litoloji, yağış, eğim, bakı, yükseklik, akarsu ağına uzaklık, AKÖ olarak seçilmiştir. Seçilen veri

setindeki her bir faktörün etki derecesi AHS’de ikili karşılaştırma ile belirlenmiştir. CBS ortamında parametreler çakıştırılarak sel ve taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Çalışmada oluşturulan risk haritalarının doğrulaması geçmiş dönemde yaşanan taşkınlarla yapılmıştır. Son olarak sel ve taşkınlara dair tespitler ve öneriler sunulmuştur.

2. Çalışma Alanı, Veri ve Yöntem

Çalışma alanı Çanakkale ili Karamenderes Havzası olup 26°11'39.68" - 26°35'06.43" doğu meridyenleri ve 40°00'05.72" - 39°48'26.44" kuzey paralelleri arasında yer almaktadır (Şekil 1). Çanakkale Merkez ilçenin güneybatı kısımlarını, Bayramiç ve Ezine ilçelerinin büyük bir bölümünü ve Ayvacık ilçesinin kuzey kısımlarını kapsayan Karamenderes Havzası 1991 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Havza güneydoğusunda yüksek ve eğimli alanlar içermektedir ve genel anlamda az eğimli ve çok yüksek olmayan bir araziye sahiptir (Karaman vd., 2018). Havzanın %39,8'lik kısmı tarım alanlarından oluşmaktadır (Çetinkaya ve Sümer, 2013; Akbulak vd., 2010). Havza içerisinde yer alan baraj ve göletler sırasıyla; Bayramiç Barajı, Akçin, Arasanlı, Örenli, Şapköy, Yeniköy ve Yassıbağ göletleridir (DSİ, 2018).

Şekil 1. Çalışma alanı - Karamenderes Havzası.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü verilerine göre çalışma alanında en sıcak ay 23,6 °C ile Temmuz, en soğuk ay 5,2 °C ile Ocak iken yıllık ortalama sıcaklık 14 °C'dir. Havzada yıllık ortalama yağış miktarı 624,3 mm iken en yağışlı ay 118,2 mm ile Aralık, en az yağışlı ay 8,3 mm ile Ağustos'tur.

Çalışma alanında Karadeniz ikliminden Akdeniz iklimine bir geçiş iklimi olarak ifade edilen bölgesel Marmara İklimi yaşanmaktadır (Şensoy ve ark. 2008; Karaman ve ark. 2018). Karamenderes Havzası'nda farklı tarihlerde taşkın olayları

gözlenmiştir. Karamenderes Havzasında meydana gelen bazı taşkın olaylarının tarihleri ve meydana geldikleri dereler Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışmada havzada meydana gelen taşkınlarından Ocak 2016, Temmuz 2017 ve Şubat 2018 incelenmiştir.

2.2. Meteorolojik Veri ve Yağış Haritalarının Oluşturulması

Karamenderes Havzası'na ait günlük toplam yağış, aylık toplam yağış, aylık ortalama sıcaklık, günlük ortalama sıcaklık ve günlük maksimum rüzgâr yönü ve hızı verileri T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan 7 meteoroloji istasyonu (Bayramiç, Ezine, Ayvacık, Çanakkale, Bozcaada, Yenice, Çan) havzayı kapatacak şekilde seçilmiş olup konum bilgileri Tablo 2'de belirtilmiştir. Yağış dağılım analizi için mekânsal enterpolasyon yöntemlerinden deterministik bir yaklaşım olan radyal tabanlı fonksiyon (RBF) yöntemi kullanılmıştır. RBF için girdi verileri taşkın dönemlerine ait aylık toplam yağış verileri olup tarihleri sırasıyla Ocak 2016, Temmuz 2017 ve Şubat 2018'dir.

2.3. Topoğrafik Veri ve İşlenmesi

Harita Genel Komutanlığı (HGK)'ndan temin edilen 1/25000 ölçekli topoğrafik haritaların 10 m'de bir sayısallaştırılmış eşyükselti eğrilerinden üretilen 10 m mekânsal çözünürlüğe sahip verilerinden Karamenderes Havzasına ait sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir. SYM kullanılarak bölgenin topoğrafik özellikleri (eğim, baki, yükseklik) ve akarsuya uzaklık haritaları CBS ortamında oluşturulmuştur. Ayrıca Karamenderes Havzasının drenaj ağı, akış yönleri, akış birikimi, alt havza sınırlarının ve akarsu havza sınırının oluşturulmasında SYM kullanılmıştır. SYM'den drenaj ağının çıkarılmasında, SYM'deki hatalardan kaynaklı ani düden oluşumu gibi hatalara neden olabilecek noktalarının iyileştirilmesi amacıyla, SYM'deki rastgele boşluk hataları giderilmiştir. Boşluk hatalarının giderildiği SYM'den havza için raster tabanlı hücresel akış yönleri belirlenmiş, devamında akış yönlerinin girdi verisi olarak

kullanıldığı hücresel akış birikimi hesaplanmıştır. Havzadaki drenaj ağında ana ve alt akım kolları, hücresel akış birikim verilerinden türetilerek akış sıralaması uygulaması ile akış ağındaki tüm bağlantılara sayısal bir sıra atanmıştır. Akarsu ağı oluşturulduktan sonra akarsuların etrafında çoklu halka tampon analizi ile oluşturulan tampon bölgelerin, literatürdeki çalışmalarda farklılık gösterdiği görülmektedir (Tokgözlü ve Özkan, 2018; Franci ve ark, 2016; Hoque ve ark, 2019; Rahmati ve ark, 2015). Bu duruma çalışılan alanın parametreler iklim, hidrojeoloji, topografya ve AKÖ özelliklerine göre değişmektedir.

2.4. Jeolojik Veriler ve İşlenmesi

Karamenderes Havzası'nda yer alan litolojik birimlerin geçirimsizlik durumlarına göre hidrojeolojik özelliklerinin tanımlanmasında ve geçirimsizlik haritası oluşturulmasında kullanılmak üzere Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden (MTA) elde edilen 1/100.000 ölçekli vektör jeoloji haritasının I16, I17, H16 ve H17 paftaları kullanılmıştır.

2.5. Uzaktan Algılama Verisi ve Ön İşlemesi

Çalışmada; AKÖ haritasının oluşturulmasında 17 Nisan 2020 tarihli Sentinel-2A uydu görüntüsü kullanılmıştır. Avrupa Uzay Ajansı'ndan (ESA) temin edilen Sentinel-2A multi-spektral uydu görüntüleri 10, 20 ve 60 metre mekânsal çözünürlüğe sahip 13 farklı banttan oluşur (ESA, 2013). Sentinel-2A uydu görüntüsünün özellikleri Tablo 3'te verilmiştir. Sentinel 2-A seviye görüntüsünün, 20 m çözünürlüğe sahip kırmızı kenar ve Kısa dalga kızılötesi (SWIR) ve 60 m çözünürlüklü 3 atmosferik bandının mekânsal çözünürlüğünün 10 m'ye yükseltilmesi için füzyon yöntemi uygulanmıştır. Numerik yöntemlerden NNDiffuse (Nearest Neighbor Diffusion Based Pansharpening) pansharpening yöntemi görüntü füzyonunda uygulanmıştır. Sentinel-2A uydu görüntülerinin geometrik düzeltmeleri görüntü sağlayıcı olan ESA tarafından yapılmaktadır (Özelkan vd., 2018).

Tablo 1. Çanakkale Karamenderes Havzasında meydana gelen bazı taşkın olayları

Sel ve Taşkın Tarihi	Akarsu Adı	Erişim Adresi
10.02.2010	Atikhisar Barajı ve Bayramiç Barajı	www.canakkaleicinde.com/atikhisar-ve-bayramic-barajlari-tasti/
27.02.2010	Göveren Deresi	www.dunyabulteni.net/arsiv/canakkalede-sel-tasaknari-h106599.html
12.03.2012	Çamlık Deresi ve Kursak Çayı	www.comuhaber.com/2012/12/03/yagmur-yagdi-canakkalede-hayat-felc-oldu/
02.12.2012	Karamenderes Çayı	www.trthaber.com/haber/turkiye/canakkalede-sel-65510.html
19.01.2013	Tabaklar Deresi	www.halkinhabercisi.com/canakkaleyi-sel-ve-lodos-vurdu
08.08.2015	Karamenderes Çayı	www.mynet.com/bayramici-yaz-yagmuru-vurdu-3386870-myvideo
17.01.2016	Karamenderes Çayı	www.sondakika.com/haber/haber-kazdaglari-ndan-inen-sel-sulari-taskina-neden-oldu-8071738/
18.07.2017	Akçin Çayı	https://canakkalegundem.net/2017/07/18/canakkale-yagmura-teslim-oldu-2/
28.02.2018	Koçeli Köyü	www.yeniasir.com.tr/eg/canakkale/2018/02/28/ezinede-sel-felaketi
02.02.2021	Bayramiç	www.trthaber.com/haber/turkiye/canakkalede-saganak-bazi-ev-ve-is-yerlerini-su-basti-552775.html

Tablo 2. Kullanılan meteoroloji istasyonları ve konum bilgileri

İstasyon No	İstasyon Adı	Enlem	Boylam	Rakım (m)
18436-626	Bayramiç	39,8147	26,5906	92
17671-3481	Ezine	39,7739	26,3456	73
18435-3668	Ayvacic	39,6081	26,3958	431
17112	Çanakkale	40,141	26,3993	6
17111	Bozcaada	39,8326	26,0728	30
18085-3122	Yenice	39,9344	27,2661	252
18437-779	Çan	40,0161	27,0564	139

Tablo 3. Sentinel-2A uydu görüntüsünün özellikleri

Bantlar	Merkezi Dalga Boyu (nm)	Bant Genişliği (nm)	Mekânsal Çözünürlük (m)
Bant 1- Mavi- Aerosol tespiti	443	20	60
Bant 2 - Mavi	490	65	10
Bant 3 - Yeşil	560	35	10
Bant 4 - Kırmızı	665	30	10
Bant 5 - NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	705	15	20
Bant 6 - NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	740	15	20
Bant 7 - NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	783	20	20
Bant 8 - NIR	842	115	10
Bant 8A - NIR - Bitki Örtüsü Sınıflandırması	865	20	20
Bant 9 - NIR - SWIR - Su Buharı	945	20	60
Bant 10 - SWIR - Sirüs	1375	30	60
Bant 11 - SWIR - Kar/Buz/Bulut Ayrımı	1610	90	20
Bant 12 - SWIR - Kar/Buz/Bulut Ayrımı	2190	180	20

Ayrıntılı AKÖ, 17 Nisan 2020 tarihli Sentinel 2A uydu görüntüsü kullanılarak piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinden Destek Vektör Makinaları kontrollü sınıflandırma tekniği ile oluşturulmuştur. Çalışma alanı su, tarım alanı, orman, çayır-çimen, boş arazi, yapay alanlar ve toprak yol olmak üzere toplam 7 sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırma görüntüsünün doğruluğunda kullanılacak 210 adet yer kontrol noktası yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden rastgele oluşturulmuştur. AKÖ'ye ait sınıflandırmanın doğruluğu sırasıyla Kappa katsayısı ve genel doğruluk istatistiksel metrikleri ile değerlendirilmiştir. Sınıflandırmaya ait genel doğruluk %90, Kappa katsayısı 0,88'tir.

2.6. Yöntem

ÇKKV yöntemlerinden AHS ile CBS ortamında sel ve taşkın risk haritalarının oluşturulduğu bu çalışmadaki iş akışı diyagramı Şekil 2'de verilen aşağıdaki adımlar uygulanmıştır;

1. Uzaktan algılama verilerini düzenleme.
2. AKÖ haritasının oluşturulması.
3. AKÖ haritasının doğruluk analizlerinin yapılması.
4. SYM'den topografik özelliklerin çıkarılması.
5. Sym'den drenaj ağının çıkarılması ve tampon analizi.
6. Yağışın haritalarının oluşturulması.
7. AHS modelinin oluşturulması.
8. Sel ve Taşkın Haritalarının üretimi.
9. Doğruluk analizinin yapılması.

2.6.1. Kriterlerin Değerlendirilmesi

ÇKKVY ile Sel ve taşkın alanlarının belirlenmesi için (AHS) (Armascost ve Hosseini, 1994) veri seti bileşenleri; yağış, litoloji, eğim, bakı, yükseklik, akarsu ağına uzaklık, AKÖ seçilmiştir. Seçilen veri setlerinin etki dereceleri AHS'de ikili karşılaştırma ile belirlenmiş ve her faktör CBS ortamında sayısallaştırılmıştır. CBS ortamında

sayısallaştırılan değerler çakıştırılarak taşkın risk haritası ortaya çıkarılmıştır.

Bu çalışmada Karamenderes havzasına ait sel ve taşkın duyarlılık haritasının oluşturulmasında ele alınan parametrelerin ağırlıkları uzman görüşü kullanılmayıp geçmiş dönem sel ve taşkın olayları ve literatür araştırmaları sonucunda belirlenmiştir. AHS de ikili karşılaştırma ile belirlenen ağırlık değerleri her faktör için CBS ortamında öznitelik veri tabanına işlenmiştir.

Sel ve taşkınların meteorolojik kökenli doğal afetler olması sebebi ile meteorolojik parametreler sel ve taşkınların oluşumuna sebep olan doğal faktörlerin başında yer almaktadır (Özşahin, 2013; Hoque ve ark., 2019). İklim değişikliğiyle beraber mevsim geçişlerindeki ani basınç değişimleri, havanın büyük kütle hareketleri, sıcak soğuk havanın çarpıştığı durumlar, nemli havanın büyük değerlere ulaştığı durumlar yağış rejiminde düzensizliğe neden olur (Kabenge vd., 2017; Zelenakova vd.,2018; Hammami vd., 2019; Oğuz vd., 2016; Özkan ve Tarhan, 2012; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Toprak, 2015; Yahaya vd., 2010; Hu vd., 2017 Sel ve taşkınlarda diğer parametreler nispeten sabit olsa da yağış değişkendir. Çalışmada sel ve taşkınların gerçekleştiği ayların aylık toplam yağış verileri kullanılmıştır

Eğim, sel ve taşkın oluşumunda, su birikimi ve akışı bakımından önemli faktörlerin başında gelmektedir (Tanrıverdi, 2019). Su birikimi, düz ve düze yakın alanlarda daha yüksek olduğu için bu alanlar eğim faktörü içerisinde en yüksek riskli grup olarak sınıflandırılır (Ogato vd., 2020). Bu çalışmada eğim değerleri ve aralıkları literatür incelemeleri (El Magd vd., 2020; Ogato vd., 2020; Tanrıverdi, 2019; Tiryaki ve Karaca, 2018; Özşahin, 2013; Özkan ve Tarhan, 2012; Fernandez ve Lutz, 2010) dikkate alınarak belirlenmiştir. Eğim derecelendirme, çok düşük riskten çok yüksek riske kadar beş sınıfa ayrılmıştır ve oluşturulan eğim haritası 0-3, 3-10, 10-25, 25-50, >50 aralıklarını içermektedir.

Şekil 2. Çalışmada kullanılan veri, yöntem ve işlem basamakları.

Bakı, güneşten alınan ısı enerjisi miktarını etkilemesi sebebi ile buharlaşma, yoğunlaşma, tutulan veya kaybolan su miktarını etkiler (Tiryaki ve Karaca, 2018). Bunun yanı sıra güneşe bakan yamaçlarda evapotranspirasyon oranının fazla olması sebebiyle bitki örtüsü daha seyrek (Oğuz vd., 2016). Bu nedenle güneşe bakan kısımlarda yüzeysel akış daha fazladır. Ek olarak düz ve düze yakın olan yerler eriyen kar suları ve yağmur sularının birikmesi nedeniyle sel ve taşkın afeti bakımından daha riskli kabul edilmektedir (Dölek, 2015). Çalışmada bakı faktörü düz ve düze yakın alanlar, doğu-batı, kuzeyli bakılar ve güneyli bakılar olmak üzere 4 sınıfta incelenmiştir (Mind'je vd., 2019; Tiryaki ve Karaca, 2018; Yılmaz vd., 2017; Oğuz vd., 2016; Toprak, 2015; Dölek, 2013; Özşahin, 2013; Akar ve Maktav, 2008).

Yükseklik yağışların belli bir alanda toplanması üzerinde önemli etkiye sahip bir parametredir (Rahmati vd., 2015; Görcelioglu, 2003). Çalışma içerisinde yükseklik değerleri ve aralıkları literatür incelemeleri (Tanrıverdi, 2019; Selçuk vd., 2016; Rahmati vd., 2015; Ogato vd., 2020; Msabi ve Makonyo., 2021) dikkate alınarak 0-161, 161-319, 319-536, 536-899 ve 899-1767 metre olacak şekilde sınıflandırılmıştır.

Sel ve taşkınlardan etkilenecek alanların belirlenmesinde akarsulara uzaklık faktörü kritik rol oynamaktadır (Rahmati vd., 2016). Literatüre göre (Hoque vd., 2019; Romdani vd., 2018; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Kabange vd., 2017; Franci vd., 2016; Rahmati vd., 2016; Selçuk vd., 2016) sel ve taşkınlardan en fazla etkilenecek alanlar akarsulara yakın olan alanlardır. Çalışmada kullanılan akarsulara uzaklık haritası 250, 500, 1000, 1500 ve 2000 metre aralıklarını içermektedir. Bununla birlikte sınırlar yüksek basınçtan alçak basınca doğru hareket eder düşük basınç olan alanlara gelince akış hızı artar bu nedenle akarsu kollarının birleştiği yerlerde birden fazla kol aynı akımda birleştiği için sel ve taşkın riski artar (Dernek, 2012).

AKÖ, suyun yüzeysel akışı bakımından sel ve taşkın oluşumunu dolaylı olarak etkiler (Tanrıverdi, 2019). Bina ve asfaltlanmış alan gibi yapay alanlar suyun yer altına sızma kapasitesini önemli ölçüde etkileyeceği için sel ve taşkınlar bakımından bu alanlar daha riskli kabul edilmektedir (Hammami vd., 2019). Ormanlık alanlarda ağaçlar yapısal olarak toprakta kanallar açar ve yağışlar bu boşluklara nüfus

ederek akiferlerde birikir bunun sonucunda yağışların belli bir miktarı yeraltı suyuna karıştığı için akışa geçen su miktarı azalır bu durum sel ve taşkınlar açısından riski düşürür (Önsoy, 2008). Tarım bitkileri ise kökleri toprağın üst tabakasında ve zayıf olduğu için sel ve taşkınlar açısından daha risklidir kaynak. Çalışmada AKÖ, su, tarım alanı, orman, çayır-çimen, boş arazi, yapay alanlar ve toprak yol olmak üzere toplam 7 sınıfta incelenmiştir (Msabi ve Makonyo, 2021; Hammami vd., 2019; Lintang ve Pandianga, 2019; Tanrıverdi, 2019; Tokgözlü ve Özkan, 2018; Franci vd., 2016; Özşahin, 2013).

Litoloji yüzeysel akışı etkilemesi sebebi ile sel ve taşkınların oluşumunda dolaylı bir etkiye sahiptir (Selçuk vd., 2016). Çalışmada bölgeye ait jeolojik birimler, jeoloji raporları kullanılarak geçirimsizlik durumuna göre, geçirimsiz, yarı geçirimsiz, çok az geçirimsiz ve geçirimsiz olmak üzere 4 sınıfta incelenmiştir.

2.6.2. Analitik Hiyerarşi Süreci

Sel ve taşkın alanlarının belirlenmesi aşamasında kullanacağımız yöntem ÇKKVY'den biri olan 1968 yılında Myers ve Alpet tarafından ortaya konulan ve Saaty tarafından 1977 yılında karar verme problemleri için uygulanabilir hale getirilen Analitik Hiyerarşi Sürecidir (AHS) (Armast ve Hosseini, 1994). Bu modelleme yöntemi pratik kolaylığı, yorumlayıcı yaklaşımı ve kolay uygulaması ile birçok karar verme alanında uygulanabilir (Saaty, 1988; Tanrıverdi, 2019).

İlk aşamada değerlendirme kriterleri ve alternatifler belirlenir diğer bir deyişle karar noktaları ve karar noktalarını etkileyen faktörler belirlenir (Yaralıoğlu, 2001).

İkinci aşama olan karşılaştırmada, alt düzeydeki verilerin ilk veri ile ikili karşılaştırmasının yapılabilmesi için bir matris oluşturulur (Saaty, 2000). İkili karşılaştırmalar yapılırken, Tablo 4'de görülen ve Saaty tarafından önerilen ikili karşılaştırma ölçeği kullanılır. AHS'de çoklu ikili karşılaştırmalar, dokuz seviyeli standartlaştırılmış bir karşılaştırma ölçeğine dayanmaktadır (Saaty, 1997).

Üçüncü aşamada normalize edilmiş matris karar matrisindeki her bir sütun değerinin ayrı ayrı ilgili sütun toplamına bölünmesi ile elde edilir (Dağdeviren vd., 2004).

Dördüncü aşamada normalize edilmiş matristeki her bir satırın aritmetik ortalaması alınarak öncelik vektörü (w) elde edilir (Ustasüleyman ve Perçin, 2007).

Beşinci aşama olan tutarlılık testleri aşamasında amaç karar vericinin ikili karşılaştırma matrisini oluştururken tutarlı olup olmadığının belirlenmesidir (Ömürbek ve Şimşek, 2014). Hesaplama sonucu 0,10'dan küçük ise karşılaştırma matrisi tutarlıdır (Dağdeviren vd., 2004). Tutarlılık hesaplamaları için formül (1) uygulanır (Shi ve Zhou, 2009)

$$Uyum\ oranı(CR) = \frac{CI(uyum\ indeksi)}{RI(rastgele\ indeksi)} \quad (1)$$

RI değeri kriter sayısına göre değişmektedir ve değerleri Tablo 5'te gösterilmektedir (Karagiannidis vd., 2010). Son aşama olan sentez aşamasında ise tüme varım ile öncelikler belirlenir (Saat., 2000).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1 Kriter Katmanları

Çalışmanın bu bölümünde sel ve taşkın riskine neden olan parametrelerinden litoloji, akarsuya mesafe, AKÖ, eğim, yükseklik ve bakının tematik haritaları Şekil 3'te gösterilmiştir. Ayrıca incelenen taşkın dönemlerine ait yağış dağılım haritaları Şekil 4'te verilmiştir.

Litolojik birimlerin geçirimsizlik durumuna göre CBS ortamında hazırlanan haritada çalışma alanının, %34,88'i çok az geçirimsiz, %32,78'i yarı geçirimsiz %22,94'ü geçirimsiz ve %9,4'ü geçirimsizdir. Oransal dağılımı verilen sınıfların Tablo 6'da havzadaki alansal dağılımı verilmiştir.

Akarsuya mesafe ve buna bağlı risk sınıflaması bölgenin iklim, hidrojeoloji, topografya ve AKÖ özellikleri ve geçmişteki sel ve taşkınlar olaylar dikkate alınarak 250, 500, 1000, 1500, 2000 m olarak sınıflandırılmıştır.

AKÖ haritasına göre çalışma sahasının en geniş alanı %44,59 ile ormanlık alanlardır. AKÖ'nün ikinci grubu %21,50 ile çayır çimen alanlarıdır. Üçüncü ve taşkın riski açısından en yüksek riske sahip arazi sınıfı %20,68 ile tarım arazileridir. Çalışma alanının %9,61'i boş arazidir. Çalışma alanının geriye kalan sınıfları sırasıyla, yapay alanlar %2,64 su %0,49 ve toprak alanlar %0,49'dur. Oransal dağılımı verilen sınıfların Tablo 7'de havzadaki alansal dağılımı verilmiştir.

Topografik özellikler (eğim, bakı, yükseklik) SYM kullanılarak CBS ortamında bir dizi işlem ile çıkarılmıştır. Çalışma sahasında 0-3° eğimli alanlar %19,62 (39183,65 ha), 3,1-10° eğimli alanlar %34,43 (68750,61 ha), 10,1-20° eğimli alanlar %29,10 (58116,33 ha), 20,1-30° eğimli alanlar %13,10 (26160,47 ha) ve 30,1-57,6° eğimli alanlar %3,74'lük (7478,11 ha) alansal dağılım göstermektedir.

Tablo 4. AHS hiyerarşi tablosu (Saatly., T.L., 1977; Tokgözlü., Özkan., 2018)

Önem değerleri	Değer tanımları
1	İki faktörün eşit öneme sahip olması durumu
3	1. Faktörün 2. Faktörden daha önemli olması durumu
5	1. Faktörün 2. Faktörden çok önemli olması durumu
7	1. Faktörün 2. Faktörden çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. Faktöre göre mutlak üstün olması durumu
2,4,6,8	Ara değerler

Tablo 5. RI değerleri (Ömürbek ve Şimşek, 2014)

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	1.53	1.56	1.57	1.59

Tablo 6. Litolojik birimlerin geçirimsizlik durumuna göre havzadaki alansal dağılımı.

Litolojik birimlerin geçirimsizlik durumu	Havzadaki alansal dağılım (ha)
Geçirimsiz	45909,60
Geçirimsiz	18806,84
Yarı geçirimsiz	65596,83
Çok az geçirimsiz	69793,18

Tablo 7. AKÖ sınıflarının havzadaki alansal dağılımı.

AKÖ sınıfları	AKÖ sınıfları havzadaki alansal dağılımı
Orman	89296,52
Çayır çimen	43055,67
Tarım alanları	41402,44
Boş arazi	19236
Yapay alanlar	5291,02
Su	988,27
Toprak alanlar	981,69

Tablo 8. Taşkın dönemi aylık toplam yağış verileri

İstasyon No ve Adı:	18436/62 Bayramiç	18437/779 Çan	18435/3668 Ayvacık	17112 Çanakkale	17111 Bozcaada	17671/3481 Ezine	18085/3122 Yenice
Ocak 2016	97,4 mm	108 mm	123,5 mm	110,2 mm	64,2 mm	73,4 mm	140,3 mm
Temmuz 2017	207,7 mm	46,9 mm	59,6 mm	17,2 mm	17,2 mm	106,2 mm	38,1 mm
Şubat 2018	122,3 mm	118,3 mm	160,3 mm	133,5 mm	31,8 mm	132 mm	102,8 mm

Çalışmada 0-161 m yükseklikteki alanlar %33,82, 161-319 m %31,88, 319-536 m %23,73, 536-899 m %7,34 ve 899-1746 m %3,23 oransal dağılım göstermektedir. Buna göre çalışma sahasının en risksiz sınıfı (899-1746 m) 6450,791 ha, en riskli sınıfı (0-161) 67547,6 ha alan kaplamaktadır. Havzanın batı ve kuzeybatısı yükselti bakımından doğu bölgesine göre daha düşük yüksekliğe sahip olduğu için bu bölgelerin sel ve taşkın riski bakımından daha risksiz olduğu görülmektedir.

Yağış dağılım haritalarının oluşturulmasında kullanılan meteoroloji istasyonlarında ölçülen yağış verilerinden elde edilen aylık toplam yağışlar Tablo 8'de belirtilmiştir. Ocak 2016 yağış dağılım haritasına (Şekil 4 (a.)) göre havzanın güney ve güneydoğusunda yağış yoğunluğu fazladır. Temmuz 2017 yağış dağılım haritasına (Şekil 4 (b)) göre havza sınırlarında bulunan Bayramiç ilçesi çevresinde yağış yoğunluğu fazladır.

3.2 Analitik Hiyerarşi Süreci'nin Coğrafi Bilgi Sistemlerine Entegrasyonu

Çalışmada veri seti içerisinde her elemana ait ağırlık değerleri geçmiş sel ve taşkınların incelenmesi ve literatür taraması sonucunda belirlenmiştir. Kriter katmanlarının ağırlık değerleri Tablo 9'da verilmiştir. AHS' de yapılan son işlem tutarlılık işlemi olup verilen değerlerin tutarlılığı 0,061'dir. Saaty (1980)'e göre hesaplama sonucu 0,10'dan küçük ise karşılaştırma matrisi tutarlıdır. Bu sonuç çalışmada kullanılan parametrelerin ağırlık değerlerinin tutarlı olduğunu göstermektedir.

3.3 Sel ve Taşkın Risk Analizi

Elde edilen verilere göre; Ocak 2016 taşkın döneminde (Şekil 5 (a)) Karamenderes Havzasının %30,37'si (60209,89 ha) az riskli, %28,88'i (57244,99 ha) riskli, %24,03'ü (47643,3 ha) risksiz, %11,04'ü (21892,9 ha) yüksek riskli ve %5,67'si (11248,1 ha) çok yüksek riskli bulunmuştur. Meydana gelen taşkında yerel medyadan edilen bilgiye göre, havzanın Güneydoğusunda bulunan Evciler karayolu, Serhat Köyü ve Yassıbağ Köyü arasındaki yol sular altında kalmıştır.

Temmuz 2017 taşkın döneminde (Şekil 5 (b)) Karamenderes havzasının %39,11'i (77520,41 ha) az riskli, %27,06'sı (53633,65 ha) riskli, %21,76'sı (43141,77 ha) risksiz, %9,67 (19178,58 ha) yüksek riskli ve %2,40'ı (4755,258 ha) çok yüksek riskli bulunmuştur. Yerel medyaya göre, Bayramiç'te meydana gelen yağışlar ilçede sele neden olmuştur.

Şubat 2018 taşkın döneminde (Şekil 5 (c)) Karamenderes Havzasının %33,3'ü (66075,04 ha) risksiz, %31,21'i (61865,59 ha) az riskli, %20,60'ı (40845,07 ha) riskli, %11,63'ü (23059,57 ha) yüksek riskli ve %3,22'si (6384,171 ha) çok yüksek riskli bulunmuştur.

Çalışma sonucunda CBS ortamında üretilen, Çanakkale Karamenderes Havzasının Ocak 2016, Temmuz 2017 ve Şubat 2018 taşkın dönemi risk haritalarının, yerel basına göre taşkın sonucunda sular altında kalan alanlar ile örtüştüğü görülmektedir. Risk haritalarında alansal değişimde baskın olan faktörün yağış olduğu görülmektedir.

Şekil 3. Sınıflandırılmış kriter katmanları; geçirimsizlik (a), akarsuya mesafe (b), AKÖ (c), eğim (d), yükseklik (e), bakı (f)

Tablo 9. Kriter katmanlarının ağırlık değerleri

	Yağış	Eğim	AKÖ	Yükseklik	Baki	Derelere uzaklık	Litoloji
Yağış	1	3	5	4	7	2	6
Eğim	1/3	1	4	2	5	1/4	4
AKÖ	1/5	1/4	1	1/3	4	1/5	2
Yükseklik	1/4	1/2	3	1	4	1/5	2
Baki	1/7	1/5	1/4	1/4	1	1/7	1/3
Akarsulara uzaklık	1/2	4	5	5	7	1	6
Litoloji	1/6	1/4	1/2	1/2	3	1/6	1

Şekil 4. Ocak 2016 (a), Temmuz 2017 (b) ve Şubat 2018 (c) taşkın dönemlerine ait alansal yağış dağılımı

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada Çanakkale Karamenderes Havzasında meydana gelen taşkınlara ait risk haritaları AHS yöntemi ile CBS ortamında oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, beklenildiği gibi ormanlık alanlar sel ve taşkın riski açısından düşük duyarlılığa sahipken tarım alanları ve yapay alanlar riskli bulunmuştur. İncelenen geçmiş taşkınlarda akarsuların yön değiştirdiği ve akarsu kollarının birleştiği noktaların sel ve taşkın duyarlılığının yüksek olduğu görülmektedir. Yağış rejimindeki değişiklikler sel ve taşkın oluşumunda en belirleyici parametredir. CBS tabanlı sel ve taşkın haritaları geçmiş vakalar dikkate alındığında tutarlıdır. Meteorolojik kökenli doğal afetlerden biri olan sel ve taşkınlar küresel iklim değişikliği, plansız kentleşme ve yetersiz altyapı sebebiyle artış göstermektedir. Bu bağlamda çalışmada oluşturulan sel ve taşkın risk haritalarının afet ve risk yönetimi ve doğal kaynak yönetimi gibi alanlarda yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Şekil 5. Ocak 2016 taşkın risk haritası (a), Temmuz 2017 taşkın risk haritası (b), Şubat 2018 taşkın risk haritası (c)

Teşekkür

Yazarlar Uydu görüntülerinin ve meteorolojik verilerin ve jeolojik verilerin paylaşımından dolayı sırasıyla Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA), T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ve Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'ne teşekkür eder. Bu çalışma Ayça ERTAN'ın Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doğal Afetlerin Risk Yönetimi anabilim dalında yürütülen yüksek lisans tezi kapsamındadır. Bu çalışma Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince Desteklenmiştir. Proje Numarası: 3253.

Kaynaklar

AGI. (1991). GIS Dictionary. Ver. 1.1, Association for Geographical Information Standards Committee Publication, UK.

- Akbulak, C. (2010). Analitik hiyerarşi süreci ve coğrafi bilgi sistemleri ile Yukarı Kara Menderes Havzası'nın arazi kullanımı uygunluk analizi. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 7(2), 557-576.
- Arca D. (2012). Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 2 (2), 53-61.
- Armocost, R. L., & Hosseini, J. C. (1994). Identification of determinant attributes using the analytic hierarchy process. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 22(4), 383.
- Bağdatlı, M.C., Albut, S., 2012. Taşkın Kontrolü Çalışmalarında CBS'nin Kullanım Etkinliğinin Değerlendirilmesi: Tekirdağ Maymun Deresi Havzası Pilot Uygulaması. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu. 16-19 Ekim 2012. Zonguldak.
- Çetinkaya, O., Sümer A. (2013). Karamenderes Havzası Topraklarının Yarıyışlı Mikro Besin Elementlerinin (Fe, Cu, Zn ve Mn) Durumu, *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2013:1(1), 57-65.
- Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M. (2004). İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi Ve Uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2).
- Demirel, K. (2018). Sulama Sistemlerinin Altyapı Çalışmalarındaki Yeri ve Önemi. *Değişen ve Gelişen Lapseki Kentsel Altyapısı*, Sağlık A., Editör, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, ss.45-55.
- Dere, M. A. (2019). Sentinel-2A Uydu Görüntüleri ile Giresun İl Merkezi için Kısa Dönem Arazi Örtüsü Değişiminin Belirlenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2), 361-368.
- DSİ. (2018). İşletmedeki Tesisler, <http://bolge25.dsi.gov.tr/isletmedekitesisler>
- ESA. (2013). "SENTINEL-2 User Handbook". Paris.
- Genç, L., Demirel, K., Çamoğlu, G., Arıcı, İ., Turhan, H., Genç, H., Smith, S. (2008a). 9th International Conference on Precision Agricultural, Colarada, Amerika Birleşik Devletleri, 20 - 23 Temmuz 2008, ss.129.
- Genç, L., Turhan, H., Demirel, K., Çamoğlu, G., Aşar, B., İnalpulat, M. (2008b). *Ege Uni. Ziraat Fak. Derg.*, 45(1), 57-63.
- Görcelioglu, E. (2003). Sel ve çığ kontrolü. *İÜ Orman Fakültesi Yayınları*, (4415/473,384).
- İnalpulat, M., Genç, L., Demirel, K., Kızıl, Ü. (2018). 2nd International Congress on Architecture and Design, 11 - 12 Ekim 2018.
- Kabange, M., Elaru, J., Wang, H., Li, F., (2017). Characterizing flood hazard risk in data-scarce areas, using a remote sensing and GIS-based flood hazard index. *Nat Hazards*, 89:1369-1387
- Karaman, M., Özelkan, E., Taşdelen, S. (2018). Dar Nehirlerin Sentinel 2-A Uydu Görüntüleri ile Belirlenebilirliğinde Havza Hidrojeolojisinin Etkisi: Karamenderes (Çanakkale) Örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2): 140-155.
- Khaleghi, S., & Mahmoodi, M. (2017). Assessment of flood hazard zonation in a mountainous area based on GIS and analytical hierarchy process. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 12(1), 311-322.
- Korkanç, Y.S., Korkanç, M. (2006). Sel ve Taşkınların İnsan Hayatı Üzerindeki Etkileri. *ZKÜ Bartın Orman Fakültesi Dergisi* 8(9): 42-49.
- Kourgialas, N. N. ve Karatzas, G. P. (2011). Flood management and a GIS modelling method to assess flood-hazard areas—a case study. *Hydrological Sciences Journal—Journal des Sciences Hydrologiques*, 56(2), 212-225.
- Malczewski, J. (1999). *GIS and Multicriteria Decision Analysis*, John Wiley and Sons, New York.
- Maliene, V., Grigonis, V., Palevičius, V., Griffiths, S. (2011). Geographic information system: Old principles with new capabilities. *Urban Design International*. 16(1), 1-6. (2011). <https://doi.org/10.1057/udi.2010.25>
- Önsoy, H., 2008. Kentleşmede hidrolojinin önemi, 5. Dünya Su Forumu Bölgesel Hazırlık Süreci Türkiye Bölgesel Su Toplantıları: Sel, Taşkın ve Heyelan Konferansları Bildiriler Kitabı, s.38-42.
- Özelkan, E., Sağlık, A., Sümer, S. K., Bedir, M., Kelkit, A. (2018). Kentleşmenin Tarım Alanları Üzerine Etkisinin Uzaktan Algılama ile İncelenmesi-Çanakkale Örneği. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(1), 123-135.
- Rahmati, O., Zeinivand, H., Besharat, M. (2015). Flood Hazard Zoning In Yasooj Region, Iran, Using GIS And Multi-Criteria Decision Analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7 (3): 1000-1017.
- Saaty, T. L. (1997). That is not the analytic hierarchy process: what the AHS is and what it is not. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6(6), 324-335.
- Saaty, T. L. (2000). *Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process* (Vol. 6). RWS publications.
- Selçuk, L., Selçuk, A. S., Kasapoğlu, D. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirmesi *Van/Türkiye. Yerbilimleri Dergisi*, 37(1).
- Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, U., Balta, İ. (2008). *Türkiye İklimi*
- Shi, J. ve Zhou, S. (2009). Quality control and improvement for multistage systems: A survey. *Iie Transactions*. 41(9), 744-753.
- Tanrıverdi, M. (2019). Coğrafi Bilgi Sistemleri(Cbs) Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi İle Şanlıurfa İl Merkezi'nin Taşkın Alanlarının Belirlenmesi. *Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Yüksek Lisans Tezi)*, Şanlıurfa.
- Tokgözlü A., Özkan E. (2018). Taşkın Risk Haritalarında AHS Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği
- Ustasüleyman, T. ve Perçin, S. (2007). Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla Kuruluş Yeri Seçimi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3).
- Uşakay S., Aksu S. (2002). Ülkemizde Taşkınlar, Nedenleri, Zararları ve Alınması Gereken Önlemler, *TMH- Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı* 420-421-422
- Yalçın, M. (2012). Afet Yönetimi-Hazırlık Bileşeni İçin Konumsal Veri Altyapısı Tasarlanması, Sel ve Taşkın Duyarlı Alanlar: İstanbul Avrupa Yakası Örneği. *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Y. Lisans Tezi*, İstanbul.
- Yılmaz, İ., Öztürk, D., ve Kırbaş, U. (2017) . Çorum İli Taşkın Tehlikesinin Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi*, Samsun.