

T.C.
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AKARSU HAVZALARINI MODELLENMESİNDE CBS YAZILIMLARININ
KULLANILMASI**

FURKAN FIRAT

YÜKSEK LİSANS TEZİ
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ARALIK 2019

ONAY SAYFASI

Tezin Başlığı: Akarsu Havzalarını Modellenmesinde Cbs Yazılımlarının Kullanılması

Tezi Hazırlayan: Furkan FIRAT

Sınav Tarihi: 25.12.2009

Yukarıda adı geçen tez jürimizce değerlendirilerek İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Sınav Jüri Üyeleri: Doç. Dr. Nihat KAYA



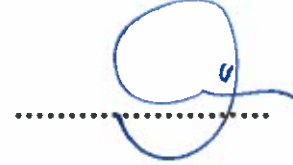
Fırat Üniversitesi

Prof. Dr. Mahmut FIRAT



İnönü Üniversitesi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN



İnönü Üniversitesi

Prof. Dr. Kazım TÜRK
Enstitü Müdürü

ONUR SÖZÜ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğun “**Akarsu Havzalarını Modellenmesinde Cbs Yazılımlarının Kullanılması**” başlıklı bu çalışmanın bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün kaynakların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

FURKAN FIRAT



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

AKARSU HAVZALARINI MODELLENMESİNDE CBS YAZILIMLARININ KULLANILMASI

Furkan FIRAT

İnönü Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

60 + vii sayfa

2019

Danışman: Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN

Taşkınlar, önemli can kayıplarına neden olabilen doğal afetlerden biridir. Taşkın alanlarındaki yerleşimlerin büyümesi, hatalı arazi kullanımı ve iklim değişikliği gibi nedenler taşkınların olumsuz etkilerinin artmasına sebep olmaktadır. Günümüzde, doğal afetlerin risk analizi ve taşkın alanlarının belirlenmesi Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) sayesinde daha kolay ve hassas bir biçimde yapılabilmektedir.

Bu tez çalışmasında, çalışma alanı olarak Tohma havzası seçilmiştir. Çalışmanın birinci aşamasında ArcGIS yazılımı kullanılarak Tohma havzasının bazı havza parametreleri (yağış, eğim, bakı, toprak, jeoloji, arazi kullanımı ve akarsuya uzaklık) belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında ise Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri (ÇKKV)'nden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile Bulanık Mantık Hiyerarşi Yöntemi (BAHP) yöntemleri kullanılarak taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Her iki yöntemde havza parametrelerinin ağırlık ortalamalarının ve havzanın taşkın risk haritalarının birbirine yakın olduğu görülmüştür. Ayrıca çalışma alanında, yüksekten alçağa doğru olmak üzere taşkın risk bölgeleri sınıflandırılmıştır.

ANAHTAR KELİMELER: Havza, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Bulanık Mantık Hiyerarşi Yöntemi (BAHP)

ABSTRACT

Master Thesis

USING GIS SOFTWARE FOR MODELING STREAM BASINS

Furkan FIRAT

Inonu University

Institute of Science and Technology

Department of Civil Engineering

60 + vii pages

2019

Supervisor: Assoc. Prof. Ö. Faruk DURSUN

Floods are one of the natural disasters that can cause significant loss of life. The growth of settlements in flood areas, faulty land use and climate change causes the negative effects of floods to increase. Today, the risk analysis of natural disasters and determination of flood areas can be made more easily and precisely thanks to Geographical Information Systems (GIS).

In this thesis, Tohma basin was chosen as the study area. In the first stage of the study, some basin parameters (precipitation, slope, view, soil, geology, land use and distance to rivers) of Tohma basin were determined using ArcGIS software. In the second stage of the study, Flood risk maps were created by using Analytical Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy Logic Hierarchy Method (BAHP) methods from Multi Criteria Decision Making Methods (MDMM). In both methods, it was observed that the mean weight of basin parameters and the flood risk maps of the basin were close to each other. In addition, flood risk zones were classified in the study area, from high to low.

KEYWORDS: Basin, Geographical Information Systems (GIS), Analytical Hierarchy Process (AHP), Fuzzy Logic Hierarchy Method (BAHP), MDMM

TEŞEKKÜR

Yıl boyunca verilen tüm destek ve tavsiyeler için hiçbir şekilde yardımını eksik etmeyen danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ö. Faruk DURSUN 'a;

Bu yüksek lisans tezini FYL-2019-1644 kod numaralı proje ile destekleyen İnönü Üniversitesi BAP birimine teşekkürlerimi borç bilirim.



İÇİNDEKİLER

	ÖZET.....	i
	ABSTRACT	ii
	TEŞEKKÜR.....	iii
	İÇİNDEKİLER.....	iv
	ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
	ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1.	GİRİŞ	1
2.	KAYNAK ÖZETLERİ	6
3.	MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1	Coğrafi Bilgi Sistemi.....	12
3.1.1	Coğrafi Bilgi Sistem Tarihçesi	13
3.1.2	CBS'nin Yararları	14
3.1.3	CBS Uygulama Alanları.....	14
3.2	ArcGIS Yazılımı	16
3.2.1	ArcGIS Desktop	16
3.2.2	ArcCatalog	17
3.2.3	ArcMap.....	17
3.2.4	ArcToolbox	17
3.3	Çok Kriterli Karar Verme Analizi.....	18
3.3.1	Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....	20
3.3.1.1	AHP'nin Kullanıldığı Alanlar	22
3.3.1.2	AHP Uygulama Yöntemi	23
3.3.2	Bulanık Mantık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (BAHP)	26
3.3.2.1	BAHP İşlem Adımları.....	28
4.	ARAŞTIRMA BULGULARI	30
4.1	Çalışma Alanı.....	30
4.2	Taşkın analizi	32
4.2.1	Taşkına Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi	32
4.2.1.1	Yağış.....	32
4.2.1.2	Eğim	34
4.2.1.3	Arazi Kullanımı.....	35
4.2.1.4	Toprak	37
4.2.1.5	Jeoloji	38
4.2.1.6	Bakı	39
4.2.1.7	Akarsuya Uzaklık	41

4.2.2	AHP ile Taşkın Risk Analizi.....	42
4.2.3	BAHP ile Taşkın Risk Analizi	46
5.	SONUÇLAR	51
6.	KAYNAKÇA.....	52
	ÖZGEÇMİŞ	60



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	1975-2015 Taşkın Olayları ve Etkileri (Oğraş, 2018).....	4
Şekil 4.1	Çalışma alanı	31
Şekil 4.2	Fiziki Harita.....	31
Şekil 4.3	Çalışma Alanına Ait Yağış Haritası	33
Şekil 4.4	Çalışma Alanının Eğim Haritası.....	35
Şekil 4.5	Çalışma Alanının Arazi Kullanım Haritası	36
Şekil 4.6	Çalışma Alanının Toprak Haritası.....	38
Şekil 4.7	Çalışma Alanının Jeoloji Haritası.....	39
Şekil 4.8	Çalışma Alanının Bakı Haritası.....	40
Şekil 4.9	Çalışma Alanının Akarsuya Uzaklık Haritası	41
Şekil 4.10	Bpmsg.com Üzerinden Değer Atama İşlemleri.....	43
Şekil 4.11	AHP-Taşkın Risk Haritası.....	44
Şekil 4.12	Taşkın Risk Haritasının Google Earth Üzerinde Görünümü.....	45
Şekil 4.13	BAHP Taşkın Risk Haritası.....	48
Şekil 4.14	AHP ve BAHP Yöntemleri ile Hazırlanan Taşkın Haritaları.....	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1	AHP Hiyerarşi Tablosu (Saaty, 1977)	23
Çizelge 3.2	Bulanık Mantık Yönteminde Kullanılan Önem Katsayıları	27
Çizelge 4.1	Yağış Değer Atama Tablosu	33
Çizelge 4.2	Eğim Değer Atama Tablosu	34
Çizelge 4.3	Arazi Kullanımı Değer Atama Tablosu	36
Çizelge 4.4	Toprak Değer Atama Tablosu	37
Çizelge 4.5	Jeoloji Değer Atama Tablosu	39
Çizelge 4.6	Bakı Değer Atama Tablosu	40
Çizelge 4.7	Akarsuya Uzaklık Değer Atama Tablosu	41
Çizelge 4.8	İkili Karşılaştırma Tablosu	42
Çizelge 4.9	Öğelerin Ağırlıklarının Belirlenmesi	43
Çizelge 4.10	Ağırlık Ortalama Sıralaması	44
Çizelge 4.11	Taşkın Risk Alanlarının Dağılışı	45
Çizelge 4.12	Bulanık Mantık Yöntemi İkili Karşılaştırma Tablosu	46
Çizelge 4.13	Bulanık Mantık Değerlendirme Matrisi	47
Çizelge 4.14	Ağırlık Ortalama Sıralaması	47
Çizelge 4.15	Taşkın Risk Alanlarının Dağılışı	49
Çizelge 4.16	Ağırlık Katsayı Karşılaştırmaları	49

1. GİRİŞ

Su, insan yaşamının merkezinde olduğu için, su statüsündeki değişimin insan varlığına etkileri olduğu açıktır. İnsan uygarlıklarının geliştiği başlıca nehir sistemlerinin kıyısında idi. Birçok uygarlık su kıtlığı (kuraklık) veya taşkın nedeniyle yok olmuştur. Bir anlamda, suyun tüketici kullanımı ve taşkınların ve kuraklıkların yönetimi, eskiden beri çoktan yoksun kaldı. Günümüzün kalkınması ve yaşam tarzı, yalnızca su kullanım şeklini değil aynı zamanda suyun niteliğini de değiştirme potansiyeline sahiptir ve bu genellikle demografik değişim, kentleşme, sanayileşme ve suyun kirlenmesi nedeniyle olur.

Hidroloji, gezegende suyun zamansal ve mekânsal dağılımını inceleyen bilimdir. Su akışı, karmaşık olaylardan kaynaklanmaktadır ve güneş çevrimleri ve hidrosfer, atmosfer etkileşimleri gibi küresel olarak baskın değişikliklerin yağış ve buharlaşma gibi yerel ölçek fiziğine entegrasyonuna bağlıdır.

Artan doğal afetler, Avrupa Komisyonu'na (EC) ve Avrupa Birliği'ne Üye Devletlere (AB), çevre ve vatandaşların korunması için doğal afetlerin önemini göstermektedir. Ortalama yağış ve aşırı yağış olaylarındaki bir artışın güçlü bir bilimsel kanıtı vardır, bu da aşırı taşkın olaylarının daha sık olabileceği anlamına gelir (Kundzewicz ve Schellnhuber 2004). Nitekim Avrupa'da taşkına maruz kalma riskinin yanı sıra taşkın güvenlik açığı da artmaktadır. Bu iki faktörün artmasının nedeni, taşkına eğilimli alanlara giren nüfusa ve imara açılan alanlardan kaynaklanır.

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), coğrafi özelliklerin dijital harita gösterimleridir. Her mekânsal özellik, bilgi içeren sekmeli verilere bağlanır. Su kaynakları için bu özellikler istasyonları, drenaj demirlerini, akıntıları, yüzey yükselmelerini vb. temsil eder. Araştırmacıları ve yazılım geliştiricilerini, ticari veya açık kaynaklı uygulamalar yoluyla mevcut olan karmaşık araçları tasarlamaya zorlar. CBS, pratik mühendislikteki kullanımlarını artırarak haritalama ve hesaplama sınırlamalarını önemli ölçüde azaltmıştır (Gonzalo Espinoza, 2012).

Son yıllarda, bilişim teknolojileri çarpıcı bir şekilde geliştirildi ve problem çözmede modern bir yaklaşım oluşturdu. Bunların arasında, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) dikkat

çekmeye başladı. CBS, her türlü coğrafi mekânsal veriyi yakalamak, depolamak, işlemek, analiz etmek, yönetmek ve sonuçta sunmak için tasarlanmış bir sistemdir. En basit ifadeyle, CBS haritacılık, istatistiksel analiz ve veri tabanı teknolojisinin birleşmesidir (Foote ve Lynch, 2009).

Bir araç olarak, CBS, yerel, bölgesel, ulusal ve hatta küresel ölçekte su kalitesi, yeraltı suyu hareketi, yeraltı suyu kirliliği, nehir restorasyonu, taşkın tahmini ve yönetimi vb. gibi farklı su kaynakları sorunlarını ele almak için çok güçlüdür (ESRI, 2012).

CBS ve CBS tabanlı modeller yağış akışı gibi farklı hidrolojik modellemeler için faydalı olabilir. Örneğin, belirli bir bölgedeki su akışını veya taşmasını hesaplamak için, biri CBS tabanlı bir model oluşturabilir. Bu model için, toprak tipi, topografya, bitki örtüsü, eğim, bakı vb. gibi parametreler belirlenebilir ve sonra bunları geçmişte yapılmış analizler ile değerlendirebiliriz. Kalibre edilen model daha sonra gelecekteki iklim ve iklim değişikliğinin farklı senaryoları için yeni veriler (örneğin taşkın hareketi) yansıtabilir. Bu tür modelleri CBS ortamında kullanmak, birçok denklemle ve farklı parametrelerin hesaplanmasından kurtulabilir (Khatami ve Khazaei, 2014).

Uzaktan algılama ve CBS, tehlike yönetiminde son derece kullanışlı ve güçlü araçlardır. Uydu verileri, tehlikenin etkisini değerlendirmek veya izlemek ve taşkın faaliyetlerini azaltmak için faydalı olan daha yüksek hassasiyette tehlikeli ayak izleri sağlayabilir. Uzaktan algılanan veriler (optik ve mikrodalga), taşkın nedeniyle oluşan hasarın ciddiyetini ve etkisini hızlı bir şekilde değerlendirmek için etkili bir şekilde kullanılabilir. Geçtiğimiz yirmi yılda, taşkın su altındaki alanları değerlendirmek ve tespit etmek ve taşkınların dinamik davranışlarını değerlendirmek için uzaktan algılama verilerini kullanarak çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Panhalkar ve Jarag, 2017).

Günümüzde, Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) kullanımı, farklı türlerdeki doğal tehlikelerin değerlendirilmesinde güçlü bir araç olarak ortaya çıkmaktadır. Sel baskınları en ciddi doğal tehlikeler arasındadır ve feci sosyo ekonomik etkileri vardır. Bu nedenle, sele yatkın bölgeleri tanımlamak için taşkın duyarlılık haritalarının geliştirilmesi acil bir durumdur. Bu haritalar, yetkililere, planlamacılara ve karar vericilere hızlı değerlendirmeler yapmada ve sel baskınlarından kaynaklanan potansiyel etkilerin sonuçlarını azaltmak ve en aza indirmek için uygun önlemleri almada yardımcı olacaktır.

Taşkın, toprağı ve gelgiti toprağına akmasını sağlayan bir su taşmasıdır. Taşkınlar genellikle insan yaşamında büyük çapta kayıplara ve özelliklerde geniş çaplı hasarlara neden olur (Patel ve Srivastava,2013). Özellikle taşkın olaylarını daha iyi anlayabilmek için, özellikle planlama ve önlem konusunda taşkın riski analizleri sıklıkla gereklidir. Taşkın risk analizinin değerlendirilmesinde dikkate alınan faktörler yağış, bakı, toprak, eğim, arazi kullanımı, arazi örtüsü vb. analizlerdir. Her bir kriterin öncelikli ağırlıklarını hesaplamak için sıralama, derecelendirme ve analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemiyle mekânsal çok kriterli analiz esas alınır (Panhalkar ve Jarag, 2017).

Taşkın riski temel olarak olasılık ve sonuçların bir sonucu olarak belirlenir. Taşkın su baskını ve taşkınların bölgenin hakkında doğru bilgiler, kentsel ve kırsal alanların sağlıklı bir şekilde planlanması ve yönetimi için gereklidir. Ayrıca, taşkın olaylarının doğru anlaşılması için gereken temel verileri sağlar. Bu çalışma sel tehlikesi analizi için değerli bilgiler verecektir. İnsan ve nehir sisteminin işleyişi arasındaki çatışmayı çözmek için planlamacılar ve yöneticiler için büyük yararı olacaktır.

Taşkın riskindeki değişimin ana nedenleri iklim değişikliğinin ve arazi kullanımının. En yaygın etkiler ise şunlardır: kentsel büyüme, yanlış boyutlandırılmış köprüler, ormansızlaşma ve bunun sonucunda erozyon, yollar veya diğer yapıların inşaatı, düz bölgelerde gözlenen çöküntü, su kaynağının değişmesi veya sapması gibi müdahalelerdir (Kourgialas ve Karatzas, 2011).

Genellikle taşkın değerlendirmesi, fiziksel taşkın veya taşkın tehlikesinin olası tehlikesinin değerlendirilmesi ile başlar. Taşkın tehlikesi açısından, bunu doğrudan yapmaktan uzak tutan birçok boyut (süre, hız, döküntü, su derinliği, vb.) vardır. Ayrıca, böyle bir değerlendirmenin metodolojisi büyük ölçüde ölçeğe ve coğrafi ortam ve savunma yapılarının varlığı, değerlendirmenin amacı ve mevcut veriler gibi spesifik özelliklere bağlıdır (Moel vd., 2105).

Gözlemsel veriler kaydedilen sel olaylarına dayanabilir (yani uydu görüntülerinden türetilmiş olabilir (Schumann vd., 2009; Schumann ve Di Baldassarre 2010).

Ülkemizde 1975-2015 yıllarında meydana gelen taşkınlar ve etkileri Şekil 1.1'de gösterilmiştir. (Oğraş, 2018)

Yıl	Taşkın Sayısı	Can Kaybı	Su Altında Kalan Alan (Ha)
1975	62	8	36714
1976	29	5	22536
1977	27	11	3317
1978	21	0	13850
1979	21	61	40966
1980	44	6	83016
1981	16	2	58413
1982	10	0	784
1983	14	33	2113
1984	12	0	29140
1985	7	0	2318
1986	8	4	679
1987	7	0	564
1988	24	17	3910
1989	10	1	9500
1990	26	57	7450
1991	23	23	15770
1992	14	1	690
1993	2	0	60
1994	9	4	1680
1995	20	164	201100
1996	4	1	11000
1997	1	0	1390
1998	2	57	7000
1999	1	3	
2000	4	0	8066
2001	42	8	43297
2002	27	27	510
2003	21	7	64200
2004	23	3	25750
2005	25	14	13855
2006	24	45	85810
2007	22	11	1050
2008	10	2	10
2009	84	59	3250
2010	110	25	44279
2011	56	13	202
2012	69	23	19685
2013	38	7	17569
2014	118	9	4455
2015	122	9	7985
TOPLAM	1209	720	893933

Şekil 1.1 1975-2015 taşkın olayları ve etkileri (Oğraş, 2018)

AHP, 1980 yılında Saaty tarafından tanımlanan ve geliştirilen güçlü bir araçtır. AHP yönteminde, alternatiflerin veya kriterlerin ağırlıklarını veya öncelik vektörünü elde etmek gerekir (Siddayao vd., 2014).

Analitik hiyerarşi süreci (AHP), bir nesne kümesinin ikili karşılaştırma değerlerine dayanarak, karar vericiden / tercihlerden gelen tercih edilen bilgileri yorumlayan karşılık gelen bir öncelik vektörünü ortaya çıkarır (Yu, 2002).

AHP, ilgili kriter haritası katmanlarıyla ilişkilendirilen gerekli ağırlıkları, tespit edilen ilgili kriterlerin tercih faktörleri temelinde karşılaştırıldığı bir tercih matrisi yardımıyla hesaplar. AHP, Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇKKV)' da farklı kriterler için gereken ağırlıkları elde etmek amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. CBS ve çok

ölçütlü tekniklerin yardımıyla taşkın riski analizi için yararlı bilgiler elde edilebileceği açıktır. Karşılaştırmalı analiz yöntemleri, yüksek ve orta risk altındaki alanın AHP' de diğer yöntemlere göre arttığını göstermektedir (Panhalkar ve Jarag, 2017).

" İyi ", " Kötü " veya " Önemli ", " Çok Önemli " vb. değerlendirmeler doğada bulanık ölçümlerdir. Çok ölçütlü karar almada gerçek hayattaki uygulamalar, kesin olmayan, belirsiz, nitel veya belirsiz verilerin işlenmesini gerektirir. Belirsizliği ve belirsizliği modellemenin etkili bir yolu, bulanık kümeler teorisinin kullanılmasıdır. Bulanık kümeler, bilgi eksikliğinden veya kötü tanımlanmış bilgidен kaynaklanan belirsizliği ve belirsizliği temsil etmek ve ele almak için gerekli esnekliği sağlar.

Chang (1996) , bulanık AHP'nin ikili bir karşılaştırma ölçeği için ikili karşılaştırmaların sentetik kapsam değerlerinin kapsam analizi yönteminde kullanılması için yeni bir yaklaşım getirmiştir. Chang'ın yaklaşımı bulanık AHP alanındaki en popüler yaklaşımlardan biridir. Araştırmamızda uygulanan hesaplama yöntemi de Chang'ın yaklaşımına dayanmaktadır (Dalalah, 2011).

BAHP yönteminde faktörlerin ikili karşılaştırmaları üçgensel sayı metoduna dayanılarak yapılmıştır. Bu metodda her parametrenin ağırlık ortalamaları yüzdesel olarak sifıra yakın çıkması dâhilinde, bu oranlar sifır kabul edilir ve diğer oranlar üzerinde çalışmalar yapılır.

Bu çalışmada, ArcGIS yazılımı kullanılarak Tohma havzasının Gürün ve Darende ilçelerini kapsayan kısmının bazı hidrolojik ve jeomorfolojik haritaları oluşturulmuştur. Ayrıca, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Bulanık Analitik Prosesi (BAHP) yöntemleri kullanarak havza parametrelerinin birbirlerine göre olan ağırlık katsayıları belirlenmiş ve taşkın duyarlılık haritaları oluşturulmuştur.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Biswas vd., (1999) yaptıkları çalışmada; Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) Yaklaşımı ile Drenaj Havzasının Morfometrik Analizine Dayalı Alt Su Alanlarını belirlemiştir. Ayrıca Uzaktan Algılama ve CBS tekniklerinin havza tanımını belirlemede, yani morfometrik bir analizde araç olarak etkili bir şekilde kullanıldığını savunmuşlardır. Çalışmada, Batı Bengal'de Midnapore Bölgesi'ndeki dokuz alt havzasının morfometrik parametrelerini (akış uzunluğu, çatallanma oranı, drenaj yoğunluğu, akış sıklığı) incelemiştir.

Sharma vd., (2001) yaptıkları çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri ile Hindistan, Gujarat'taki Rajkot'un Jasdan Taluka bölgesi için havza akışını akarsu verimine göre önceliklendirmek, yerel kaynakların arazisine ve üretim potansiyeline uygun imar planları oluşturmak ve bu planların arazi kullanım değişikliklerinin akıntı üzerindeki hidrolojik etkisini değerlendirmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada, bir havzanın gelişimi için ve çeşitli arazi kullanımına ve yönetim değişikliklerine hidrolojik tepkisini değerlendirmek için entegre uzaktan algılama ve CBS kullanmanın uygulanabilirliğini savunmuşlardır.

Anbazhagan vd., (2005) yaptıkları çalışmada Hindistan, Tamil Nadu, "Ayyar Havzası" ndaki yapay yeraltı suyu şarj çalışması yapmışlardır. Çalışmada GeoMedia 3.0 Professional Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yazılımını kullanarak arazi örtüsü, hidrolojik toprak grubu ve farklı havza alanlarındaki yağmur yağışı verilerini ve havzalardaki akıntıyı hesaplamışlardır. Yapay şarj planlamasını, havzadaki su akışı, akifer boyutu, öncelikli alanlar ve iklim koşullarına bağlı olarak belirlemişler ve CBS tekniğinin, havza alanlarında farklı arazi kullanımlarının ve arazi örtüsünün çeşitli hidrolojik toprak grupları ile mekânsal kesişiminde kullanışlı bir teknik olduğunu vurgulamışlardır.

Santhi vd., (2005) çalışmasında, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) temelli hidrolojik modeli ve Toprak ve Su Değerlendirme Aracını (SWAT), sulama talebini tahmin etmek için bir kanal sulama kapasitesine sahip bölgesel bir planlama aracı olarak kullanmışlardır. CBS yazılımları ile yaptıkları analizler ile sızıntı kayıpları, uygulama verimliliği ve bireysel bölgeler için ürün bazında sulanan alanları ile ilgili ölçülen veriler ile daha iyi

tahminler yapmak ve sistem iyileştirmeleri için iyi bir temel oluşturmanın yararlı olacağını savunmuşlardır.

Agrawal vd., (2006) yaptıkları çalışmada; Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) verilerini kullanarak toplama alanlarının ve arazilerin fiziksel modellerini yapmak için bir metod geliştirmişlerdir. Ayrıca, ara veri çevirilerini en aza indirerek veri kaybını azaltmayı da amaçlamışlardır. Böyle bir arazi modeli, havza modellemesinde, su kalitesi yönetiminde, şehir planlamasında, mimaride peyzaj düzenlemesinde kullanılabileceğini ve bunların ayrıca su havzası ve jeoloji eğitimi için etkili bir araç olacağını savunmuşlardır.

Dewan vd., (2007) yaptıkları çalışmada Bangladeş'in Büyük Dakka kentinde 1998'in tarihi sel olayına yönelik sel tehlikesi değerlendirmesini Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ve uzaktan algılama konusunda entegre bir yaklaşım kullanılarak incelemiştir. Çalışmada taşkın tehlike haritaları oluşturmak için coğrafi bilgi sistemini kullanmanın basit ve uygun maliyetli bir yol olacağını savunmuşlardır. Yaptıkları analiz de elde edilen taşkın tehlike haritalarında Dakka'nın büyük bir bölümünün orta ve çok yüksek tehlike bölgelerinde olduğunu göstermişlerdir.

Dinesh Kumar vd., (2007) yaptıkları bu çalışmada Hindistan'ın güneybatı kıyısında Muvattupuzha nehir havzası Kerala'nın yeraltı suyu potansiyel bölgelerini tanımlamak için entegre bir hidrojeolojik inceleme yapmışlardır. Bu araştırmada yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin belirlenmesinde uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin kullanımı kurulmuştur. Araştırma sonucunda alanın yaklaşık %50'sinin çok iyi bölgeler olarak tanımlanabildiği, kalan alanın orta ve zayıf kategorilere girdiği tespit edilmiş ve havzanın zayıf yeraltı suyu potansiyeline sahip olmasına rağmen, iyi yeraltı suyu potansiyeli bölgeleri olarak sınıflandırılmıştır.

Bulley vd., (2008) yaptıkları çalışmada göl suyu kalite standartlarını belirlemek için faydalı olabilecek rezervuar havzası sınıflamasına Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) bazlı bir yaklaşımı amaçlamışlardır. Belirli bir su kalitesi standardına ulaşmak için benzer potansiyel kapasiteye sahip olan Nebraska rezervuar gruplarını belirlemek için CBS tabanlı bir havza sınıflandırma stratejisi uygulamışlardır. Çalışma sonucunda; Nebraska rezervuarlarının dokuz sınıfla temsil edilebileceğini ve havzadaki toprak

organik madde içeriğinin rezervuarları ayırmada en önemli tek değişken olduğu kanısına varmışlardır.

Chowdary vd., (2009) yaptıkları çalışmada, Hindistan ve Mayurakshi havzası için uzaktan algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak bölgeye ve bölgeye özgü havza gelişim planları oluşturmuşlardır. Bu kapsamda CBS'in, büyük hacimli verilerin yakınsak bir şekilde analiz edilmesi ve entegre su kaynakları geliştirme planının geliştirilmesinde uygun bir platform sağlayabileceğini ve mekansal veri entegrasyonu ile analizlerin CBS ortamında yapılabileceğini savunmuşlardır.

Fernández ve Lutz (2010) bu çalışmada kentsel sel tehlikesi değerlendirmesinin basit bir yaklaşımını sunmaktadır. Araştırmalarında drenaj kanallarına olan mesafe, topografya (yükseklik ve eğimler), yer altı suyu derinlikleri ve kentsel arazi kullanımı olmak üzere 5 tane parametre kullanmışlardır. Çalışmada sel tehlikesi haritası çıkarılmış ve San Miguel de Tucumán'ın güneydoğu kısmının,% 0,6'nın altındaki eğimlerle birleşmesinin ve yetersiz bakım planı olan kentsel akarsu kanallarının varlığının bir sonucu olarak genişletilmiş bir alanda en yüksek sel tehlikesine sahip olduğunu tespit edilmiştir.

Chen vd., (2011) yaptıkları çalışmada Tayvan'da meydana gelecek taşkın riskini azaltmak ve taşkın kontrolünü sağlamak için çalışma yapmışlardır. Çalışmada analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yoluyla hiyerarşik bir yapı geliştirmek, coğrafi bilgi sistemini (CBS) kullanarak nispi taşkın riskini haritalamak ve bu iki yöntemi birleştirerek bunları Tayvan'ın merkezindeki bir kentsel ve bir yarı kırsal alana uygulamayı amaçlanmıştır. AHP ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'in taşkın riski değerlendirmesine entegrasyonunun taşkın riski yönetimi için yararlı bilgi sağlayabildiği ve yöntemin Tayvan'da gerekli veri setlerinin hazır bulunduğu birçok alana kolayca uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Kourgialas ve Karatzas (2011) yaptıkları çalışmada sel tehlikesi altında bulunan bölgeler için Koiliaris Nehri havzasında sel yönetimi stratejisinin uygulanabilir bir yaklaşım olduğunu öngörmüşlerdir. Çalışmada tehlikeli alanların mekânsal dağılımını tahmin etmek için altı faktör dikkate alınmıştır: akış birikimi, eğim, arazi kullanımı, yağış yoğunluğu, jeoloji ve yükseklik. Sel tehlikesi olan bölgeler haritası, sel riski

yüksek olan bölgeleri ve yerleşimlerini ifade ettiğini savunmuşlar ve önerilen yöntemin başka havzalarda da uygulanabileceğini ifade etmişlerdir.

Youssef vd., (2011) yaptıkları çalışmada; bir su havzasında bulunan sel baskınlarının risk seviyesinin tahmini için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tekniklerini kullanmışlardır. Çalışmada Feiran havzasını alt havzalara bölmüşler ve CBS kullanarak drenaj şebekeleri içindeki morfometrik parametrelerin sistematik analizinin, alt havza drenaj özelliklerini anlamada önemli bir değer sağlayabileceğini savunmuşlardır. Çalışma sonucunda CBS'nin drenaj havzalarının analizine dayanarak taşkınlardan etkilenen alanların veya taşkın olması muhtemel tahmin alanlarının belirlenmesinde yardımcı olabileceği konusunda hem fikir olmuşlardır.

Jasmin ve Mallikarjuna (2013) yaptıkları çalışmada Araniar Havzanın yeraltı su kaynaklarının etkin planlanması ve yönetimi için yeraltı suyu potansiyel bölgelerinin tanımlanmasında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri kullanarak havzasının morfometrik analizine odaklanmışlardır. CBS teknikleri kullanılarak değerlendirilen morfometrik parametreler, havzanın çeşitli hidrojeolojik özelliklerini anlamaya yardımcı olduğunu ve CBS' in yüksek çözünürlüklü uydu verileriyle birlikte havza planlaması ve yönetimi için yer şekillerini ve drenaj sınırlarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağladığını savunmuşlardır.

Özşahin (2013) yaptığı çalışmada taşkın riski ülkesi olarak değerlendirdiği Arnavutluk toprakları üzerinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemi ile taşkın analizi yapmıştır. Çalışmada yağış, akarsuya uzaklık, jeoloji, jeomorfoloji, toprak, arazi kullanımı, bakı, yeraltı suyu ve eğim parametrelerini birbirlerine göre derecelendirme yaparak taşkın risk haritasını oluşturmuştur. Analiz sonuçlarında çalışma yaptığı alanın % 36'sının riskli, % 18.52'sinin orta derecede riskli, % 45'inin risksiz olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Patel ve Srivastava (2013) yaptıkları çalışmada Hindistan, Gujarat, Surat ilçesinin taşkın bölgelerinin haritalanması için uydu ve CBS veri setlerinin entegrasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Google-earth, IRS-1D, 1: 50000 topografik haritalardan elde edilen yüksek çözünürlüklü uzaktan algılama görüntüleri, Kuzey, Güney, Doğu, Batı olarak ayrılan çeşitli bölgelerin taşkına duyarlı alanını belirlemek için hidrolik analiz ve dijital yükseklik modeli (DEM) ile birleştirilmiştir. Taşkın tehlikelerini azaltmak

için gelecekteki taşkın olayları nedeniyle tehlike derecesini azaltmak için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) modellerinin kullanılmasının önemini vurgulamaktadırlar. Yapılan çalışma neticesinde, batı ve güney-batı bölgelerinin taşkın eğilimi gösterirken, doğu bölgesinin en az olduğunu tespit etmişlerdir.

Stefanidis ve Stathis (2013) yaptıkları çalışmada Kuzey Yunanistan'daki Kassandra Yarımadası'nda taşkın tehlikesini değerlendirmek için doğal ya da insanoğlunun neden olduğu faktörlere dayanan analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ile coğrafi bilgi sistemlerini birlikte kullanılmıştır. Havzaların morfometrik ve hidrografik özellikleri hesaplanarak doğal taşkın oluşum faktörleri incelenmiştir. Sonuç olarak sel tehlikesi haritaları üzerinde tehlikenin gerçekçi temsilini ortaya çıkaran sel olaylarının geçmişteki veriler ile uyuşmadığı tespit edilmiştir.

Elsheikh vd., (2015) yaptıkları çalışmada taşkın risk analizi için durum çalışması olarak Malezya Terengganu bölgesi seçmişlerdir. Çalışmada Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile potansiyel taşkın risk alanlarını değerlendirmek için Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇKKV) ile entegre edilmiştir. Havzada taşkına neden olan bazı faktörler yıllık yağış, havza eğimi, drenaj ağı ve toprak türü dikkate alınmıştır. Çalışma sonunda oluşturulan taşkın risk haritasının taşkın analizini yorumlamada önemli olduğunu ve CBS'nin karar verme gücünün incelendiğini ifade etmiştir.

Oğuz vd., (2016) yaptıkları çalışmada Artvin ilinin taşkın alanlarını Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımı ile belirlemişleridir. Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇKKV) de esas alınarak eğim, toprak, yağış, jeoloji, bakı ve arazi kullanımı haritalarını CBS yardımı ile oluşturmuşlardır. Oluşturdukları bu haritalar ağırlık derecelendirmesi yapılarak çakıştırılmış ve taşkın risk alanları belirlenmiştir. Çalışmada eğimin fazla olduğu yerlerin taşkın riskine maruz kalma olasılığının yüksek olduğunu ifade etmişlerdir.

Dahri ve Abida (2017) yaptıkları çalışmada Gabes Catchment'teki (güneydoğu Tunus) taşkın tehlikesini bir kaç farklı analiz yöntemi ile belirlemiştir. Bu yöntemlerden biri de AHP yöntemidir. Çalışmada taşkın alanlarını tanımlamak ve karakterize etmek için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve coğrafi bilgi sistemi uygulanmıştır. Taşkın analizini etkileyebilecek farklı faktörleri değerlendirmek için jeolojik harita, dijital yükseklik modeli, arazi kullanımı ve yağış verilerine dayanan bir veri tabanı geliştirilmiştir. Elde edilen AHP ve diğer analiz yöntemlerinin sonuçları, havza

alanının% 33.5'inin çok yüksek bir sel tehlikesi ile karakterize olduğunu göstermektedir. Arazi kullanımının sel tehlikesine katkıda bulunan en önemli faktör olduğu da yaptığı çalışmada gösterilmiştir.

Panhalkar ve Jarag (2017) yaptıkları çalışmada Maharashtra'daki Kolhapur ilçesinin Panchganga nehrinin potansiyel taşkın risk alanlarını Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı Çok Kriterli Karar Verme Analizini (ÇKKV) kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada AHP analizlerine göre, yüksek sel riskli bölgede yaklaşık 17 köy bulunduğunu ve tarım arazilerinin yaklaşık 42 kilometrekaresinin su taşkınlarına açık olduğunu ifade etmişlerdir. Ayrıca taşkın analizlerinde daha kesin sonuçlar elde edilmesi için ikili karşılaştırma yönteminin kullanılmasının ideal bir seçenek olacağı kanısına varmışlardır.

Yılmaz vd., (2015) yaptıkları çalışmada Çorum İlinin taşkın tehlikesi analizini AHP yöntemini kullanarak yapmışlardır. Çalışmada elde edilen taşkın haritası daha önceki taşkın analizleri ile kıyaslanarak yeni yapılan taşkın analizinin uyumluluğunu önceki çalışma ile kıyaslanmıştır. Çalışmanın önceki yapılan çalışmalar ile uyumlu olduğu anlaşılmış ve Çorum ilinde meydana gelebilecek taşkınlarda hangi bölgelerin taşkına maruz kalacağı tespit edilmiştir.

Tokgözlü ve Efekan Özkan (2018) yaptıkları çalışmada Aksu Çayı Havzasında analitik hiyerarşi prosesi (AHP) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yardımı ile havzaya ait yağış, eğim, arazi kullanımı bitki örtüsü, toprak, akarsu ağlarına yakınlık ve litoloji parametrelerini çıkararak taşkın risk haritasını oluşturmuşlardır. Çalışmada Aksu Havzasının farklı bölgelerinin yarısından fazlasının taşkın riski oluşturduğunu ifade etmişlerdir.

Tanrıverdi (2019) “Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile Şanlıurfa il merkezinin taşkın alanlarının belirlenmesi” adlı tez çalışmasında Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKV) ve Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanmıştır. Şanlıurfa il merkezinde bulunan büyük derelerden; Sırrın, Karakoyun ve Cavsak dereleri ve diğer derelerde meydana gelecek taşkınları CBS yardımıyla analiz ederek taşkın risk haritasını oluşturmuş ve çalışmada yerleşim planı yapılmadan önce bu tür çalışmalar yapılarak gerekli önlemlerin alınabileceği önerisinde bulunmuştur.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Coğrafi Bilgi Sistemi

Coğrafi Bilgi Sisteminin neyi temsil ettiğini anlamak, terimin bileşenlerini ayrı ayrı düşünerek yardımcı olabilir.

Coğrafi: Belli bir konumu ve biçimi olan nesnelere (coğrafi varlıklara) ait grafik ve grafik olmayan bilgilerin bütünüdür. Bu terim, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'in, konum hakkında bilginin bilindiğini veya coğrafi koordinatlar (enlem, boylam) açısından hesaplanabileceğini ima eden “coğrafi” ile ilgilendiği için kullanılır (Longley vd., 2005).

Bilgi: Bu, verilerin yorumlanmasından türetilmiştir. Bu genellikle renkli haritalar ve görüntüler, aynı zamanda tablolar ve istatistiksel grafikler ve etkileşimli sorgulara çeşitli ekran yanıtları şeklindedir. Bilgisayar teknolojisi, bilginin çok daha verimli bir şekilde işlenmesini ve yönetilmesini sağlamıştır.

Sistem: Bu, bir CBS'nin birçok farklı fonksiyona sahip birbiriyle ilişkili birkaç bileşenden oluştuğu anlamına gelir. Bu nedenle, CBS veri toplama, giriş, dönüşüm, manipülasyon, kombinasyon, görselleştirme, analiz, sorgulama, modelleme ve çıktı için işlevsel özelliklere sahiptir (Longley vd., 2005).

CBS'yi tanımlamak için birçok girişimde bulunulmuştur, böylece belirli bir tanımın seçilmesini zorlaştırmıştır. CBS'nin kısa tanımlarından bazıları, yüzeysel bir şekilde de olsa CBS'nin ne olduğu hakkında bir fikir vermektedir (Pickles, 1995).

CBS'nin neler yapabileceği hakkında daha fazla fikir veren bir coğrafi bilgi sistemini tanımlamanın uygun bir yolu, belirli bir amaç için coğrafi bilgileri yakalama, saklama, kullanma, analiz etme ve görüntüleme yeteneğine sahip bir bilgisayar araçları seti olduğunu söylemektir (Burrough, 1986).

Farklı referanslar tarafından sunulan CBS'nin çeşitli tanımları aşağıda sunulmuştur; Her tanım farklı bir tür ve farklı karar verme amaçları için yapılmıştır

3.1.1 Coğrafi Bilgi Sistemi Tarihçesi

1960'lı yılların başında Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS)'nin otomatik biçimde başlamasından bu yana, CBS endüstrisi sıçrama ve sınırlarla büyümektedir. Geleneksel olarak, haritalar uzun zamandan beri uzamsal verileri depolamak ve yaymak, dünyayı keşfetmek ve kültürel ve doğal kaynakları bulmak için bir yöntem olarak kullanılmıştır.

Kanada, dünyanın ilk CBS bilgisayar sisteminin geliştirilmesinde öncüdür. Kanada Coğrafi Bilgi Sistemi (CCBS), 1962'de geliştirilmiştir. Federal ve bölgesel kaynakları desteklemek için, ana bilgisayar tabanlı bir sistem olarak büyük bir dijital arazi kaynak veritabanı oluşturulmuş ve geliştirilmiştir. CBS hiçbir zaman ticari olarak temin edilememiştir.

1970 yılında Harvard Üniversitesi Tasarım Enstitüsü'nde (GSD), Bilgisayar Grafikleri ve Mekânsal Analiz Laboratuvarı (LCGSA), ODYSSEY CBS gibi bir yazılım kodu ve sistemleri olan genel amaçlı bir CBS geliştirmeye başlamıştır. Dünyadaki şirketler, üniversiteler ve araştırma merkezlerine ticari gelişim için ilham kaynağı olan GRID ve SYMAP'ta geliştirilmiştir (Chan, 2008).

1969'da Harvard'ın yazılımından ilham alan Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü (ESRI) kurulmuştur. İlk CBS yazılımı ESRI'nin laboratuvarından gelmiştir. 1982'de ESRI, ilk ticari CBS olan ARC / INFO sistemini piyasaya sürmüştür. ESRI'nin ARC / INFO sistemini, kişisel bilgisayarlardan, iş istasyonlarına ve mini bilgisayarlardan en geniş ana bilgisayarlara kadar uzanan bilgisayar platformlarında işlevini yerine getirme becerisi, şirket için açıkça faydalı olmuştur. Bu şekilde, CBS, 1980'lerin başında, bilgisayar donanımı fiyatının, önemli yazılımları ve düşük maliyetli uygulamaları sürdürebilecek bir seviyeye düştüğü zaman ortaya çıkmaya başlamıştır. Ayrıca, 1992 yılında, ESRI ArcView masaüstü CBS'i piyasaya sürmüştür. Ek olarak, DOS işletim sistemi için ilk masaüstü CBS ürünü 1986'da Haritalama Ekran ve Analiz Sistemi (MIDAS) tarafından çıkarılmış ve 1990'da Microsoft Windows platformuna taşındığında, ürün MapInfo olarak yeniden adlandırılmıştır. CBS'yi araştırma departmanından iş ortamına aktarma süreci başlamıştır (Uluocha, 2007).

3.1.2 CBS'nin Yararları

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), sorulara esnek ve iyi bir şekilde uygun bilgi kalıpları sunarak, her aşamada stratejik planlama sürecini desteklemektedir. Diğer taraftan, sorun tanımı geçerli değilse CBS destekleyici olamaz. CBS, başarılı bir stratejik planlama modeli uygulamasının temel şartlarından biri olan kalıcı, verimli ve değerli çevresel veri toplanmasını sağlar. Yayılmış veri toplama birimleri ağı, önemli ölçüde zaman tasarrufu sağlar ve hatta daha hızlı veri çıkışı özelliğine sahip olmasından çok daha fazla veri girişi sağlar. Daha doğrusu iç geçerlilik kontrolü ve genel yetenekler sayesinde, belirli problem çözmede daha doğru ve doğru bilgilerin kullanılması anlamında etkinlik ortaya çıkmaktadır. CBS uygun problem tanımlama bilgi tabanı sağlar. Bir planlama sürecinde tüm katılımcılarla ilgili ve anlaşılabilir geniş bir veri modelleri yelpazesi üretme olasılığı, doğru problem tanımını mümkün kılar. CBS, stratejik planlama sürecinde yapılması gereken tüm gerekli analiz yöntemleri için bilgi temeli sağlamada önemli bir araçtır (Longley vd., 2005).

3.1.3 CBS Uygulama Alanları

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), büyük mekânsal veri hacimlerini yönetmek için genel bir sistem olarak tasarlanmıştır. CBS'nin gücü, gerçek dünyadan veri toplama ve ardından veri tabanı işlemlerini analiz ile entegre etme ve bunu dijital harita arayüzü tarafından sunulan kullanılabilir bilgilere dönüştürme yeteneğinde yatmaktadır. Bu bilgilere dayanarak, gerçek dünyada kararlar alınır ve planlar uygulanır. Burada, herhangi bir görevin gerçek dünya ile başladığı ve bittiği belirtilmelidir. Bu nedenle, çoğu alanda, CBS, mekânsal bilgi özelliklerine ve kullandıkları veri türlerine dayanarak, planlama faaliyetlerinde karar vermeyi destekleyen standart bir araç olarak hareket eder. Aşağıdaki CBS uygulamaları kategorileri tanımlanmaktadır (Nappi, 1990).

- Acil müdahale planlaması:
- ❖ Acil durum tahliye yollarının planlanması
- ❖ Yangın önleme sistemleri
- ❖ Doğal tehlike izleme
 - Doğal kaynak tabanlı uygulama:
- ❖ Vahşi yaşam habitatı

- ❖ Vahşi ve doğal nehirler, taşkın ovaları
- ❖ Çöl koruma kontrolü
 - Ulaşım:
- ❖ Sokak ağı analizi
- ❖ Trafik tıkanıklığı analizi ve kontrolü
 - Tarım:
- ❖ Kırpma kalıplarının haritalanması
- ❖ Toprak özelliklerinin haritalanması
 - Sağlık:
- ❖ Hastalık bölgelerinin haritalanması ve yayılması
- ❖ Sağlık tesislerinin yeri
 - Management İşletme yönetimi:
- ❖ Posta listelerini yönetmek (müşterilerin adresleri)
- ❖ Reklamcılık, müşteri hizmetleri
 - Araştırma ve eğitim:
- ❖ Öğretmek ve öğrenmek
- ❖ Okul tesislerinin haritalanması ve yönetimi
 - Turizm:
- ❖ Park ve rekreasyon planlaması / yönetimi
- ❖ Turizm tesislerinin haritalandırılması
 - Tesis haritalama ve yönetimi:
- ❖ Yerlerin haritalandırılması ve tesislerin dağıtımı
- ❖ Bakım için yer altı kablolarının ve borularının yerleştirilmesi
 - Network Sokak ağı tabanlı uygulama:
- ❖ Araç rotalama ve zamanlama
- ❖ Yer analizi veya yer seçimi
- ❖ Kentsel ve bölgesel planlama

3.2 ArcGIS Yazılımı

ArcGIS, coğrafi bilgileri işlemek için Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü, Inc. (ESRI) tarafından geliştirilen bir sistemdir. ArcGIS, harita oluşturma ve kullanma, coğrafi verileri derleme, haritaları analiz etme ve coğrafi bilgileri paylaşma gibi çeşitli hizmetler için kullanılır. ArcGIS kullanılarak geliştirilen haritalar, girilebilecek veri türleri ve verilerin işlenmesi için kullanılabilir araçlar nedeniyle, geleneksel kâğıt haritalardan daha derin bir analiz düzeyi sağlar.

Örneğin, ArcGIS haritaları harita katmanları biçiminde özellik, raster ve arazi verileri içerebilir ve bu katmanlar daha sonra çeşitli şekillerde düzenlenebilir ve birleştirilebilir. ArcGIS sistemi, ArcGIS Masaüstü, Mobil CBS, ArcGIS Gezgini, ArcGIS Sunucusu, çevrimiçi ArcGIS ve ArcGIS.com gibi birkaç temel bileşen içerir. Bu bileşenlerin her biri belirli uygulamalar için işlevsellik sağlar. (Darnell, 2011).

3.2.1 ArcGIS Desktop

Harita geliştirme ve veri analizi gibi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) görevlerinde kullanılan ana bilgisayar programı ArcGIS Desktop'tır (Wise, 2011). Windows bilgisayarlarda harita oluşturma yazılımıdır. Mobile CBS, müşterilerin bu bilgiye erişmelerini sağlar ve ArcGIS Explorer, ArcGIS Server, Online ArcGIS ve ArcGIS.com, oluşturulan haritaların ve bilgilerin çevrimiçi olarak paylaşılmasına izin verir. Çevrimiçi haritalar paylaşımı bu uygulama için uygun olmadığından, ArcGIS Desktop, ArcGIS sisteminin en kullanışlı bileşenidir (ESRI, 2012).

ArcGIS Desktop, haritalama, coğrafi veri derleme, analiz ve bilgi paylaşımı da dâhil olmak üzere CBS görevlerini gerçekleştirmek için kullanılan temel yazılım programıdır. Bu görevleri yerine getirmek için ArcGIS Desktop bir uygulama paketi içerir. Bu uygulama paketinde ArcCatalog, ArcMap, ArcToolbox, ModelBuilder, ArcGlobe ve ArcScene bulunmaktadır. Bu uygulamalar tamamen uyumludur ve veri işleme için kolayca entegre edilebilir.

3.2.2 ArcCatalog

ArcCatalog verilerin düzenlenmesi ve önizlenmesi için izin vererek, verilerin ve dosya yönetiminin birincil rolünü yerine getirir. Bu veriler derlenip analiz edilmek üzere ArcMap'e harita katmanı olarak kolayca eklenebilir.

3.2.3 ArcMap

ArcMap, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) verilerinin görüntü veya arazi gibi bir temel harita üzerinde görüntülenmesini sağlayan ve işaret eden veri katmanlarını görüntülemek için bindirme konseptini kullanır. ArcMap, ArcToolbox ve ModelBuilder kullanarak analiz yapılmasını sağlayan tüm katmanların coğrafi bilgilerini haritada saklar.

3.2.4 ArcToolbox

ArcToolbox, ArcGIS Desktop'ın coğrafi veriler üzerinde gerçekleştirebileceği tüm veri işleme araçlarının bir koleksiyonudur. Bu araçlar tek tek seçilebilir veya ModelBuilder kullanılarak belirlenmiş bir veri analizi prosedüründe birleştirilebilir.

Ayrıca, ArcGIS Desktop, özel analiz yetenekleri sağlayan isteğe bağlı uzantılar yoluyla da özelleştirilebilir. Örneğin, 3B Analist ve Uzamsal Analist uzantıları, arazi verileri üzerinde üç boyutlu uzamsal analiz yapmak için kullanılır. ArcMap üç boyutlu analiz yaparken, harita katmanlarının kaplaması yalnızca iki boyutlu bilginin gösterilmesine izin verir. Bununla birlikte, bu veriler üç boyutlu görüntüleme ve daha fazla analiz için ArcGlobe ve ArcScene'e girilebilir (Darnell, 2011).

Bu nedenle, ArcGIS Desktop, çok çeşitli sektörlerde projeler için kullanılan yeteneklerle coğrafi verilerin görüntülenmesi ve analizi için etkili bir programdır. Bu çalışmada Tohma Havzasında bulunan Malatya ili Darende ilçesi ile Sivas İli Gürün İlçelerine ait eğim, bakı, toprak, jeoloji, arazi kullanımı ve akarsuya uzaklık haritaları coğrafi bilgi sistemleri (CBS) yazılımlarından ArcGIS yazılımı ile gerçekleştirilmiştir.

3.3 Çok Kriterli Karar Verme Analizi

Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇKKV) yöntemi birden fazla çelişen kriterin olduğu durumlarda, kişilerin tercihlerine göre karar vermelerine yardımcı olmak için var olan tüm yöntemler için uygulanabilir bir yöntemdir.

Farklı türde karar problemlerini çözmek için çok sayıda ÇKKV modelinin geliştirilmesine yönelik muazzam çabalar harcanmış ve önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (Hwang ve Yoon, 1981; Zeleny, 1982; Colson ve de Bruyn, 1989; Dyer ve diğerleri, 1992; Stewart, 1992; Olson, 1996).

ÇKKV yöntemlerinin amacı, karar vericilerin topladıkları bilgiyi sorgulamasına ve sentezlemesine yardımcı olmaktır. Böylece kararlarında kendilerini rahat ve güvende hissederler (Løken, 2007). Kısaca herhangi bir karar modelinin amacı karar vericinin karar vermesine yardımcı olmaktır.

Karar verme aşamasındaki seçim sorunu, bireylerin, kamu ve özel şirketlerin karşılaştığı en büyük zorluktur. Zorluğun doğası iki yönlüdür (Jankowski, 1995);

1. Karar alma sürecine dâhil olan tarafların hedeflerini karşılayan seçim alternatiflerinin belirlenmesi.
2. En çok tercih edilen alternatifi tanımlamak için uygulanabilir seçim alternatifleri setinin yeniden düzenlenmesi.

Çok Kriterli Karar Verme Analizleri (ÇKKV), çeşitli uygulama türlerine uyum sağlamak için geliştirilmiştir. Düzinelerce yöntem geliştirildi, hatta yeni araştırma dalları oluşturulmasına neden olan mevcut yöntemlerde küçük değişiklikler bile oldu. Çok Kriterli Karar Verme Analizi, son birkaç on yılda inanılmaz bir kullanım alanı gördü. Farklı uygulama alanlarındaki rolü, özellikle yeni yöntemler geliştikçe ve eski yöntemler geliştikçe önemli ölçüde artmıştır (Velasquez ve Hester,2013).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin başlıcaları şunlardır;

- Ağırlıklı Toplam Yöntemi (ATY)
- Ağırlıklı Çarpım Yöntemi (AÇY)
- Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)
- Bulanık (Fuzzy) Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP)
- TOPSIS
- PROMETHEE
- ELECTRE

Gerçek ÇKKV yöntemlerinin gerçek dünya kararlarına uygulanmasına ek olarak, son birkaç on yılda teknolojinin ilerlemesi daha karmaşık karar analiz yöntemlerinin geliştirilmesine olanak sağlamıştır.

ÇKKV taşkın yönetimi problemindeki karar vericilerin değerlerini ve tercihlerini formüle etmelerine, bu öncelikleri ölçmelerine ve belirli bir karar bağlamına uygulamalarına yardımcı olabilir. Bu süreç genellikle orantılı olmayan miktarların mutabakatını içerir. Örneğin, bir özelliğin birimleri (taşkın koruma maliyeti) dolar ve bir diğeri (güvenlik) sel nedeniyle kaybedilen yaşamlarda olabilir. ÇKKV teknikleri, en az bir başka alternatifin egemen olduğu alternatifleri tanımlamak için yaygın olarak kullanılmaktadır (yani, bazı kriterlerde daha düşük değerlere sahip olan ve başka bir kriterde daha iyi değerlere sahip olmayan). Genel olarak, böyle hâkim (verimsiz) alternatifler etkin sınırın altına düştükleri için daha fazla düşünülmemelidir (Levy, 2005).

Bu çalışmada ÇKKV esasına dayanarak AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ve BAHP (Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler kullanılarak her yönetime ait ağırlık oranları elde edilerek taşkın risk haritaları oluşturuldu.

3.3.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇKKV)'nın en popüler yöntemlerinden biridir ve dezavantajlarının yanı sıra birçok avantajı vardır. Avantajlarından biri kullanım kolaylığıdır. İkili karşılaştırmaların kullanılması karar vericilerin katsayıları ağırlıklandırmasına ve alternatifleri göreceli kolaylığı ile karşılaştırmasına izin verebilir. Ölçeklendirilebilir ve hiyerarşik yapısı nedeniyle karar verme problemlerine uyum sağlamak için boyutu kolayca ayarlayabilir (Velasquez ve Hester, 2013).

AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi) her bir alternatifin önceliklerini çoklu kriter karar verme problemlerinde almak için iyi bilinen ve kullanışlı bir yöntem olarak tanıtılmıştır (Rashidpour, K. 2013).

AHP, ikili karşılaştırmalar yoluyla bir ölçüm teorisidir ve öncelikli ölçekler elde etmek için uzmanların kararlarına dayanır (Saaty, 2008).

Başka bir ifade ile analitik hiyerarşi prosesi (AHP), birçok hidrolojik parametreleri analiz etmek için sayısız verileri kapsayan ve sistematik bir yaklaşım sağlayan çok kriterli bir karar verme tekniğidir. Çeşitli iklim ortamlarında sel tehlikesi değerlendirmesinde uygulanır. AHP, her faktörün katkısının değerlendirilmesini kolaylaştırır ve örtüşme ve faktörler arasındaki ilişki gibi sorunların üstesinden gelir (Saaty 1977, 1990).

AHP iklim değişikliği (Chen vd., 2015), su kaynakları yönetimi (Gdoura ve diğ.2015), sağlık (Nguyen ve Nahavandi 2015) ve benzeri çeşitli araştırma alanlarında yaygın olarak uygulanmaktadır. AHP yönteminin temeli kriterlerin ve alternatiflerin ikili olarak karşılaştırılmasına dayanır.

Tutarlı matrislerin iyi tanımlanmış matematiksel yapıları ve bunlarla ilişkili doğru vektörlerin gerçek veya yaklaşık ağırlıklar üretme kabiliyetlerine dayanır (Kumar vd.,2009).

AHP'nin temel kullanımı, birçok parametrelerin bulunduğu bir ortamda seçim sorunlarının çözüme kavuşturulmasına dayanır ve hedeflerin ve alternatiflerin doğal,

ikili bir şekilde karşılaştırılmasını içerir. AHP, bireysel tercihleri, ilgili alternatifler için doğrusal katkı ağırlıklarına birleştirilen oran ölçeğinde ağırlıklara dönüştürür. Elde edilen bu ağırlıklar alternatifleri sıralamak için kullanılır ve böylece karar vericiye bir seçim yapmada veya bir tahmin yapmada yardımcı olur (Forman ve Gass 2001).

AHP'yi açıklamanın en iyi yolu, üç temel işlevi tanımlamaktır:

1. Çözüm karmaşıklığını derlemek
2. Karar vericilere seçim imkânı sunmak
3. Analiz etmek

AHP üç ilkeye dayanır: ayırıştırma, karşılaştırmalı yargılamalar ve aşağıdaki adımlarla elde edilen önceliklerin sentezi (Ossadnik vd.,2016);

1. Karar problemi modellenmesi,
2. Ağırlıkların değerlendirilmesi ve toplanması
3. Duyarlılık analizi (Ishizaka ve Labib 2011).

AHP yöntemini çok kriterli karar vermede popüler bir teknik haline getiren bazı nedenler var. Onlardan bazıları şunlardır (Rashidpour 2013);

1. Karar vericinin kararındaki tutarlılığı ölçme imkânı sağlar;
2. Kendi içinde karar vermez, kişiyi karar vermeye yönlendirir;
3. Duyarlılık analizi yapma imkânı sağlar;
4. Hem niceliksel hem de niteliksel bilgileri bütünleştirebilir.

Erken bir sel uyarısı çerçevesi oluşturmak için ele alınması gereken iki konu vardır: sel oluşumuna yol açabilecek kapsamlı faktörler ve her bir faktörün önem sıralaması (Noranis vd., 2019).

Bu çalışmada “tehlike”, tanımlanmış bir aşılma olasılığı olan bir sel olayının meydana gelmesi olarak tanımlanmaktadır. “Risk”, parasal kayıp olarak ifade edilen böyle bir olayla ilgili olası zararlar olarak tanımlanmaktadır. Tehlike ve risk nicelleştirmesinin mekânsal özelliklere (örneğin, ilgi alanı, verilerin mekânsal çözünürlüğüne) bağlı olduğu açıktır.

Bu nedenle, yüksek düzeyde bir ayrıntı, yani uygun bir taşkın haritaları ölçeği, güvenilir bir taşkın riski değerlendirmesi için temel bir önkoşuldur. Bölgesel taşkın yönetimi kavramlarının geliştirilmesi, taşkın koruma önlemlerinin planlanması ve maliyet-fayda analizinin yapılması için son derece önemli olan, taşkın tehlikesi ve kırılganlığı hakkında ayrıntılı mekânsal bilgi gereklidir. Ayrıca, belirli bir sel senaryosundan dolayı bir alan veya nesnenin potansiyel olarak tehlikeye atıldığı haritalanan bilgiler, kamu otoritelerinin taşkın kontrolü ve mekânsal planlama yetkinlikleri, mal sahibi çıkarları, sigorta poliçeleri vb. gibi yasal ve ekonomik sonuçları doğurur. Bu yüzden AHP ile yapılan analizler bu çalışmalarda önemli bir çalışma teşkil etmektedir (Buchele vd., 2006).

3.3.1.1 AHP'nin Kullanıldığı Alanlar

ABD Ordusu Kimyasal ve Biyolojik Savunma Ajansı ve Maryl'daki Edgewood Araştırma Geliştirme ve Mühendislik Merkezi (ERDEC), AHP'yi ERDEC araştırma ve teknoloji müdürlüğü için yeni yönetim yapısını seçmek için kullandı.

NASA'nın Johnson Uzay Merkezi, AHP'yi Lunar Lander için bir sevk sistemi seçmek için bir çalışmada kullandı. On üç alternatif araç konfigürasyonu, çeşitli itici kombinasyonlarının, itici besleme sistemlerinin ve taşıt ve görev ticareti parametresi üzerindeki kademelendirme seçeneklerinin etkilerini araştırmak için bir referans aracı olan Birinci Ay Üstü Patlayıcı Arazi ile karşılaştırıldı.

Fulcrum Ingenieria Ltd., AHP'yi karayolu projelerinin çevresel etki değerlendirmesi için ve Şili limanının kirlilik azaltma planına göre projeleri sınıflandırmak ve seçmek için kullandı.

AHP, Temsilciler Meclisi Süper Fonu Bill HR2500'ün etkinliğini değerlendirmek için kullanıldı. Çalışma, Apex Environmental, Inc. tarafından, büyük bir endüstriyel ticaret birliği ile ortaklaşa, House üyelerine karar vericilere bir temel sağlamak için yapıldı.

Martin Marietta Hava Trafik Sistemleri, AHP'yi Federal Havacılık İdaresi (FAA) için bir iletişim sistemi için alternatif mimarileri değerlendirmek üzere kullandı. Uygulama FAA'nın birçok bölümünü ve bölgesini temsil eden 30 uzmanı içeriyordu.

3.3.1.2 AHP Uygulama Yöntemi

AHP yöntemi uygulanırken izlenmesi gereken adımlar;

1-Öncelikle kriterler kendi aralarında karşılaştırılır.

2-Sonra herbir kriter dikkate alınarak alternatiflerin karşılaştırılması yapılır.

3-Karşılaştırılma yapıldıktan sonra Saaty (1977) tarafından gerçekleştirilen AHP tablosu kullanılır.

Çizelge 3.1’de karşılaştırılacak değerlerin önem değerlerini gösteren tanımlamalar yapılmıştır. AHP Hiyerarşi Tablosu (Saaty, 1977)’den uyarlanmıştır.

Çizelge 3.1 AHP Hiyerarşi Tablosu (Saaty, 1977)

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki 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. faktöre nazaran çok güçlü bir öneme sahip olması durumu
9	1. Faktörün 2. faktöre nazaran mutlak üstün bir öneme sahip olması durumu
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Adım adım yapılacak işlemler (Hasekioğulları, 2011);

1-Problemin ne olduğu belirtilir.

2-N x N boyutlu karşılaştırma matrisi oluşturulur.

3-Normalizasyon

4-Öncelik vektörü elde edilir.

5-Tutarlılık çözümü yapılır.

6-Karşılaştırma veya sıralama işlemleri yapılır.

Karşılaştırma matrisi NxN boyutunda bir kare matristir. Bu matrisin köşegen üzerindeki matris bileşenleri 1 değerini alır. Burada A karşılaştırma matris değeridir.

Karşılaştırma matrisi 3.1’de gösterilmiştir.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra normalizasyon aşamasına geçilir. Normalizasyon şu şekilde oluşturulur.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (3.2)$$

Normalisasyon denklemi 3.2’ de gösterilmiştir.

Normalizasyon denklemi oluşturulduktan sonra normalize edilmiş matris elde edilir. Normalize edilmiş matris oranlanmış bir matris olarak değerlendirilir ve ilk oluşturulan matrise göre daha düşük değerler ile oluşturulur.

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ \cdot & & & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

Normalize edilmiş matris denklemi 3.3’de gösterilmiştir

Daha sonra öncelik vektörü elde edilir. C matrisinde bulunan bütün değerlerin toplamının aritmetik ortalaması alınır ve w şeklinde öncelik vektörü hesaplanır.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (3.4)$$

Öncelik vektörü 3.4’de gösterilmiştir

Bu işlemlerden sonra tutarlılık testi uygulanır. Bu testin uygulanmasının amacı yapılan işlemlerin güvenilirliği ya da geçerliliğini tespit etmektir.

Tutarlılık testinde gerçekleştirilecek adımlar şu şekildedir;

1-Uyum indexi (CL)

2-Rastgele İndex (RI)

3-Uyum oranı (CR)

Saaty, tutarlı karşılıklı matris için $\gamma_{max} = n$ olduğunu kanıtladı. Burada γ karşılaştırmaya ilişkin temel değerdir. Sonra aşağıdaki formülü kullanarak sapma ya da tutarlılık derecesi olarak Tutarlılık Endeksi olarak adlandırılan bir tutarlılık ölçüsü (CI) 3.5'de oluşturdu.

$$CI = (\lambda_{max} - n)/(n - 1) \quad (3.5)$$

Daha sonra, Tutarlılık Endeksi ile Rastgele Tutarlılık Endeksi arasındaki veya formülündeki bir karşılaştırma olan Tutarlılık Oranı 3.6'da gösterilmiştir:

$$CR = CI/RI \quad (3.6)$$

RI : Tesadüfîlik göstergesi

CI (Tİ) : Tutarlılık indeksi

CR (TO) : Tutarlılık oranı

Tutarlılık Oranının değeri % 10'a eşit veya küçük ise yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğu kabul edilebilir. Tutarlılık Oranı % 10'dan fazlaysa, karşılaştırmaların tekrardan gözden geçirilmesi ya da hesaplama hatası yapıldığı anlamına gelmektedir.

Sel ve taşkın çalışmalarında da uygulanabilen bu yöntemde, afet olayının ortaya çıkış sürecindeki tüm etmenlerin doğru bir şekilde belirlenip tanımlarının yapılmasından sonra aralarındaki ilişkiler dizisinin matematiksel etki derecelendirilmesi ortaya çıkarılır. Taşkın risk haritalarının oluşturulmasında afet öncesi risk faktörlerinin haritaya işlenmesi ilk adımlardır. Ancak bunların mantıksal ve bilimsel temellerinin olması gerekmektedir. Çünkü sadece deneyim ve öngörüler sel ve taşkın gibi çok boyutlu olayların önceden doğru bir şekilde tahmin edilememesi ve alınacak önlemlerin yetersiz kalabilmesine neden olmaktadır.

AHP'nin gelişimi ve karar verme yöntemlerindeki olumlu etkisi günden güne artış göstermektedir (Velasquez ve Hester,2013).

3.3.2 Bulanık Mantık Analitik Hiyerarşi Yöntemi (BAHP)

Mantık, normatif biçimsel akıl yürütme bilimidir. Bu anlamda, bulanık mantık, kesin muhakeme sınırlayıcı bir durum olarak görülen yaklaşık muhakemenin resmi ilkeleri ile ilgilidir. Daha spesifik terimlerle, bulanık mantık üzerinde merkezi olan, klasik mantıksal sistemlerin aksine, belirsizlik ve tutarsızlık ortamında rasyonel kararlar verme konusunda dikkate değer insan kabiliyetinde önemli bir rol oynayan kesin olmayan akıl yürütme modlarını modellemeyi amaçlamasıdır. Bu yetenek, sonuç olarak, eksik, tam olmayan veya tamamen güvenilir olmayan bir bilgi deposuna dayanan bir soruya yaklaşık bir cevap çıkarma yeteneğimize bağlıdır (Zadeh, 1988).

Zadeh (1965) tarafından ortaya konan bulanık küme teorisi, kararları oluşturmak için yaklaşık bilgi ve belirsizlik kullanımında insan akıl yürütmesine benzer (Yang vd., 2013).

Bulanık mantık, çok değerli mantığın bir uzantısı olarak görülebilir. Bununla birlikte, kullanımları ve hedefleri oldukça farklıdır. Dolayısıyla, bulanık mantığın kesin akıl yürütme biçimlerinden ziyade yaklaşık olarak ele alması, genel olarak, bulanık mantıktaki akıl yürütme zincirlerinin uzunluğunun ve titizliğin klasik mantıksal sistemlerde olduğu kadar önemli bir rol oynamadığını ima eder. Özetle, bulanık mantıkta gerçek dâhil her şey bir derece meselesidir (Chan ve Kumar, 2007).

Bulanık küme teorisi, insanoğlunun kararları oluşturmak için yaklaşık bilgi ve belirsizlik kullanımında akıl yürütmeye benzer. Belirsizliği ve varoluşu matematiksel olarak temsil etme avantajına sahiptir ve birçok probleme özgü belirsizlikle başa çıkmak için resmi araçlar sağlar. BAHP, farklı seçim kriterleri ve niteliklerinin önceki modellerini elde etmek için üçgen bulanık sayıları çift olarak karşılaştırma ölçeği olarak kullanır (Chan ve Kumar, 2007).

İki değerli mantıksal sistemlerde, bir öneri doğru ya da yanlıştır. Çok değerli mantıksal sistemlerde, bir öneri doğru veya yanlış olabilir veya sonlu veya sonsuz doğruluk değeri T 'nin bir ögesi olabilecek bir ara gerçek değerine sahip olabilir. Bulanık mantıkta, gerçek değerlerin T 'nin bulanık alt kümeleri arasında değişmesine izin verilir. Örneğin, birim aralığı T ise, bulanık mantıktaki bir doğruluk değeri, örneğin,

“çok doğru”, birim aralığının bulanık bir alt kümesi olarak yorumlanabilir. Bu anlamda, bulanık bir doğruluk değeri, sayısal bir doğruluk değerinin kesin olmayan bir karakterizasyonu olarak görülebilir (Zadeh, 1968).

Esasen, böyle bir çerçeve, belirsizliğin kaynağının rasgele değişkenlerin varlığından ziyade keskin bir şekilde tanımlanmış sınıf üyeliği kriterlerinin yokluğu olduğu problemlerle başa çıkmanın doğal bir yolunu sunmaktadır.

Problemlerin çözümlenmesinde birçok Bulanık AHP bulunmaktadır.(Denizhan vd., 2017). Bu yöntemler;

1.Genişletilmiş (Chang'in) Analiz Yöntemi(1996)

2. Liou ve Wang'ın Yöntemi (1992)

3. Abdel-Kader ve Yöntemi (2001)

Bu çalışmada genişletilmiş (Chang'in) Analiz Yöntemi (1996) metodu kullanılmıştır.

Bulanık mantık yönteminde kullanılan referans tabloları çeşitlilik göstermektedir (Göksu, 2008). En çok kullanılan üçgensel sayılardan oluşan ölçek aralıkları Çizelge 3.2'de gösterilmiştir (Göksu, 2008; Başlıgil, 2005; Kahraman vd., 2004).

Çizelge 3.2 Bulanık Mantık Yönteminde Kullanılan Önem Katsayıları

AÇIKLAMA	ÖNEM DERECEŚİ
Eşit Önemli	1, 1, 1
1 İle 3 Arası Orta Önemli	1, 2, 3
Biraz Önemli	2, 3, 4
3 İle 5 Arası Orta Önemli	3, 4, 5
Daha Önemli	4, 5, 6
5 İle 7 Arası Orta Önemli	5, 6, 7
Çok Daha Önemli	6, 7, 8
7 İle 9 Arası Orta Önemli	7, 8, 9
Kesin Önemli	9, 9, 9

3.3.2.1 BAHP İşlem Adımları

Chang'in (1996) analiz yöntemine göre her bir kriter alınır ve her bir kriter için genişletilmiş analiz olan g_i üzerinde sırasıyla hesaplamalar yapılır. Daha sonra her kriter için M tane kapsam analiz değerleri şu şekilde hesaplanır;

1.Adım

$M_{gi}^1, M_{gi}^2, M_{gi}^3, \dots, M_{gi}^m$ ($i=1,2,\dots,n$) ile elde edilir. Burada M_{gi}^j üçgen bulanık sayı formatına göre dir.

i^{th} kriterine göre bulanık sentetik genişlik değeri (S_i), denklem 3.7'de gösterilmiştir;

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (3.7)$$

$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j$ Denklemine elde etmek için;

M adet genişlik analiz değerlerinin bulanık toplamı işlemleri 3.8'deki gibi gerçekleştirilir.

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_j l_j, \sum_j m_j, \sum_j u_j \right) \quad (3.8)$$

$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$ Denklemine elde etmek için 3.9'daki işlemler uygulanır.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = \left(\sum_i l_i, \sum_i m_i, \sum_i u_i \right) \quad (3.9)$$

Bu işlemlerden sonra;

$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_i^n u_i}, \frac{1}{\sum_i^n m_i}, \frac{1}{\sum_i^n l_i} \right)$ vektörü 3.10'daki işlem ile elde edilir.

$(\sum_i^n l_i, \sum_i^n m_i, \sum_i^n u_i)$ vektörünün tersi alınır ve vektör elde edilir. (3.10)

2.Adım:

$M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$ olasılık derecesi;

$V(M_2 \geq M_1) = \sup[\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))]$, $V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d)$ şeklinde tanımlanır ve şu şekilde ifade edilir;

$V(M_2 \geq M_1) = 1$ eğer $m_2 \geq m_1$

$V(M_2 \geq M_1) = 0$ $l_1 \geq u_2$

$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}$ dir.

3.Adım

Dışbükey bulanık sayının k dışbükey bulanık sayılardan daha yüksek olması olasılığı durumunda $M_i (i = 1, 2, \dots, k)$ olasılık derecesi şu şekildedir;

$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[M \geq M_1), \dots, (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i)$

Elde edilen olasılık derecelerini $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$ olarak belirtirsek

$k = 1, 2, \dots, n$ için $k \neq i$, durumunda W' ağırlık vektörü şu şekilde olur;

$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))T$

$A_i (i = 1, 2, \dots, n)$ n adet elemandan oluşur.

Yapılan bütün işlemlerden sonra kriterlerin ağırlık önem sıralamaları hesaplanmış olur.

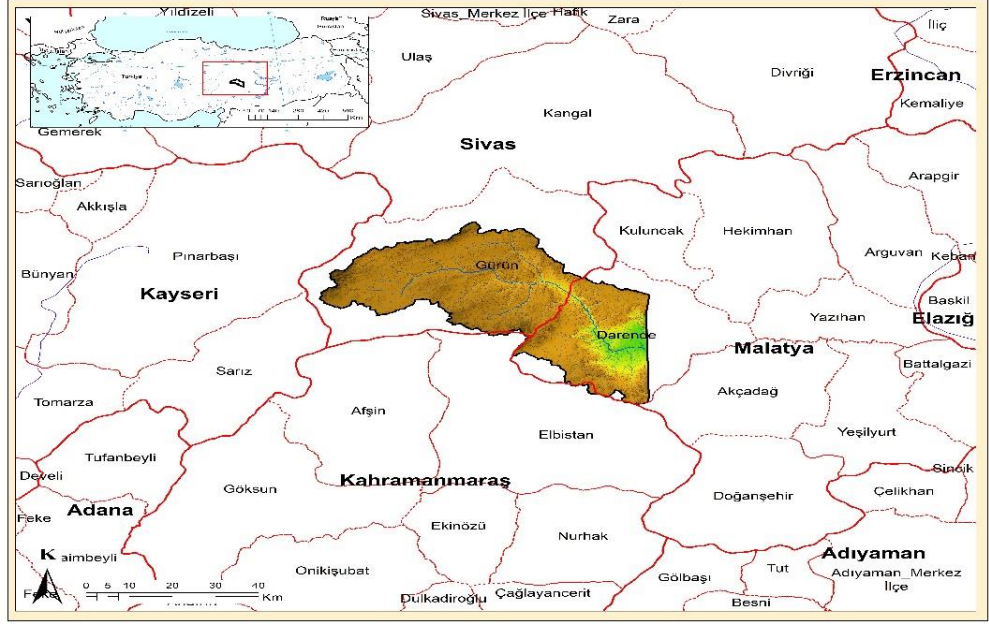
4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Çalışma Alanı

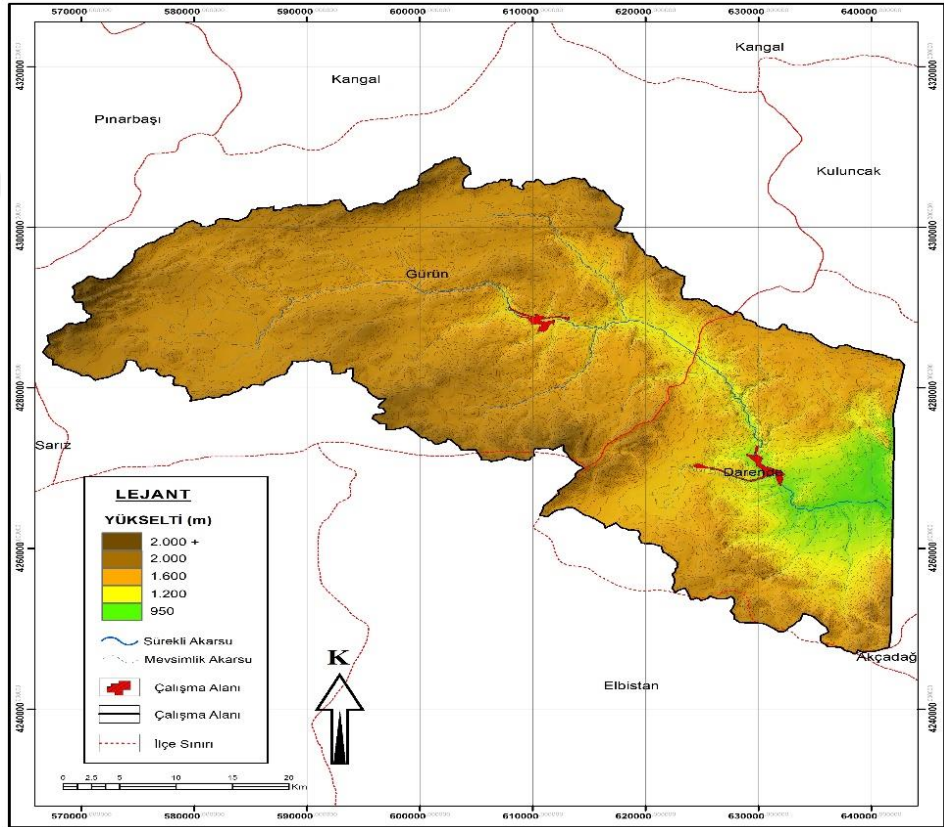
Yapılan ilk çalışmada Tohma havzası üzerinde Malatya ili Darende ilçesi ve Sivas ili Gürün ilçesi üzerinde taşkın risk haritalarının çıkarılma işlemleri yapılmıştır.

Çalışma alanının yükseklik haritası “viewfinderpanoramas.org” sitesinden indirilen 30 metre çözünürlükteki Digital Elevation Model (DEM) verilerinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Eğim ve bakı haritaları 30 metre öznrlğindeki DEM verilerinden üretilmiőtir. İndirilen DEM verileri ile ArcGIS ortamında hidroloji analizi yapılarak çalışma alanının drenaj ağı çıkartılmıő ve akarsular haritaya işlenmiştir. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)’den alınan verilerden çalışma alanının yağış haritası oluşturulmuştur. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığından alınan verilerle toprak ve arazi kullanım haritaları oluşturulmuştur. Jeoloji haritası için Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA)’dan alınan verilerden jeoloji haritası hazırlanmıőtır.

Şekil 4.1’de çalışma alanı, Sivas ilinin Gürün ve Malatya ilinin Darende ilçelerinin sınırları içinde yer alan Tohma deresi havzasını kapsamaktadır. Alan, Sivas ili Gürün ilçesinde doğan ve kollarıyla beslenerek Malatya ili Darende ile sınırlarında devam etmektedir. Tohma ayı, Gürün’n yüksek tepelerinden kaynağını alarak kendini besleyen kollarla birlikte Darende’nin içinden geçmektedir. (Şekil 4.2)



Şekil 4.1 Çalışma alanı



Şekil 4.2 Fiziki Harita

4.2 Taşkın analizi

Bu çalışmada AHP (Analitik Hiyerarşi Prosesi, ing. Analytic Hierarchy Process) ve Bulanık (Fuzzy) Analitik Hiyerarşi Yöntemleri ile havza parametreleri arasında ikili karşılaştırma yöntemi uygulanarak her bir faktörün diğer faktörlere göre taşkına etki dereceleri bulunmuştur. Bu etki derecelerine göre seçilen havzaya ait meteorolojik veriler doğrultusunda ArcGIS yazılımı ile bölgeye ait havza parametreleri çıkarıldı ve bu parametreler Çok Kriterli Karar Verme Analizi (ÇKKV) yöntemlerinden AHP ve BAHF teknikleri kullanılarak bölgenin taşkın risk haritaları oluşturuldu.

Elde edilmiş taşkın risk haritaları için yağış, eğim, bakı, toprak, jeoloji, arazi kullanımı ve akarsuya uzaklık haritaları 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar ile oluşturuldu. Bu parametrelerin birbirleri ile ikili karşılaştırmaları AHP ve BAHF yöntemleri uygulanarak ölçütlerin ağırlık ortalamaları belirlendi. Ağırlık ortalamalarına göre bütün havza faktörleri önem derecelerine göre sıralandı ve birbirleri üzerlerine çakıştırıldı. Yapılan işlemler sonunda havzaya ait 2 farklı taşkın risk haritası elde edildi.

4.2.1 Taşkın Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi

Havzaların temel morfometrik ve hidrografik özellikleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknikleri kullanılarak hesaplanmıştır. Uygun katmanların sayısallaştırılmasından sonra, arazi kullanımları ve jeoloji haritaları yapılmıştır. Bu haritalara dayanarak, taşkın tehlikesini değerlendirmek için gerekli parametreler olan yağış, bakı, eğim toprak, arazi kullanımı, akarsuya uzaklık ve jeoloji parametreleri çıkarılmıştır.

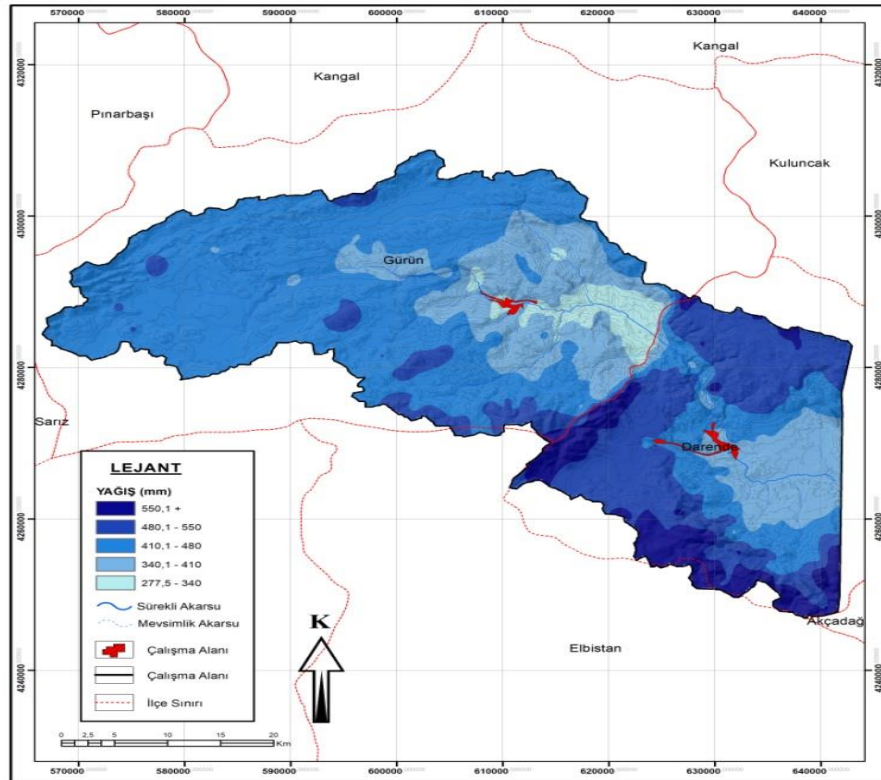
4.2.1.1 Yağış

Taşkın oluşumunda en önemli faktörlerden biri yağış olarak değerlendirilebilir. Toprağın suyu tutma kapasitesini aşması durumunda yüzeyde akışa geçecek olan en önemli faktörlerden biri olan yağış taşkın riskini oluşturur. Yağış haritası Schreiber tarafından geliştirilen bir yöntem ile oluşturulmuştur. Schreiber tarafından geliştirilen bu yöntem fiziki coğrafya ve biyoiklim çalışanları tarafından önerilmektedir (Erinç 1984, Dönmez 1990, Akman 1990). Schreiber formülünde her 100 m bir yağışta 54 mm'lik bir artış (yakında bulunan istasyon aşağısında kalıyor ise çıkarma işlemi

uygulanır) meydana gelir ve bu yöntem ilk defa Erinç tarafından Türkiye koşullarına uygulanmıştır (Şengün ve Kıranşan 2016). Ayrıca Çiçek ve Ataoğlu (2009); Erdoğan vd., (2019), yaptıkları çalışmada Schreiber metodunu kullanarak yeni bir yağış haritasını oluşturmuşlardır. Şekil 4.3’de yağış haritası incelendiğinde, oluşturulan yağış haritasına göre yağışın en fazla olduğu alanlar Darende ovasının kuzeyinde yer alan yüksek kesimler görülürken yağışın en az olarak görüldüğü yerler Gürün ve çevresindedir. Çizelge 4.1’de atanan değerler göz önüne alındığında Darende bölgesinin taşkın riskinin Gürün bölgesine göre daha fazla risk teşkil ettiği anlaşılmıştır.

Çizelge 4.1 Yağış Değer Atama Tablosu

Yağış Değer Aralıkları	Atanan Risk Değeri
277.5-340	1
340.1-410	2
410.1-480	3
480.1-560	4
550.1 +	5



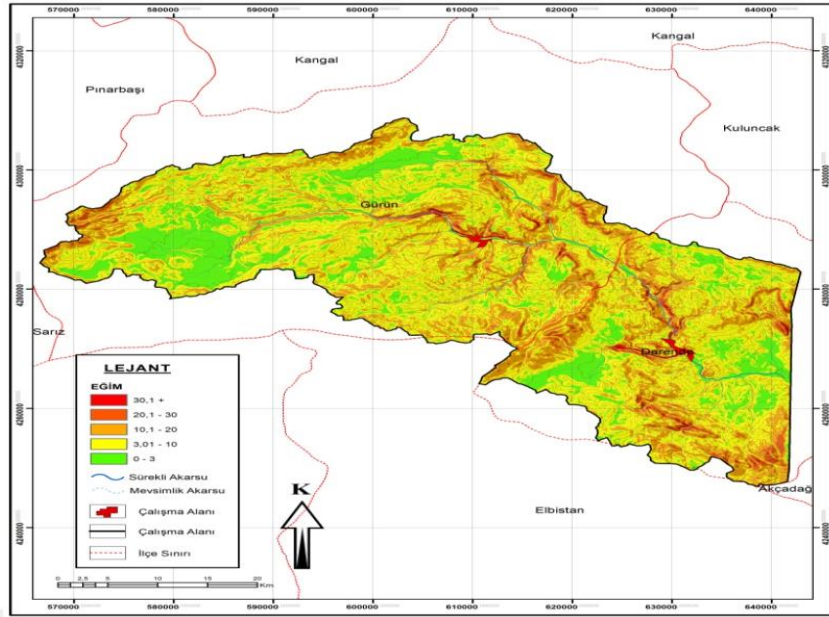
Şekil 4.3 Çalışma Alanına Ait Yağış Haritası

4.2.1.2 Eğim

Eğim, yüzey akışının belirli bir yere ulaşmasını kontrol etmede önemli bir rol oynar. Dik eğim, küçük eğimlerden daha fazla hız üretir ve bu nedenle akıntıyı daha hızlı bir şekilde elden çıkarabilir. Düz veya yumuşak eğimli yerlerde akış bir alan üzerinde depolanır ve zamanla yavaş yavaş ilerler (Meena ve diğ. 2017). Bu nedenle, düşük eğim, yüksek eğime kıyasla taşkın oluşumuna karşı çok hassastır (Xu ve diğ. 2018). Meena ve diğ. (2017), yaptıkları çalışmada %0-1 eğimli arazilerin çok yüksek taşkın riski oluşturduğu ifade etmişlerdir. Oğuz ve diğ. (2016), yaptıkları çalışmada eğimin düşük olduğu yerlerin taşkın riski açısından daha fazla risk teşkil ettiğini belirtmişlerdir. Özcan ve diğ. (2009), çalışmalarında düşük eğim değerlerinin en fazla risk durumunu oluşturduğunu söylemişlerdir. Özşahin (2013), Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi başlığı altında yaptığı çalışmada taşkınların daha çok düşük eğimli yerlerde meydana gelme riskinin fazla olduğunu ifade etmiştir. Rincón ve diğ. (2018), çalışmasında eğimlerin ne kadar dik olursa, akış o kadar yüksek olur ve sonuç olarak daha hızlı bir akışın meydana geleceğini vurgulamıştır. Ayrıca çalışmada “5” değerinin eğimin daha düşük eğimlere, “1” değerinin ise eğimin daha yüksek değerlere verildiğini göstermiştir. Şekil 4.4'de eğim haritası incelendiğinde, çalışma alanındaki düz alanlar taşkın riskinin yüksek olduğu alanları, eğimin yüksek olduğu alanlar ise taşkın riskinin az olduğu alanlar sonucunu çıkarmaktadır. Çizelge 4.2'de atanan değerler ve yapılan literatür araştırmaları göz önüne alındığında çalışılan sahada 0-3 ile 10-20 derece arasındaki eğim aralıklarında taşkınların daha fazla risk teşkil ettiği görülmektedir.

Çizelge 4.2 Eğim Değer Atama Tablosu

Eğim Değer Aralıkları(%)	Atanan Risk Değeri
0-3	5
3.01-10	4
10.1-20	3
20.1-30	2
30.1 +	1



Şekil 4.4 Çalışma Alanının Eğim Haritası

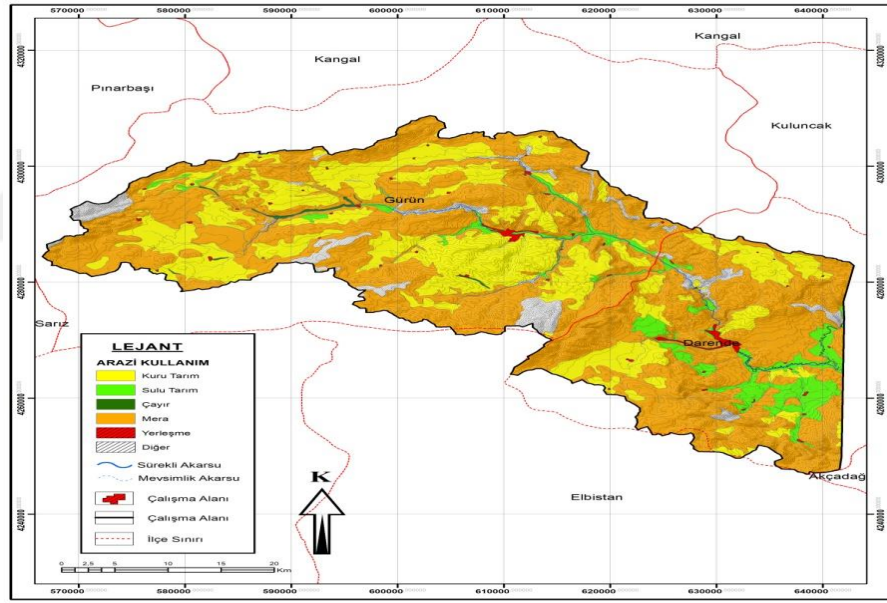
4.2.1.3 Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı, yıllardır süre gelen doğal ortamın insanların ihtiyaçlarını karşılamak için değiştirilmesidir. Ağaçların tarım arazileri için yok edilmesi ve tarım arazilerinin yerleşim haline getirilmesi taşkın etki faktörlerini arttırmaktadır. Bu nedenle binalar, arazi kullanım tipleri, yollar, toprağın suyu nüfuz etme kapasitesini azaltmaktadır. Arazi kullanımında meydana gelen bu olumsuz durumlar taşkın riskinin oluşmasına sebebiyet vermektedir (Xu ve diğ. 2018). 4342 sayılı Mera kanununda “Mera: Hayvanların otlatılması ve otundan yararlanılması için tahsis edilen veya kadimden beri bu amaçla kullanılan yeri” olarak tanımlanmıştır (Anonim, 1998). İlkbahar mevsimlerinde mera ve çayır alanlarında oluşan yağışların olası bir taşkına sebebiyet vermemesinin sebebi mera ve çayır alanlarında büyüyen bitki örtülerinin yağışın akışa geçmesine engel olmasıdır. Ayrıca bitkilerin intersepsiyon yolu ile suyun 1/3’ünü tutması akışın yüzeyde hareket etmesini engellemektedir (Tonbul ve Sunkar 2011). Oğuz ve diğ., (2016); Tokgözlü ve Özkan (2018), çalışmalarında yerleşim alanlarının taşkın riskinin en fazla yaşandığı alanlar olarak değerlendirmiştir. Tokgözlü ve Özkan (2018); Tanrıverdi (2019), çalışmasında ele alınan ölçütlerin ağırlıklarını değer atama kriterlerinde yerleşme alanlarına 1-9 aralığında 9 değerini vererek en riskli faktör olarak belirlemiştir. Orman alanlarına ise 1 değerini atayarak en risksiz faktör olarak değerlendirmiştir. Geri kalan faktörlerin risk değerlerini ise sırası ile en riskli olarak

sulu tarım, kuru tarım, doğal arazi ve bağ-bahçe olarak sıralamıştır. Şekil 4.5'de arazi kullanımı haritasına göre çalışma alanının genelinde mera ve kuru tarım arazileri olduğu görülmektedir. Çizelge 4.3'de atanan değerler ve yapılan litaretür araştırmaları göz önüne alındığında kuru tarımın yapıldığı bölgelerin en az taşkın riski oluşturduğu fakat sulu tarım ve yerleşme alanlarının daha fazla taşkın riski oluşturduğu görülmektedir.

Çizelge 4.3 Arazi Kullanım Değer atama Tablosu

Arazi Kullanım Tipleri	Atanan Risk Değeri
Kuru Tarım	3
Sulu Tarım	4
Çayır, Mera	2
Yerleşme	5



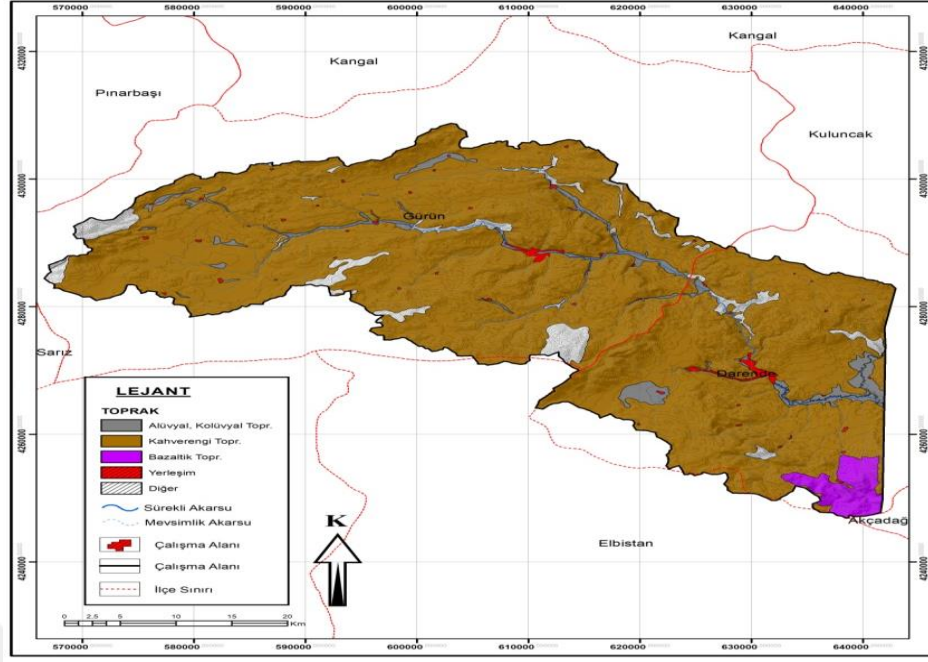
Şekil 4.5 Çalışma Alanının Arazi Kullanım Haritası

4.2.1.4 Toprak

Akarsu havzalarında gelişen yerleşkeler toprak bölgelerini daraltmakta ve toprak elverişsiz bir duruma getirilmektedir. Özellikle günümüzde inşaat sektörünün artmasına bağlı olarak suların tutulabileceği yerler işgal edilmekte ve toprağın suyu emme kapasiteside azalmaktadır. Bu etkenler suyun akışa geçme olasılığını arttırmakta ve taşkın riskini ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca toprağın kuru olması ile sulu olması taşkın riskini etkilemektedir (Özcan, 2017). Özcan ve diğ., 2009 ; Oğuz ve diğ., 2016, Tokgözlü ve Özkan 2018, yapmış oldukları çalışmalarda alüvyol ve kalüvyal toprakların taşkın riski açısından diğer toprak gruplarına göre daha fazla risk teşkil ettiğini belirtmişlerdir. Akıncı vd., 2012, yaptıkları çalışmada toprak gruplarında risk değer atamalarını en yüksekten alüvyal toprak, kahverengi toprak ve bazaltik topraklar olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca Oğuz vd., 2016, çalışmalarında alüvyal ve kalüvyal topraklardan hemen sonra yerleşim alanlarının taşkın konusunda risk teşkil ettiğini ifade etmişlerdir. Şekil 4.6'da oluşturulan toprak haritasına göre arazinin genelinde kahverengi toprakların olduğu ve bu toprak tipinin taşkın riski açısından orta derecede risk teşkil ettiği görülmektedir. Yine bu haritada da alüvyal toprakların olduğu sahalar taşkın riski için en riskli alanlardır. Çünkü alüvyal toprakların taban suyunun yüksek olması bu toprak tipinin geçirimsizlik özelliğini düşürmektedir (Dölek ve Avcı, 2017). Çizelge 4.4'de atanan değerler ile yapılan litaretür araştırmaları göz önüne alındığında alüvyal toprakların olduğu bölgelerin en fazla taşkın riski taşıyan bölgeler olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.4 Toprak Değer atama Tablosu

Toprak Tipleri	Atanan Risk Değeri
Alüvyal Toprak, Kolüvyal Toprak	5
Yerleşim	4
Kahverengi Toprak	2
Bazalt Toprak	3



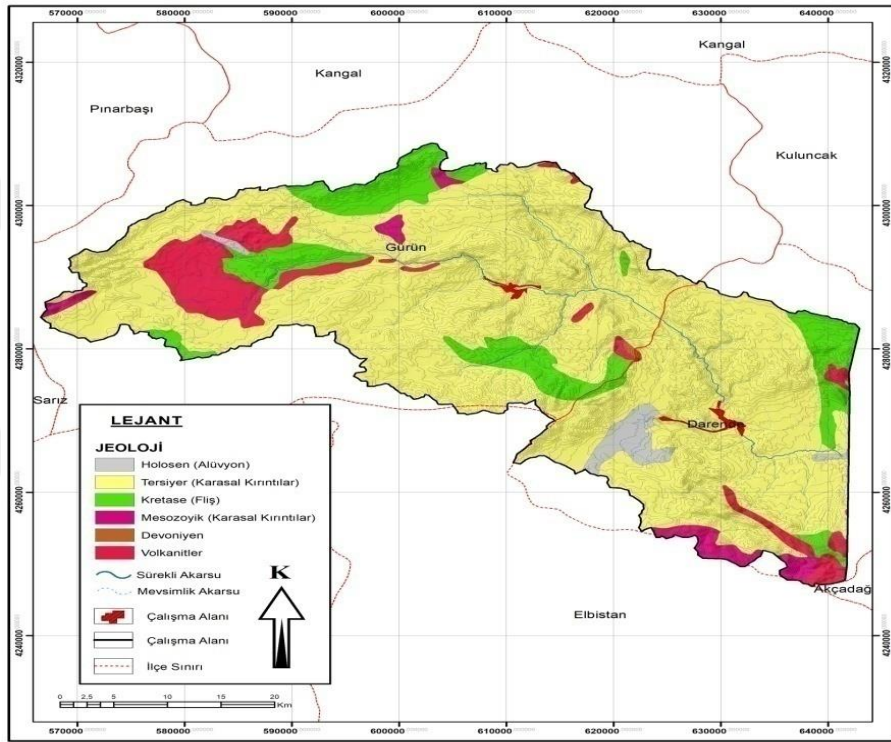
Şekil 4.6 Çalışma Alanının Toprak Haritası

4.2.1.5 Jeoloji

Jeoloji taşkın riski için dolaylı etkiye sahip faktörlerdendir. Havzanın jeolojik yapısı yağışın yeraltına sızma derecesini etkiler. Çizelge 4.5’de atanan değerler yapılan litaretür araştırmaları ile göz önüne alındığında jeolojik zaman cetvelinde en genç oluşumlu zaman holosen olarak bilinmektedir. Şekil 4.7’de oluşturulan çalışma alanının jeoloji haritası incelendiğinde haritada tersiyer oluşumunun daha yaygın olduğu anlaşılmıştır.

Çizelge 4.5 Jeoloji Değer Atama Tablosu

Jeolojik Zamanlar	Atanan Risk Değeri
Holosen	1
Tersiyer	2
Kretase	3
Mesozoyik	3
Devoniyen	4
Volkanitler	5



Şekil 4.7 Çalışma Alanının Jeoloji Haritası

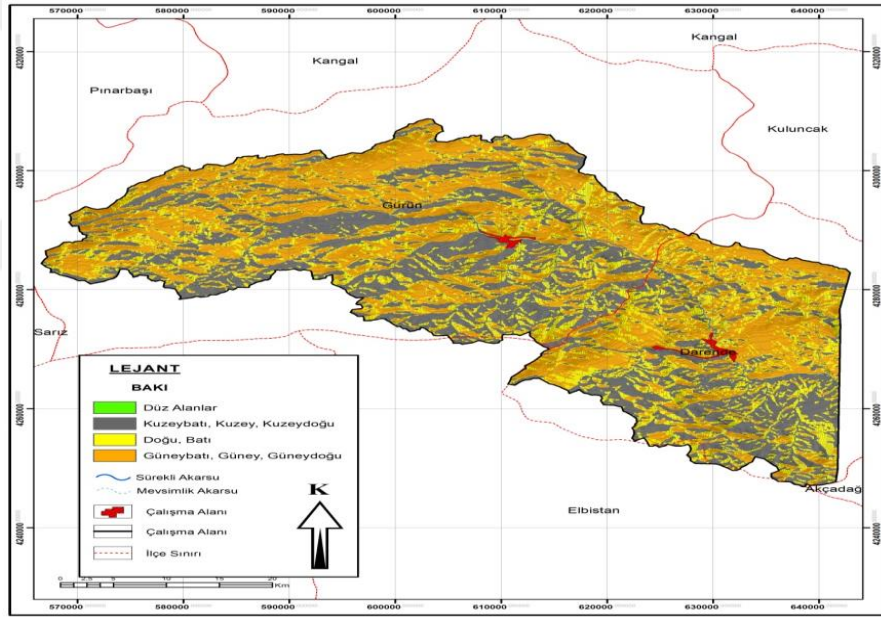
4.2.1.6 Bakı

Bir yüzeydeki bir yerde en dik iniş yönünü tanımlar. Bir tepenin eğim yönü veya pusula yönü olarak da düşünülebilir (ESRI INC., 1997). Özşahin (2013), yaptığı çalışmada oluşturduğu bakı haritasında düz alanların değer atamasında daha risk teşkil ettiğini belirtmiştir. Kahraman ve diğ. (2016) ile Özşahin (2013), çalışmalarında K, KD, KB değerlerine “4” ve G, GD, GB değerlerine ise “2” değerlerini atayarak bu yön tiplerinin taşkın riskindeki önemlerini ifade etmişlerdir. Öztürk (2009), doktora tez çalışmasında düz alanlar ile K, KD, KB yönlerini en riskli yön olarak belirlemiş ve en

azrisk teşkil eden yönleri ise G, GD, GB olarak beliremiştir. Literatür araştırmalarına göre Çizelge 4.6'da atanan risk değerleri göz önüne alındığında Şekil 4.8'de düz alanlar ile K, KD ve KB'nın taşkın riski açısından daha olumsuz bir faktör olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca yapılan AHP testinde de bakının taşkına etkisi son sırada yer almaktadır.

Çizelge 4.6 Bakı Değer Atama Tablosu

Bakı Tipleri	Atanan Risk Değeri
Düz Alanlar	5
K, KD, KB	4
G, GD, GB	2
D,B	3



Şekil 4.8 Çalışma Alanının Bakı Haritası

4.2.2 AHP İle Taşkın Risk Analizi

Taşkın risk haritasını belirlemek için literatür araştırmalarında ve mevcut taşkın alanlarında yağış, eğim, akarsu drenaj yoğunluğu (ya da akarsuya olan uzaklık), toprak, bakı, arazi kullanımı ve jeoloji unsurlarının etki dereceleri birbirlerine göre farklılık göstermektedir. Bu amaçla bu faktörlerin ağırlık ortalamaları AHP ile (Analitik Hiyerarşi Süreci, ing. Analytic Hierarchy Process) belirlenmiştir. Yalçın ve Kılıç (2015), ağırlık ölçütlerinin belirlenmesinde ya uzmanlardan veya karar vericilerin görüşleri alınarak ya da literatür araştırmalarında kullanılan ölçütlerin kısas alınabileceğini ifade etmişleridir. İfade edilen bu teknikler değerlendirilerek taşkın risk haritasının oluşturulmasında ele alınan ölçütlerin ağırlıkları literatür araştırmaları (Yılmaz vd., 2015; Öztürk, 2009; Tanrıverdi, 2019; Kandilioti ve Makropoulos, 2012; Tokgözlü ve Özkan 2018; Yahaya vd., 2010; Yalcin ve Akyurek, 2004; Gigović vd., 2017) sonucunda belirlenmiştir. Yılmaz vd., (2015), havza parametrelerini (yağış, eğim, bakı, akarsuya uzaklık vb.) belirlerken ağırlık ortalamalarını literatür çalışmaları yaparak belirlemiştir. Aynı şekilde Ortaya çıkan katsayı sonuçları ve önem dereceleri Çizelge 4.8’de ayrıca değerlendirilip parametlerin ağırlık ortalamaları bulunmuştur. Saha verilerine göre oluşturulan haritalar ArcGIS yazılımında ArcMap öznelik veri tabanına işlenmiştir. “Spatial Analysis-Weighted Sum” kullanılarak elde edilen ağırlık katsayıları karşılaştırılmış ve taşkın risk haritası ortaya çıkarılmıştır.

Çizelge 4.8 İkili Karşılaştırma Tablosu

AHP	YAĞIŞ	EĞİM	BAKI	TOPRAK	ARAZİ KULLANIMI	JEOLJİ	AKARSUYA YAKINLIK
YAĞIŞ	1	3	7	2	5	2	2
EĞİM	1/3	1	5	3	3	2	3
BAKI	1/7	1/5	1	1/3	1/2	1/3	1/4
TOPRAK	1/2	1/3	3	1	3	3	2
ARAZİ KULLANIMI	1/5	1/3	2	1/3	1	1/3	1/4
JEOLJİ	1/2	1/2	3	1/3	3	1	2
AKARSUYA YAKINLIK	1/2	1/3	4	1/2	4	1/2	1

AHP’de faktörlere öncelik değerleri atama işlemleri Şekil 4.10, Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10 'da (http://bpmsg.com/academic/ahp_calc.php)’dan hesaplanmıştır.

A - wrt AHP priorities - or B?		Equal	How much more?								
1	<input checked="" type="radio"/> YAĞIŞ	<input type="radio"/> EĞİM	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
2	<input checked="" type="radio"/> YAĞIŞ	<input type="radio"/> TOPRAK	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
3	<input checked="" type="radio"/> YAĞIŞ	<input type="radio"/> JEOLojİ	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
4	<input checked="" type="radio"/> YAĞIŞ	<input type="radio"/> AKARSUYA UZAKLIK	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
5	<input checked="" type="radio"/> YAĞIŞ	<input type="radio"/> ARAZİ KULLANIMI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
6	<input checked="" type="radio"/> YAĞIŞ	<input type="radio"/> BAKI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input checked="" type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
7	<input checked="" type="radio"/> EĞİM	<input type="radio"/> TOPRAK	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
8	<input checked="" type="radio"/> EĞİM	<input type="radio"/> JEOLojİ	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
9	<input checked="" type="radio"/> EĞİM	<input type="radio"/> AKARSUYA UZAKLIK	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
10	<input checked="" type="radio"/> EĞİM	<input type="radio"/> ARAZİ KULLANIMI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
11	<input checked="" type="radio"/> EĞİM	<input type="radio"/> BAKI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input checked="" type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
12	<input checked="" type="radio"/> TOPRAK	<input type="radio"/> JEOLojİ	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
13	<input checked="" type="radio"/> TOPRAK	<input type="radio"/> AKARSUYA UZAKLIK	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
14	<input checked="" type="radio"/> TOPRAK	<input type="radio"/> ARAZİ KULLANIMI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
15	<input checked="" type="radio"/> TOPRAK	<input type="radio"/> BAKI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
16	<input checked="" type="radio"/> JEOLojİ	<input type="radio"/> AKARSUYA UZAKLIK	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
17	<input checked="" type="radio"/> JEOLojİ	<input type="radio"/> ARAZİ KULLANIMI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
18	<input checked="" type="radio"/> JEOLojİ	<input type="radio"/> BAKI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
19	<input checked="" type="radio"/> AKARSUYA UZAKLIK	<input type="radio"/> ARAZİ KULLANIMI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
20	<input checked="" type="radio"/> AKARSUYA UZAKLIK	<input type="radio"/> BAKI	<input type="radio"/> 1	<input type="radio"/> 2	<input checked="" type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9
21	<input checked="" type="radio"/> ARAZİ KULLANIMI	<input type="radio"/> BAKI	<input type="radio"/> 1	<input checked="" type="radio"/> 2	<input type="radio"/> 3	<input type="radio"/> 4	<input type="radio"/> 5	<input type="radio"/> 6	<input type="radio"/> 7	<input type="radio"/> 8	<input type="radio"/> 9

CR = 6.9% OK

dec. comma

Şekil 4.10 Bpmsg.com Üzerinden Değer Atama İşlemleri

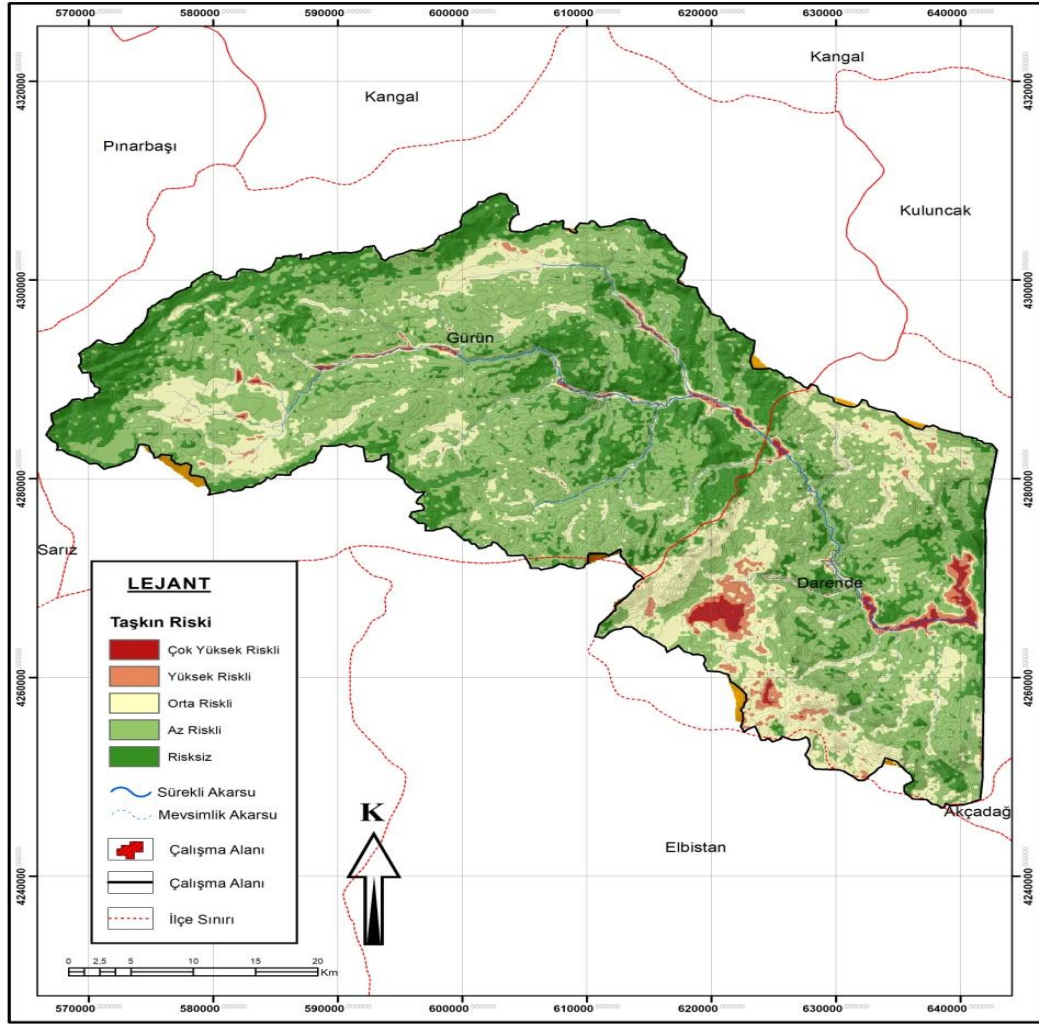
Tutarlılık oranının değerinin % 6.9 çıkması yapılan karşılaştırmaların tutarlı olduğunu göstermiştir.

Çizelge 4.9 Öğelerin Ağırlıklarının Belirlenmesi

Parametreler	YAĞIŞ	EĞİM	TOPRAK	JEOLojİ	AKARSUYA UZAKLIK	ARAZİ KULLANIMI	BAKI
YAĞIŞ	1	3	2	2	2	5	7
EĞİM	0.33	1	3	2	3	3	5
TOPRAK	0.5	0.33	1	3	2	3	3
JEOLojİ	0.5	0.5	0.33	1	2	3	3
AKARSURA UZAKLIK	0.5	0.33	0.5	0.5	1	4	4
ARAZİ KULLANIMI	0.2	0.33	0.33	0.33	0.25	1	2
BAKI	0.14	0.2	0.33	0.33	0.25	0.5	1

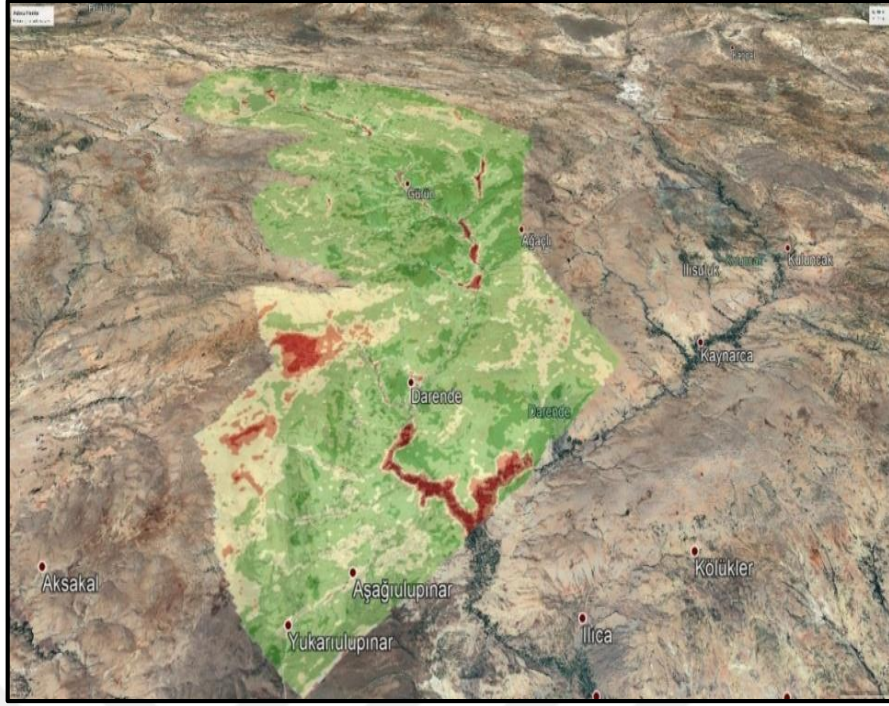
Çizelge 4.10 Ağırlık Ortalama Sıralaması

Sıra	Parametreler	Ağırlık
1	Yağış	29.0%
2	Eğim	22.6%
3	Toprak	16.2%
4	Jeoloji	12%
5	Akarsuya Uzaklık	10.8%
6	Arazi Kullanımı	5%
7	Bakı	3.6%



Şekil 4.11 AHP-Taşkın Risk Haritası

Havza parametrelerinin ağırlık ortalamaları ArcGIS ortamında ağırlıkların çalıştırılması yöntemi ile oluşturulan taşkın risk haritası Şekil 4.11'de gösterilmiştir. Ayrıca taşkın haritasının Google-Earth ile görünümü Şekil 4.12'de verilmiştir.



Şekil 4.12 Taşkın Risk Haritasının Google Earth Üzerinde Görünümü

Oluşturulan taşkın risk alanlarının dağılışı Çizelge 4.11’de incelendiğinde çok yüksek riskli alanlar toplam arazinin % 1.75’ine denk gelmektedir. 3.193 hektar olan bu riskli alanlar Tohma Deresinin geçtiği yerleşimlerin olduğu bölgelerdir.

Çizelge 4.11 Taşkın Risk Alanlarının Dağılışı

Taşkın Riski	Alan (Ha)	Oran(%)
Risksiz	53.127	24.83
Az Riskli	108.824	50.86
Orta Riskli	42.369	19.80
Yüksek Riskli	6.293	2.94
Çok Yüksek Riskli	3.164	1.48
TOPLAM	213.964	100.00

4.2.3 BAHP İle Taşkın Risk Analizi

Taşkın risk haritasının oluşturulmasında kullanılan bir diğer yöntem BAHP (Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemi) 'dir. Bu yöntemde de literatür taramaları (Yılmaz vd., 2015; Öztürk, 2009; Tanrıverdi, 2019; Kandilioti ve Makropoulos, 2012; Tokgözlü ve Özkan 2018; Yahaya vd., 2010; Yalcin ve Akyurek, 2004; Gigović vd., 2017; Göksu, 2008; Başlıgil, 2005; Kahraman vd., 2004) dikkate alınarak taşkın risk haritası oluşturulmuştur.

Çalışmanın ilk aşamasında oluşturulan yağış, eğim, bakı, jeoloji, toprak, akarsuya uzaklık ve arazi kullanım haritaları bu çalışmada da referans alınmıştır. Chang (1996) kriterlerin karşılaştırmalarında üçgensel bulanık sayılar metodunu kullanmıştır. Bu çalışmada da Chang'ın modeli esas alınmıştır.

Taşkın haritasının oluşturulması aşamasında ilk olarak havzada kullanılan parametrelerin ikili karşılaştırma tablosu Çizelge 4.12'de oluşturulmuştur.

Çizelge 4.12 Bulanık Mantık Yöntemi İkili Karşılaştırma Tablosu

	Yağış	Eğim	Toprak	Jeoloji	Akarsuya Uzaklık	Arazi Kullanımı	Bakı
Yağış		3	2	2	2	5	7
Eğim			3	2	3	3	5
Toprak				3	2	3	3
Jeoloji					2	3	3
Akarsuya Uzaklık						4	4
Arazi Kullanımı							2
Bakı							

İkili karşılaştırma matrisi oluşturulduktan sonra yöntemin uygulanmasında ihtiyaç duyulan bütün hesaplamalar Microsoft Excel tabanlı yazılan ücretsiz bir program yardımı ile (<http://soft.onlineoutput.com/>) adresinden gerçekleştirilmiş ve hesaplamalar tamamlanmıştır. Bütün kriterlerin bulanıklaştırılmış karşılaştırma matris

değerleri analiz edilmiş ve faktörlerin bulanık sayı ikili karşılaştırma matrisleri Çizelge 4.13’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13 Bulanık Mantık Değerlendirme Matrisi

Faktörleri Karşılaştırma	Yağış	Eğim	Toprak
Yağış	(1.0, 1.0, 1.0)	(2.0,3.0,4.0)	(1.0,2.0,3.0)
Eğim	(0.2,0.3,0.5)	(1.0,1.0,1.0)	(2.0,3.0,4.0)
Toprak	(0.3,0.5,1.0)	(0.2,0.3,0.5)	(1.0,1.0,1.0)
Jeoloji	(0.3,0.5,1.0)	(0.3,0.5,1.0)	(0.2,0.3,0.5)
Akarsuya Uzaklık	(0.3,0.5,1.0)	(0.2,0.3,0.5)	(0.3,0.5,1.0)
Arazi Kullanımı	(0.1,0.2,0.2)	(0.2,0.3,0.5)	(0.2,0.3,0.5)
Bakı	(0.1,0.1,0.1)	(0.1,0.2,0.2)	(0.2,0.3,0.5)

Çizelge 4.13 Bulanık Mantık Değerlendirme Matrisi (devamı)

Faktörleri Karşılaştırma	Jeoloji	Akarsuya Uzaklık	Arazi Kullanımı	Bakı
Yağış	(1.0,2.0,3.0)	(1.0,2.0,3.0)	(4.0,5.0,6.0)	(6.0,7.0,8.0)
Eğim	(1.0,2.0,3.0)	(2.0,3.0,4.0)	(2.0,3.0,4.0)	(4.0,5.0,6.0)
Toprak	(2.0,3.0,4.0)	(1.0,2.0,3.0)	(2.0,3.0,4.0)	(2.0,3.0,4.0)
Jeoloji	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,2.0,3.0)	(2.0,3.0,4.0)	(2.0,3.0,4.0)
Akarsuya Uzaklık	(0.3,0.5,1.0)	(1.0,1.0,1.0)	(3.0,4.0,5.0)	(3.0,4.0,5.0)
Arazi Kullanımı	(0.2,0.3,0.5)	(0.2,0.2,0.3)	(1.0,1.0,1.0)	(1.0,2.0,3.0)
Bakı	(0.2,0.3,0.5)	(0.2,0.25,0.3)	(0.3,0.5,1.0)	(1.0,1.0,1.0)

Bulanık değerlendirme matrisi elde edildikten sonra havzaya ait parametrelerin (yağış, eğim, toprak, jeoloji, akarsuya uzaklık, arazi kullanımı ve bakı) ağırlık ortalama sıralamaları Çizelge 4.14’de gösterilmiştir.

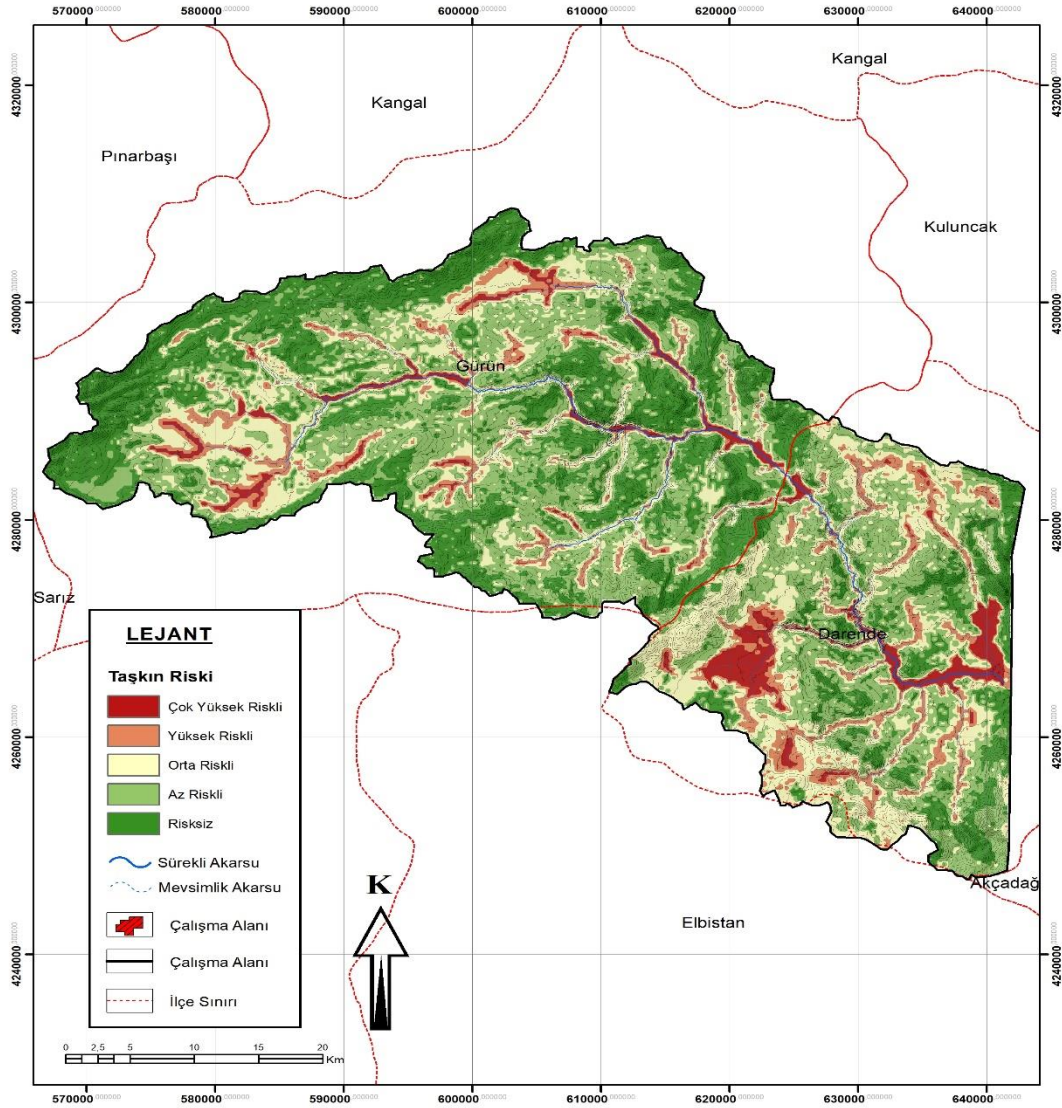
Çizelge 4.14 Ağırlık Ortalama Sıralaması

Sıra	Parametreler	Ağırlık
1	Yağış	31.0%
2	Eğim	25.0%
3	Toprak	17,9%
4	Jeoloji	12.9%
5	Akarsuya Uzaklık	13.2%
6	Arazi Kullanımı	0%
7	Bakı	0%

Çizelge 4.14’de oluşturulan ağırlık ortalamalarına bakıldığında Bulanık Mantık Yönteminde ağırlık oranları sıfıra yakın olan faktörlerin değerleri sıfır kabul edilir. Çünkü oransal yöntemde paydanın sıfır olmasından dolayı matematiksel olarak

tanımsız bir durum çıktığından ağırlık puanlamasında sıfıra yakın olan değerler ihmal edilir (Malczewski, 1999a).

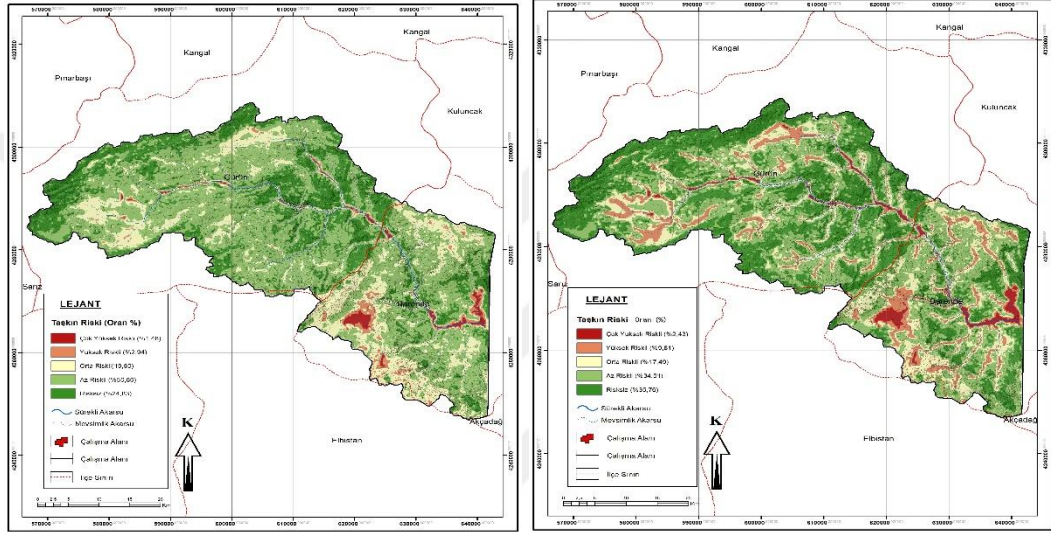
Ağırlık ortalamaları hesaplandıktan sonra ArcGIS ortamında ArcMap öznetelik veri tabanına işlenmiştir ve “Spatial Analysis-Weighted Sum” kullanılarak elde edilen değerler çakıştırılmıştır. Şekil 4.13’de taşkın risk haritası ve Şekil 4.14 ile Çizelge 4.15’de taşkın oranlarının alansal dağılımı ve taşkın haritalarının gösterimi gösterilmiştir.



Şekil 4.13 BAHP-Taşkın Risk Haritası

Çizelge 4.15 Taşkın Risk Alanlarının Dağılışı

Taşkın Riski	Alan (Ha)	Oran(%)
Risksiz	76.519	35.76
Az Riskli	73.843	34.51
Orta Riskli	37.423	17.49
Yüksek Riskli	20.981	9.81
Çok Yüksek Riskli	5.197	2.43
TOPLAM	213.964	100.00



a. Ahp Yöntemi

b. Bulanık Ahp Yöntemi

Şekil 4.14 AHP ve BAHF Yöntemleri İle Hazırlanan Taşkın Haritaları(a,b)

Çizelge 4.16 Ağırlık Katsayısı Karşılaştırmaları

Sıra	Parametreler	Ahp Ağırlık	Bulanık Ahp Ağırlık
1	Yağış	29.0%	31.0%
2	Eğim	22.6%	25.0%
3	Toprak	16.2%	17,9%
4	Jeoloji	12%	12.9%
5	Akarsuya Uzaklık	10.8%	13.2%
6	Arazi Kullanımı	5%	0%
7	Bakı	3.6%	0%

Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında ağırlık katsayılarına göre sıralamalarda herhangi bir değişiklik olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.16). Ayrıca Bulanık AHP ile bulunan değişkenlerin ağırlık katsayılarından yüksek önem oranlarına sahip değişkenlerin ağırlığının daha da arttığı, düşük önem oranlarına sahip değişkenlerin ağırlıklarında ise azalma olduğu görülmüştür. Çıkan sonuçlardan anlaşılacağı üzere Bulanık AHP önem değeri çok az olan (bakı ve arazi kullanımı) kriterleri değerlendirmeye almadığı ve çok önemli olan (yağış ve eğim) kriterlerin önem katsayılarını da arttırdığı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak oluşturulan taşkın risk haritaları incelendiğinde haritaların bazı bölgelerinde taşkın katsayılarının değişimine bağlı olarak risk alanlarında kısmi değişiklikler meydana gelmiştir.



5. SONUÇLAR

Tohma havzasında taşkın risk alanlarının belirlenmesinin amaçlandığı bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

Tohma havzasına ait veriler doğrultusunda CBS yardımı ile havzaya ait hidrolojik parametreler ve 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar oluşturulmuştur. Bu parametrelerin birbirlerine göre ağırlık oranları ve ağırlık ortalamaları AHP ve Bulanık AHP yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Elde edilen ağırlık ortalamaları CBS ortamına aktararak çalışma alanı olan Tohma Havzası Gürün-Darende bölgelerinin taşkın risk haritaları oluşturulmuştur.

Bu çalışmada kullanılan AHP ve Bulanık AHP yöntemlerinden elde edilen sonuçlara bakıldığında, ağırlık katsayılarına göre sıralamalarda herhangi bir değişiklik olmadığı görülmüştür. Ayrıca Bulanık AHP yöntemi ile bulunan değişkenlerin ağırlık katsayılarının yüksek önem oranlarına sahip olanlarda daha da arttığı, düşük önem oranlarına sahip olanlarda ise azalma olduğu belirlenmiştir. Bulanık AHP yönteminin önem değeri çok az olan (bakı ve arazi kullanımı) kriterlerini değerlendirmeye almadığı ve çok önemli olan (yağış ve eğim) kriterlerin önem katsayılarını da arttırdığı tespit edilmiştir. İki yöntemin yakın sonuçlar vermesi yöntemlerin doğruluğunun kanıtlanması açısından önem taşımaktadır.

Her iki yöneme göre de; Malatya İli Darende ilçesi Irmaklı, Akova, Karşıyaka, Başdirek, Beybağı ve Yazıköy mahallelerinde; Sivas ili Gürün ilçesi Suçatı, Burçevi, Sularbaşı köylerinde yerleşimin yoğun olduğu yerlerde taşkın riskinin yüksek olduğu görülmektedir. Tohma çayı vadisinin kenarında yer alan yerleşmelerde ise risk derecesinin en yüksek olduğu anlaşılmıştır. Darende ovasında düz olan tarım sahaları da taşkın riski açısından yüksek alanlar arasındadır.

Bu tez çalışması ile elde edilen bulguların, gelecekte tohma havzası üzerinde yapılacak taşkın tahmini çalışmalarına katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

6. KAYNAKÇA

- Agrawal, S., Antunes, J. P., Theron, E., Truscott, M., De Beer, D. J. (2006). Physical modeling of catchment area by rapid prototyping using GIS data. *Rapid Prototyping Journal*, **12(2)**, 78-85.
- Akıncı, H., Özalp, A. Y., Turgut, B. (2018) Ahp Yöntemi İle Tarıma Uygun Alanların Belirlenmesi.
- Anbazhagan, S., Ramasamy, S. M., Gupta, S. D. (2005). Remote sensing and GIS for artificial recharge study, runoff estimation and planning in Ayyar basin, Tamil Nadu, India. *Environmental Geology*, **48(2)**, 158-170.
- Anonim, 1998. Mera Kanunu 28.02.1998 md:1. Resmi Gazete.
- Anonim.(2016). <https://Water.Usgs.Gov/Edu/Watershed.Html> (Erişim 19 Ekim 2019)
- Başlıgil, H. (2005). The fuzzy analytic hierarchy process for software selection problems. *Sigma*, **3(1)**, 24-33.
- Biswas, S., Sudhakar, S., Desai, V. R. (1999). Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian society of remote sensing*, **27(3)**, 155.
- Bulley, H. N. N., Marx, D. B., Merchant, J. W., Holz, J. C., Holz, A. A. (2008). A comparison of Nebraska reservoir classes estimated from watershed-based classification models and ecoregions. *Journal of Environmental Informatics*, **11(2)**, 90-102.
- Burrough, P. A. (1986). Principles of Geographical. Information Systems for Land Resource Assessment. Clarendon Press, Oxford.
- Büchele, B., Kreibich, H., Kron, A., Thielen, A., Ihringer, J., Oberle, P., Nestmann, F. (2006). Flood-risk mapping: contributions towards an enhanced assessment of extreme events and associated risks. *Natural Hazards and Earth System Science*, **6(4)**, 485-503.
- Callède, J., Guyot, J. L., Ronchail, J., L'Hôte, Y., Niel, H., de Oliveira, E. (2004). Evolution du débit de l'Amazone à Óbidos de 1903 à 1999/Evolution of the River Amazon's discharge at Óbidos from 1903 to 1999. *Hydrological Sciences Journal*, **49(1)**, 85-97.
- Cancela, J., Fico, G., & Waldmeyer, M. T. A. (2015). Using the analytic hierarchy process (AHP) to understand the most important factors to design and evaluate a telehealth system for Parkinson's disease. *BMC medical informatics and decision making*, **15(3)**, S7.
- Chan, F. T. S. ve Kumar, N. (2007). Global supplier development considering risk factors using fuzzy extended AHP based approach. *Omega*, **35 (4)**: 417-431.
- Chang, K. T. (2008). Introduction to geographic information systems (Vol. 4). Boston: McGraw-Hill.
- Chang, D. Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European journal of operational research*, **95(3)**, 649-655.

- Chaouche, K., Neppel, L., Dieulin, C., Pujol, N., Ladouche, B., Martin, E., Caballero, Y. (2010). Analyses of precipitation, temperature and evapotranspiration in a French Mediterranean region in the context of climate change. *Comptes Rendus Geoscience*, **342(3)**, 234-243.
- Chen, Y., Liu, R., Barrett, D., Gao, L., Zhou, M., Renzullo, L., Emelyanova, I. (2015). A spatial assessment framework for evaluating flood risk under extreme climates. *Science of the Total Environment*, **538**, 512-523.
- Chen, Y. R., Yeh, C. H., Yu, B. (2011). Integrated application of the analytic hierarchy process and the geographic information system for flood risk assessment and flood plain management in Taiwan. *Natural Hazards*, **59(3)**, 1261-1276.
- Chowdary, V. M., Ramakrishnan, D., Srivastava, Y. K., Chandran, V., Jeyaram, A. (2009). Integrated water resource development plan for sustainable management of Mayurakshi watershed, India using remote sensing and GIS. *Water resources management*, **23(8)**, 1581-1602.
- Colson, G., de Bruyn, C., 1989. Models and Methods in Multiple Criteria Decision Making. Pergamon, Oxford.
- Çiçek, İ., & Ataoğlu, M. (2009). Türkiye'nin su potansiyelinin belirlenmesinde yeni bir yaklaşım. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, **7(1)**, 51-65.
- Dahri, N., Abida, H. (2017). Monte Carlo simulation-aided analytical hierarchy process (AHP) for flood susceptibility mapping in Gabes Basin (southeastern Tunisia). *Environmental Earth Sciences*, **76(7)**, 302.
- Dalalah, D., Hayajneh, M., Batiha, F. (2011). A fuzzy multi-criteria decision making model for supplier selection. *Expert systems with applications*, **38(7)**, 8384-8391.
- D. Dubois and H. Prade (1978). Operations on fuzzy numbers, *Internat. J. Systems Sci.* **9** 631- 626.
- Darnell, A. P. (2011). Model Development and Incorporation of GIS Tools for Floodplain Management.
- de Moel, H., Jongman, B., Kreibich, H., Merz, B., Penning-Rowsell, E., Ward, P. J. (2015). Flood risk assessments at different spatial scales. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, **20(6)**, 865-890.
- Denizhan, B., Yalçın, A. Y., & Berber, Ş. (2017). Analitik hiyerarşi proses ve bulanık analitik hiyerarşi proses yöntemleri kullanılarak yeşil tedarikçi seçimi uygulaması. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, **6(1)**, 63-78.
- Desktop, E. A. (2011). Release 10. Redlands, CA: *Environmental Systems Research Institute*, **437**, 438.
- Dewan, A. M., Islam, M. M., Kumamoto, T., Nishigaki, M. (2007). Evaluating flood hazard for land-use planning in Greater Dhaka of Bangladesh using remote sensing and GIS techniques. *Water resources management*, **21(9)**, 1601-1612.
- Dinesh Kumar, P. K., Gopinath, G., Seralathan, P. (2007). Application of remote sensing and GIS for the demarcation of groundwater potential zones of a river basin in Kerala, southwest coast of India. *International Journal of Remote Sensing*, **28(24)**, 5583-5601.

- Dölek, İ., & Avcı, V. (2017) Muş İlinin Sel Ve Taşkın Duyarlılık Haritalarının Oluşturulması. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*, **44(5)**, 190-204.
- Dyer, J.S., Fishburn, P.C., Steuer, R.E., Wallenius, J., Zionts, S., 1992. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: the next ten years. *Management Science* **38**, 645 - 653.
- Elsheikh, R. F. A., Ouerghi, S., Elhag, A. R. (2015). Flood risk map based on GIS, and multi criteria techniques (case study Terengganu Malaysia). *Journal of Geographic Information System*, **7(04)**, 348.
- Erdoğan, Ö., Perçin, H., & Memlük, Y. (2019). Orman Alanlarının Ahp Yöntemi Kullanılarak Kütahya Kenti Örneğinde İrdelenmesi. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, **2(1)**, 61-77.
- Erinç S. (1984) Klimatoloji ve Metodları, (st Üniv. Yay. No: 3278, Deniz Bilimleri ve Cog. Enst Yay. No:2, (stanbul.
- Espinoza Dávalos, G. E. (2012). A Mexican case study for world water online. Center for Research in Water Resources, University of Texas at Austin.
- ESRI, F. (2012). What is the Jenks optimization method.
- ESRI INC., (1997a). ArcView 3D Analyst, 3D Surface Creation, Visualiton, and Analyses, *Environmental Systems Research Institute*, California, 118 p
- Eshtaiwi, M., Badi, I., Abdulshahed, A., & Erkan, T. E. (2018). Determination of key performance indicators for measuring airport success: A case study in Libya. *Journal of Air Transport Management*, **68**, 28-34.
- Fernández, D. S., Lutz, M. A. (2010). Urban flood hazard zoning in Tucumán Province, Argentina, using GIS and multicriteria decision analysis. *Engineering Geology*, **111(1-4)**, 90-98.
- Foote, K. E., Lynch, M. (2009). Geographic Information Systems as an integrating technology: context, concepts, and definitions [Online]. The Geographer's Craft Project, Department of Geography, The University of Colorado at Boulder.
- Forman, E. H., Gass, S. I. (2001). The analytic hierarchy process an exposition. *Operations research*, **49(4)**, 469-486.
- Gdoura, K., Anane, M., Jellali, S. (2015). Geospatial and AHP-multicriteria analyses to locate and rank suitable sites for groundwater recharge with reclaimed water. *Resources, Conservation and Recycling*, **104**, 19-30.
- Gigović, L., Pamučar, D., Bajić, Z., & Drobnjak, S. (2017). Application of GIS-interval rough AHP methodology for flood hazard mapping in urban areas. *Water*, **9(6)**, 360.
- Hasekioğulları, G. D. (2011). Heyelan duyarlılık haritalarının üretilmesinde parametre etkilerinin değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara.
- Hisdal, H., Stahl, K., Tallaksen, L. M., Demuth, S. (2001). Have streamflow droughts in Europe become more severe or frequent? *International Journal of Climatology*, **21(3)**, 317-333.
- Hwang, C.L., Yoon, K., (1981). Multiple Attribute Decision Making–Methods and Applications, A State-of-the-Art Survey. *Springer-Verlag*, New York.

- Ishizaka, A., Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert systems with applications*, **38(11)**, 14336-14345.
- Jankowski, P. (1995). Integrating geographical information systems and multiple criteria decision-making methods. *International journal of geographical information systems*, **9(3)**, 251-273.
- Jasmin, I., Mallikarjuna, P. (2013). Morphometric analysis of Araniar river basin using remote sensing and geographical information system in the assessment of groundwater potential. *Arabian Journal of Geosciences*, **6(10)**, 3683-3692.
- Jeneiová, K., Kohnová, S., Sabo, M. (2014). Detecting trends in the annual maximum discharges in the Vah River Basin, Slovakia. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*, **10(2)**, 133-144.
- Kahraman, C., Cebeci, U. Ve Ruan, D., "Multi Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of turkey", *International Journal of Economics*, **171**-184, 2004.
- Kalnay, E., Cai, M. (2003). Impact of urbanization and land-use change on climate. *Nature*, **423(6939)**, 528.
- Kandilioti, G., & Makropoulos, C. (2012). Preliminary flood risk assessment: the case of Athens. *Natural hazards*, **61(2)**, 441-468.
- Kendall, M. G. (1975). Rank correlation measures. Charles Griffin, London, 202, 15.
- Khatami, S., Khazaei, B. (2014). Benefits of GIS application in hydrological modeling: A brief summary. *VATTEN–Journal of Water Management and Research*, **70(1)**, 41-49.
- Kourgialas, N. N., 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.
- Kumar, S., Parashar, N., Haleem, A. (2009). Analytical hierarchy process applied to vendor selection problem: Small scale, medium scale and large scale industries. *Business Intelligence Journal*, **2(2)**, 355-362.
- Kundzewicz, Z. W., Robson, A. J. (2004). Change detection in hydrological records—a review of the methodology/revue méthodologique de la détection de changements dans les chroniques hydrologiques. *Hydrological sciences journal*, **49(1)**, 7-19.
- Kundzewicz, Z. W., Schellnhuber, H. J. (2004). Floods in the IPCC TAR perspective. *Natural Hazards*, **31(1)**, 111-128.
- L.A. Zadeh (1968), "Fuzzy Algorithms," (pp. 94- 102). *Information and Control*, Vol. 12,
- Levy, J. K. (2005). Multiple criteria decision making and decision support systems for flood risk management. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, **19(6)**, 438-447.
- Løken, E. (2007). Use of multicriteria decision analysis methods for energy planning problems. *Renewable and sustainable energy reviews*, **11(7)**, 1584-1595.
- Goodchild, M. F., Longley, P. A., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). *Geographic information systems and science*. Wiley & Sons, West Sussex, UK, **17**, 517.

- Malczewski, J., (1999a), GIS and Multicriteria Decision Analysis, John Wiley and Sons, New York.
- Meena, Y. R., & Gupta, A. K. (2017). A Study on Urban Flood Vulnerability in Vrishabhavathi Valley Watershed, Bengaluru, Karnataka using AHP, GIS and RS Techniques. *International Journal of Advanced Remote Sensing and GIS*, **6(1)**, 2325-2342.
- Nappi, M. F. (1990). Growth of geographical information system applications in developing countries (pp. 23-30). In *Geographical Information Systems for Urban and Regional Planning*. Springer, Dordrecht.
- Nguyen, T., Nahavandi, S. (2015). Modified AHP for gene selection and cancer classification using type-2 fuzzy logic. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*, **24(2)**, 273-287.
- Noranis, T., Aris, M., Maslina, Z., Noraini, C. P. (2019). Fuzzy AHP in a Knowledge-Based Framework for Early Flood Warning. (pp. 143-149). In *Applied Mechanics and Materials* Vol. 892, Trans Tech Publications Ltd.
- Oğuz, K., Oğuz, E., Coşkun, M. (2016). Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Taşkın Risk Alanlarının Belirlenmesi: Artvin İli Örneği (pp:793-804). *Ulusal Taşkın Sempozyumu Tebliğler Kitabı*, 21-24 Kasım, Rize.
- Oğraş, S., (2018). Dicle Nehri'nin Taşkın Analizinin HEC-RAS Programıyla Yapılması, Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
- Olson, D.L., (1996) Decision Aids for Selection Problems. *Springer*, New York.
- Ossadnik, W., Schinke, S., Kaspar, R. H. (2016). Group aggregation techniques for analytic hierarchy process and analytic network process: a comparative analysis. *Group Decision and Negotiation*, **25(2)**, 421-457.
- Özcan O, Musaoğlu N, Şeker D Z, (2009). *Taşkın alanlarının CBS ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi; Sakarya Havzası Örneği*. TMMOB Harita veKadastro Mühendisleri Odası, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 11-15 Mayıs 2009, Ankara.
- Özcan, O. (2017). Taşkın tespitinin farklı yöntemlerle değerlendirilmesi; Ayamama Deresi örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, **3(1)**, 9-27.
- Özşahin, E. (2013). Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. *International Journal Of Eurasia Social Sciences*, **2013(12)**, 91-109.
- Öztürk, D. (2009). *Risk analizi, CBS tabanlı çok ölçütlü karar analizi yöntemleri ile sel ve taşkın duyarlılığının belirlenmesi: Güney Marmara Havzası örneği*. Doktora Tezi, YTÜ, İstanbul).
- Panhalkar, S. S., Jarag, A. P. (2017). Flood Risk Assessment Of Panchganga River (Kolhapur District, Maharashtra) Using GIS-Based Multicriteria Decision Technique. *Current Science*, **112(4)**, 785-793.
- Partal, T., Kahya, E. (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes: An International Journal*, **20(9)**, 2011-2026.

- Patel, D. P., Srivastava, P. K. (2013). Flood hazards mitigation analysis using remote sensing and GIS: correspondence with town planning scheme. *Water resources management*, **27(7)**, 2353-2368.
- Pickles, J. (Ed.). (1995). *Ground truth: The social implications of geographic information systems*. Guilford Press.
- R. Jain, (1978) A procedure for multi-aspect decision making using fuzzy sets, *Internat. J. Systems Sci.* **8** 1-7
- Rashidpour, K. (2013). Using improved AHP method in maintenance approach selection. Yüksek Lisans Tezi, Mälardalen Üniversitesi/ Yenilik, Tasarım ve Mühendislik Fakültesi
- Rincón, D., Khan, U., & Armenakis, C. (2018). Flood risk mapping using GIS and multi-criteria analysis: A greater Toronto area case study. *Geosciences*, **8(8)**, 275.
- Saaty, T. L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of mathematical psychology*, **15(3)**, 234-281.
- Saaty, T. L. (1990). How to make a decision: the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, **48(1)**, 9-26.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, **1(1)**, 83-98.
- Santhi, C., Muttiah, R. S., Arnold, J. G., Srinivasan, R. (2005). A GIS-based regional planning tool for irrigation demand assessment and savings using SWAT. *Transactions of the ASAE*, **48(1)**, 137-147.
- Schumann G, Di Baldassarre G, Bates PD (2009) The utility of space-borne radar to render flood inundation maps based on multi-algorithm ensembles. *IEEE Trans Geosci Remote Sens* **47 8(2)**:2801–2807.
- Schumann G, Di Baldassarre G (2010) The direct use of radar satellites for event-specific flood risk mapping. *Remote Sens Lett* **1(2)**:75–84
- Serra, C., Burgueno, A., Lana, X. (2001). Analysis of maximum and minimum daily temperatures recorded at Fabra Observatory (Barcelona, NE Spain) in the period 1917–1998. *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society*, **21(5)**, 617-636.
- Sharma, T., Kiran, P. S., Singh, T. P., Trivedi, A. V., Naval Gund, R. R. (2001). Hydrologic response of a watershed to land use changes: a remote sensing and GIS approach. *International Journal of Remote Sensing*, **22(11)**, 2095-2108.
- Sherman, L. K. (1932). Streamflow from rainfall by the unit-graph method. *Eng. News Record*, **108**, 501-505.
- Siddayao, G. P., Valdez, S. E., Fernandez, P. L. (2014). Analytic hierarchy process (AHP) in spatial modeling for floodplain risk assessment. *International Journal of Machine Learning and Computing*, **4(5)**, 450.
- Škorčić, I., Pein, B., & Orehovački, T. (2016, May). Selecting the most appropriate web IDE for learning programming using AHP (pp. 877-882). *In 2016 39th*

International Convention on Information and Communication Technology, Juraj Dobrila University of Pula, June May 3-30, Croatia

- Stefanidis, S., Stathis, D. (2013). Assessment of flood hazard based on natural and anthropogenic factors using analytic hierarchy process (AHP). *Natural hazards*, **68(2)**, 569-585.
- Stewart, T.J., (1992). A critical study on the status of multiple criteria decision making: theory and practice. *Omega* 20,569 - 586.
- Şengün, M. T., Kıranşan, K. (2016). Bulanık-Malazgirt (Muş) Havzası'nın İklim Özellikleri. *Bingöl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, **6(12)**, 21-50.
- Tanrıverdi, M. (2019). *Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile şanlıurfa il merkezi'nin taşkın alanlarının belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi, ŞanlıUrfa.
- Tokgözlü, A., Özkan, E. Taşkın Risk Haritalarında AHP Yönteminin Uygulanması: Aksu Çayı Havzası Örneği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (**44**), 151-176.
- Tonbul, S., Sunkar, M. (2011). Batman'da Yaşanan Sel ve Taşkın Olaylarının (31 Ekim-1 Kasım 2006) Sebep ve Sonuçları, Fiziki Coğrafya Araştırmaları; Sistemik ve Bölgesel, *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, **5**, 237-258, İstanbul.
- Toprak, A. (2015). *Solhan Deresi Havzası'nın (Bingöl) Sel ve Taşkın Analizi*. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Elazığ.
- Uluocha, N.O. 2007. *Elements of Geographic Information Systems*. Sam Iroanusi Publications, Lagos, Nigeria. 145 p.
- Velasquez, M., Hester, P. T., (2013), An analysis of multi-criteria decision making methods. *International Journal of Operations Research*, **10(2)**, 56- 66.
- Wise, R. M. (2011). *Critical Review of Inundation Mapping Procedures for Floodplain Management*. Graduate Theses ,West Virginia University, Sweden
- Xu, H., Ma, C., Lian, J., Xu, K., Chaima, E. (2018). Urban flooding risk assessment based on an integrated k-means cluster algorithm and improved entropy weight method in the region of Haikou, China. *Journal of hydrology*, **563**, 975-986.
- Yahaya, S., Ahmad, N., & Abdalla, R. F. (2010). Multicriteria analysis for flood vulnerable areas in Hadejia-Jama'are River basin, Nigeria. *European Journal of Scientific Research*, **42(1)**, 71-83.
- Yalcin, G., Akyurek, Z. (2004, July). Analysing flood vulnerable areas with multicriteria evaluation (pp: 359-364). In *20th ISPRS congress*, 12–23 Temmuz, İstanbul
- Yang, X. L., Ding, J. H., & Hou, H. (2013). Application of a triangular fuzzy AHP approach for flood risk evaluation and response measures analysis. *Natural Hazards*, **68(2)**, 657-674.
- Yılmaz, İ., Öztürk, D., Kırbaş, U. (2015). Çorum İli Taşkın Tehlikesinin Analitik Hiyerarşi Yöntemi Kullanılarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.

- Youssef, A. M., Pradhan, B., Hassan, A. M. (2011). Flash flood risk estimation along the St. Katherine road, southern Sinai, Egypt using GIS based morphometry and satellite imagery. *Environmental Earth Sciences*, **62**(3), 611-623.
- Yu, C. S. (2002). A GP-AHP method for solving group decision-making fuzzy AHP problems. *Computers & Operations Research*, **29**(14), 1969-2001.
- Zadeh L (1965) Fuzzy sets. *Inf Control* **8**:338–353
- Zadeh, L. A. (1988). Fuzzy logic. *Computer*, **21**(4), 83-93
- Zeleny, M., (1982). Multiple Criteria Decision Making. McGraw-Hill, New York.



ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Furkan FIRAT

Doğum Yeri: Batman

Doğum Tarihi: 12.03.1991

Öğrenim Durumu:

Derece	Alan	Üniversite	Yıl
Lisans	İnşaat Mühendisliği	İnönü Üniversitesi	2011-2015
Yüksek Lisans	İnşaat Mühendisliği	İnönü Üniversitesi	2016-2019