



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI YARI DİNAMİK
SEL VE TAŞKIN TAHMİN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Doktora Tezi

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM

Danışman

Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN

SAMSUN
2023

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**



**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI YARI DİNAMİK
SEL VE TAŞKIN TAHMİN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Doktora Tezi

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM

Danışman

Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN

SAMSUN
2023

TEZ KABUL VE ONAYI

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM tarafından, **Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN** danışmanlığında hazırlanan **“COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI YARI DİNAMİK SEL VE TAŞKIN TAHMİN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ”** başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 26.10.2023 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Tarık TÜRK Cumhuriyet Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Derya ÖZTÜRK Ondokuz Mayıs Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Erdal KILIÇ Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Fatih İŞCAN Konya Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Doktora tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

25/09/2023

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI YARI DİNAMİK SEL VE TAŞKIN TAHMİN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 25.09.2023 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 16

Tek kaynak oranı : % 3 çıkmıştır.

25/09/2023

Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN

ÖZET

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ TABANLI YARI DİNAMİK SEL VE TAŞKIN TAHMİN MODELİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Ana Bilim Dalı
Doktora, Ekim/2023
Danışman: Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN

Afetler çağlar boyunca insanlık üzerinde en büyük yıkıcı etkiye sahip başlıca olaylardır. Dünya genelinde artan nüfus insanları kentleşmeye itmekte, artan nüfus afetlerden etkilenen kişi sayısını doğrudan etkilemektedir. Dünya genelinde ek sık yaşanan afetler meteorolojik kökenli olanlardır. Raporlara göre 2002-2021 yılları arasında 370 doğal afet meydana gelmişken 2022 yılında 387 doğal afetle karşılaşmış ve bu afetlerde binlerce can kaybı yaşanmış, milyonlarca kişi etkilenmiş ve milyarlarca liralık maddi kayıplar gerçekleşmiştir. Son 20 yıl incelendiğinde sel-taşkın olayları hem gerçekleşme sayısı hem de etkilenen kişi sayısı olarak ilk sırada yer almaktadır. Hızla artan kentleşme sel-taşkın olaylarından en çok kentsel bölgelerin etkilenmesine neden olmaktadır. Etkin bir kent ve afet yönetimi, afetlerin etkilerini en aza indirmek için kaçınılmazdır. Teknolojik gelişmeler, bilgi sistemleri ve bunların ürünü olan akıllı kent uygulamaları afetlerin etkin yönetilmesinde en önemli araç olarak öne çıkmaktadır. Bu tez kapsamında akıllı kentler ve teknolojik gelişmelerle elde edilebilen veriler kullanılarak sel-taşkın riskini yarı dinamik olarak tahmin eden bir model geliştirilmiştir. Sel-taşkın olaylarında etkili olan pek çok faktör vardır, bu faktörler, literatür araştırmaları ve uzman görüşleri ile belirlenmiş ve iki farklı Çok Kriterli Karar Verme yöntemi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Kararız Bulanık Dilsel Terim Setleri yöntemleri ile ağırlıkları hesaplanmıştır. Sürekli güncellenen meteorolojik tahmin verileri ve belirlenen bir takım statik kriterlere bağlı olarak çeşitli Coğrafi Bilgi Sistemleri analizleri ile “yarı dinamik” sel-taşkın riskine dair veriler üretilmiştir. Statik kriterlere bağlı olarak üretilen veriler ile tahmin edilen saatlik yağış ve nem değişkenlerine bağlı olarak hangi bölgelerde risk oluşabileceğine dair tespitler yapılmıştır. Statik ve dinamik verilerin birlikte değerlendirilmesi ile 100m çözünürlüklü sel-taşkın tahmin haritalarına göre; çalışma alanında dinamik verilere göre değişiklik göstermek üzere, ilk ve en yüksek risk altında kalan bölgeleri Atakum ve Canik ilçelerinin sahile yakın kısımları olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar daha önce yaşanan sel-taşkın olayları ile doğrulanmıştır. Etkilenmesi beklenen bölgeye ait 3B kent modeli ile önlem alınması gereken alanlar tespit edilerek karar vericilere destek olması amaçlanmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Akıllı Kent, Kent Yönetimi, Afet Yönetimi, Acil Durum Yönetimi, Veri Modeli

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF A SEMI-DYNAMIC FLOOD PREDICTION MODEL BASED ON GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM
Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatics Engineering
Ph.D., October/2023
Supervisor: Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN

Disasters are among the major events that have had the greatest destructive impact on humanity throughout the ages. Increasing population throughout the world pushes people to urbanization, and increasing population directly affects the number of people affected by disasters. The most frequent disasters worldwide are those of meteorological origin. According to reports, while 370 natural disasters occurred between 2002 and 2021, 387 natural disasters were encountered in 2022, resulting in thousands of casualties, millions of people affected and billions of liras of material losses. When the last 20 years are analyzed, floods are in the first place in terms of both the number of occurrences and the number of people affected. Rapidly increasing urbanization causes urban areas to be most affected by floods. An effective urban and disaster management is inevitable to minimize the effects of disasters. Technological developments, information systems and smart city applications, which are the products of these developments, stand out as the most important tool in the effective management of disasters. Within the scope of this thesis, a model that predicts flood risk semi-dynamically using the data available through smart cities and technological developments has been developed. There are many factors that are effective in flood events, these factors were identified through literature research and expert opinions and their weights were calculated with two different Multi-Criteria Decision Making methods, Analytic Hierarchy Process and Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets methods. Depending on continuously updated meteorological forecast data and a set of static criteria, "semi-dynamic" flood-flood risk data were produced with various Geographic Information Systems analyzes. Depending on the data produced based on static criteria and the estimated hourly precipitation and humidity variables, determinations have been made as to which regions may be at risk. According to the flood prediction maps with 100m resolution by evaluating static and dynamic data together; the first and highest risk areas in the study area were determined as the parts of Atakum and Canik districts close to the coast. The results obtained were confirmed by previous flood events. It is aimed to support decision makers by identifying the areas where precautions should be taken with the 3D city model of the region expected to be affected.

Keywords: Smart City, City Management, Disaster Management, Emergency Management, Data Models

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Akademik hayatım boyunca yol göstericim olan, yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen danışmanım, değerli hocam Sayın Prof. Dr. Aziz ŞİŞMAN’a, tez sürecinde değerli katkılarından ötürü Prof. Dr. Derya ÖZTÜRK’e ve Prof. Dr. Erdal KILIÇ’a teşekkürü borç bilirim.

Bu uzun yolda her zaman desteğiyle yanımda olan kıymetli eşim Ülkü KIRICI YILDIRIM, nefesim, kızım Miray YILDIRIM başta olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
TABLolar DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
1.1. Problemin Tanımı	3
1.2. Tezin Amacı ve Katkısı.....	4
1.3. Literatür Araştırması	4
1.4. Tezin Tasarımı	15
2. TEMEL KAVRAMLAR	16
2.1. Afet	16
2.2. Afet Yönetimi	18
2.2.1. Zarar Azaltma Aşaması.....	20
2.2.2. Hazırlıklı Olma Aşaması.....	21
2.2.3. Olaya Müdahale Aşaması	22
2.2.4. İyileştirme Aşaması	22
2.2.5. Dünyada Afet Yönetimi	23
2.2.6. Türkiye’de Afet Yönetimi.....	25
2.3. Akıllı Kent	27
2.3.1. Akıllı Kentlerin Temel Bileşenleri.....	27
2.3.2. Akıllı Kentlerin Faydaları	29
2.4. Mekansal Veri Altyapıları.....	30
2.4.1. INSPIRE	31
2.4.2. TUCBS.....	33
2.4.2.1. TUCBS Kavramsal Model Bileşenleri.....	33
2.4.2.2. TUCBS Ulusal Coğrafi Veri Temaları.....	35
2.5. 3B Model ve 3B Kent Modeli.....	37
2.5.1. 3B Model	37
2.5.1.1. 3B Model Üretimi	37
2.5.2. 3B Kent Modeli.....	39
2.5.2.1. 3B Kent Modeli Kullanım Alanları	40
2.5.3. CityGML.....	41
2.5.4. Detay Seviyesi (LOD) Kavramı.....	41
2.6. Çok Kriterli Karar Verme	43
2.6.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi	44
2.6.2. Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri.....	45
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	46
3.1. Çalışma Alanı.....	46
3.2. Kullanılan Yazılımlar.....	47
3.3. Çalışma Kapsamında Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi	48
3.3.1. Çalışmada Kullanılan Kriterler	49
3.4. Yöntem.....	53
3.4.1. AHP İşlem Adımları	53
3.4.2. KBDTS İşlem Adımları	57
3.4.3. Kullanılan CBS Analizleri	59
3.4.4. Hava Tahmin ve Araştırma Modeli	60
3.4.5. Python Kodlama Dili	61

4. MODEL ALTYAPISININ OLUŞTURULMASI	62
4.1. Statik Verilerin Hazırlanması.....	62
4.2. Dinamik Verilerin Hazırlanması	68
4.2.1. Nem Verilerinin Hazırlanması	72
4.2.2. Yağış Verilerinin Hazırlanması	74
4.3. Verilerin Normalizasyonu.....	75
4.4. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi.....	77
4.4.1. AHP ile Ağırlıkların Belirlenmesi	77
4.4.2. KBDTS ile Ağırlıkların Belirlenmesi	81
4.5. Ağırlıklı Toplam Yöntemi ile Sel-Taşkın Risk Tahmin Haritası Oluşturulması	88
5. YARI DİNAMİK SEL-TAŞKIN RİSK TAHMİN MODELİ	91
5.1. CBS-Python İle Model Geliştirilmesi	93
6. BULGULAR VE İRDELEME.....	109
6.1. AHP ve KBDTS Yöntemleri Sonuçlarının Kıyaslanması	116
6.2. Model Doğruluğunun İrdelenmesi	117
6.3. Model Çıktılarının 3B Kent Modeli İle İlişkilendirilmesi	119
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	126
KAYNAKLAR	129
ÖZ GEÇMİŞ.....	141

SİMGELER VE KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ADE	: Application Domain Extension
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
AFADKart	: AFAD Kartlı Yardım Dağıtım Sistemi
AFAD RED	: AFAD Deprem Ön Hasar ve Kayıp Tahmin Sistemi
AFBİS	: AFAD Bilgi Sistemi
AFKEN	: Afet Geçici Kent Yönetim Sistemi
AHATES	: Afete Hazır Türkiye Eğitim Sistemi
API	: Application Programming Interface (Uygulama programlama arayüzü)
AYDES	: Türkiye Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi
AYDESUZAL	: Görüntü İşleme ve Kitle Kaynak Yönetim
BİT	: Bilgi İletişim Teknolojileri
ÇKKV	: Çok kriterli karar verme
EPC	: Acil Durum Hazırlık Teşkilatı
FEMA	: Federal Olağanüstü Hal Yönetim Ajansı
FO	: Frekans Oranı
GML	: Geography Markup Language (Coğrafi veri işaretleme dili)
IDW	: Inverse Distance Weighted
INSPIRE	: Avrupa Coğrafi Bilgi Altyapısı (Infrastructure for spatial Information in Europe)
IoT	: Internet of Things
ISO	: International Organization for Standardization
KBDS	: Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri
KV	: Karar Verici
LOD	: Levels of detail (Detay seviyesi)
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MM5	: Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model (Beşinci Nesil Penn State/NCAR Mesoscale Model)
OGC	: Open Geospatial Consortium
TABB	: Türkiye Afet Bilgi Bankası
TUCBS	: Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi
WRF	: Weather Research and Forecasting
XML	: Extensible Markup Language

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. Afet Türleri (Taştan, 2021).....	16
Şekil 2.2. Afet Yönetimi Evreleri (Şahin ve Üçgül, 2019).....	20
Şekil 2.3. Türkiye afet ve acil durum yönetim sistemi (AFAD, 2022).....	26
Şekil 2.4. TUCBS Kavramsal Model (ÇŞB, 2018).....	34
Şekil 2.5. Coğrafi verilerin gruplandırılmasına yönelik hiyerarşi yapısı (ÇŞB, 2018).....	36
Şekil 2.6. Üç boyutlu model için veri temini yöntemleri (Karaş ve Yeşil, 2011).....	38
Şekil 2.7. LOD'ların gösterimi (Diez ve Sorribas, 2017).....	42
Şekil 3.1. Çalışma alanı	46
Şekil 3.2. Atakum-İlkadım-Canik ilçeleri haritası	47
Şekil 3.3. Kullanılan verilerin ulusal veri temaları ile ilişkisi.....	53
Şekil 3.4. Ağırlıklı toplam örnek şeması (ESRI, 2023)	59
Şekil 4.1. Jeoloji verilerinin puanlama haritası.....	63
Şekil 4.2. Toprak verilerinin puanlama haritası.....	64
Şekil 4.3. Arazi Kullanım verilerinin puanlama haritası.....	65
Şekil 4.4. Yükseklik Haritası	66
Şekil 4.5. Eğim Haritası	66
Şekil 4.6. Bakı haritası.....	67
Şekil 4.7. Alt havza haritası	67
Şekil 4.8. Akarsuya yakınlık mesafe haritası.....	68
Şekil 4.9. Panoply uygulaması ile netcdf dosya içeriği	69
Şekil 4.10. WRF vektörel verisi.....	72
Şekil 4.11. 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 nem tahmin haritası.....	74
Şekil 4.12. 07 Temmuz 2023, Saat 01:00 yağış tahmin haritası	75
Şekil 4.13. Normalize edilmiş veriler	77
Şekil 4.14. AHP ile ağırlıklandırılan 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 sel-taşkın tahmin haritası	89
Şekil 4.15. KBDTS ile ağırlıklandırılan 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 sel-taşkın tahmin haritası	90
Şekil 5.1. Yarı Dinamik Sel-Taşkın Risk Tahmin Modeli akış şeması.....	92
Şekil 6.1. 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 sel-taşkın tahmin haritası (AHP).....	110
Şekil 6.2. 10 Temmuz 2023, Saat 02:00 sel-taşkın tahmin haritası (AHP).....	110
Şekil 6.3. 10 Temmuz 2023, Saat 03:00 sel-taşkın tahmin haritası (AHP).....	111
Şekil 6.4. 10 Temmuz 2023, Saat 04:00 sel-taşkın tahmin haritası (AHP).....	111
Şekil 6.5. 10 Temmuz 2023, Saat 05:00 sel-taşkın tahmin haritası (AHP).....	112
Şekil 6.6. 10 Temmuz 2023, Saat 06:00 sel-taşkın tahmin haritası (AHP).....	112
Şekil 6.7. 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 sel-taşkın tahmin haritası (KBDTS)	113

Şekil 6.8. 10 Temmuz 2023, Saat 02:00 sel-taşkın tahmin haritası (KBDTS)	113
Şekil 6.9. 10 Temmuz 2023, Saat 03:00 sel-taşkın tahmin haritası (KBDTS)	114
Şekil 6.10. 10 Temmuz 2023, Saat 04:00 sel-taşkın tahmin haritası (KBDTS)	114
Şekil 6.11. 10 Temmuz 2023, Saat 05:00 sel-taşkın tahmin haritası (KBDTS)	115
Şekil 6.12. 10 Temmuz 2023, Saat 06:00 sel-taşkın tahmin haritası (KBDTS)	115
Şekil 6.13. AHP ve KBDTS kriter ağırlıkları	116
Şekil 6.14. 5 Haziran 2023, Saat: 13:00 sel-taşkın tahmin haritası.....	118
Şekil 6.15. 5 Haziran 2023 , Saat: 13:00 sel-taşkın beklenen bölgelerin tespiti	118
Şekil 6.16. Atakum, İlkadım ve Canik ilçelerinin 3B görünümü.....	119
Şekil 6.17. 10 Temmuz 2023, Saat 03:00 tahmin haritası	120
Şekil 6.18. 10 Temmuz 2023, Saat 08:00 tahmin haritası	120
Şekil 6.19. Çalışma alanının bir kısmına ait LOD1 seviye 3B model	121
Şekil 6.20. 10 Temmuz 2023, Saat 03:00 risk altında kalan 3B binalar	122
Şekil 6.21. 10 Temmuz 2023, Saat 08:00 risk altında kalan 3B binalar	122
Şekil 6.22. 5 Haziran 2023, Saat 13:00 risk tahmin haritası	123
Şekil 6.23. 5 Haziran 2023, Saat 17:00 risk altında kalan 3B binalar.....	124

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1. INSPIRE Coğrafi Veri Temaları (European Commission, 2019)	32
Tablo 2.2. TUCBS Veri Temaları (ÇŞB, 2018).....	36
Tablo 3.1. Sel-taşkın afetinde başlıca akademik çalışmalarda kullanılan veriler	48
Tablo 3.2. Sel-taşkın modelinde kullanılan kriterler.....	50
Tablo 3.3. Saaty ikili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 2004)	55
Tablo 3.4. Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre <i>RI</i> değerleri (Hammami vd., 2019) 56	
Tablo 4.1. Jeolojik veri öznitelikleri ve puanlaması	62
Tablo 4.2. Toprak veri öznitelikleri ve puanlaması	63
Tablo 4.3. Arazi kullanım veri öznitelikleri ve puanlaması.....	64
Tablo 4.4. WRF verileri XLAT listesi örneği	69
Tablo 4.5. WRF verileri XLONG örneği	70
Tablo 4.6. WRF verileri PSFC örneği.....	70
Tablo 4.7. WRF verileri Q2 örneği	70
Tablo 4.8. WRF verileri T2 örneği	71
Tablo 4.9. WRF verileri RAINNC örneği.....	71
Tablo 4.10. WRF nokta verileri öznitelik tablosu örneği.....	72
Tablo 4.11. Öznitelik tablosunda nem sütunu hesaplanması	73
Tablo 4.12. 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 saatlik yağış tahmin veri tabanı örneği	74
Tablo 4.13. AHP İkili karşılaştırma matrisleri.....	78
Tablo 4.14. İkili karşılaştırma matrisleri geometrik ortalaması (A) matrisi	79
Tablo 4.15. Normalize ikili karşılaştırma matrisi	79
Tablo 4.16. Öz vektör	79
Tablo 4.17. Özdeğer vektörü	80
Tablo 4.18. Çalışmada kullanılan <i>RI</i> değeri	80
Tablo 4.19. AHP yöntemiyle elde edilen ağırlıklar	81
Tablo 4.20. KBDTS ikili karşılaştırma matrisi	82
Tablo 4.21. Zarflanmış ikili karşılaştırma matrisleri	84
Tablo 4.22. Dilsel terim önem seviyeleri.....	85
Tablo 4.23. Kötümser toplu tercih ortalamaları matrisi	86
Tablo 4.24. Dilselleştirilmiş kötümser toplu tercih ortalamaları	86
Tablo 4.25. İyimser toplu tercih ortalamaları matrisi	87
Tablo 4.26. Dilselleştirilmiş iyimser toplu tercih ortalamaları	87
Tablo 4.27. KBDTS ile ağırlıkların belirlenmesi.....	88

1. GİRİŞ

İnsanoğlunun en temel ihtiyaçları; barınma, beslenme ve giyinme olarak ifade edilmektedir ve bu ihtiyaçlarını tarih boyunca güvenle karşılayabilmek için köy, kasaba ve kent gibi yerleşim birimlerinde bir arada yaşamaktadırlar. Kentlerin varlığı insanoğlu tarihi ile yakın bir geçmişe sahiptir. Medeniyetin başlangıcı insanoğlunun yerleşik hayata geçişi ile başlamış kabul edilebilir (Işık, 2018). Kent şeklinde karmaşık sosyal organizmaların ilk kez MÖ 3500-4000 yıllarında Mezopotamya’da kurulduğu ifade edilmektedir (Pustu, 2006). Genellikle ticaret ve tarımın geliştiği yerlerde ortaya çıkan ilk kentler, sonraları sanayi devrimi ile büyümüş, endüstriyel üretim ve ekonomik büyüme için merkezler haline gelmiştir (Koyuncu, 2015). Günümüzde kentler, teknolojik ilerlemeler, göç, küreselleşme ve ekonomik değişimler gibi faktörlerle büyümeye ve dönüşmeye devam etmektedir ve kentler dünya nüfusunun büyük bir kısmını barındırmakta ve sosyal, kültürel, ekonomik ve çevresel açıdan önemli roller üstlenmektedirler (Erdoğan, 2006).

Kentler, kent yaşayanlarına barınma, güvenlik, ulaşım, altyapı, enerji, beslenme vb. temel ihtiyaçları sürdürülebilir şekilde sunmak ve aynı zamanda bunu çevreye duyarlı ve gelecek nesillere yaşanabilir ortamlar bırakmak üzere tasarlanmış alanlar olmalıdır.

Günümüzde dünya nüfusunun yaklaşık %55’i kentlerde yaşamaktadır (CRED, 2023). İhtiyaçlar ve tüketimin en üst düzeye ulaştığı kentlerin sürdürülebilir bir şekilde yönetimi için bilgi ve iletişim teknolojilerinden faydalanılmaktadır. Akıllı kent kavramının ortaya çıktığı son 20 yılda yönetsel bir çok değişiklik yaşanmaktadır.

Akıllı Kent uygulamaları, kentlerin planlanması, geliştirilmesi ve yönetilmesi için neredeyse her türlü teknolojiye dayanan yenilik anlamına gelmektedir (Albino vd., 2015). Günümüzde gelişen bilgi ve iletişim teknolojilerinin olanakları sayesinde şehirlerin yaşadığı sorunlara akıllı çözümlerin getirilmesi, sorunun kökenine inecek uzun vadeli çözümlerin bulunması ve geleceğe hazır olma ihtiyacından hareketle akıllı kent kavramı doğmuştur (Bayraktar vd., 2020; Erdoğan, 2019). Her geçen gün daha fazla dijitalleşen dünyada bu kavram, insanı merkeze alarak kentlerin daha sürdürülebilir, daha yaşanabilir ve güvenli olabilmesi amacıyla teknolojik çözümlerin katılımcı yaklaşımla kullanılmasını ifade etmektedir (Akdamar, 2017; Biyik vd., 2021).

Akıllı şehirler, akıllı altyapı, akıllı ulaşım, akıllı yönetişim, akıllı hizmetler, akıllı güvenlik ve akıllı afet yönetimi gibi her biri insan yaşamının daha kolay ve daha güvenli olmasına katkıda bulunan çeşitli bileşenlerden oluşur (Irazábal ve Jirón, 2020). İnsan hayatı üzerinde en büyük olumsuz etkilerden birini oluşturan doğal afetlerin yönetilmesinde akıllı kent bileşenlerinden gelen tüm verilerin gelişen teknolojik olanaklarla etkin bir afet yönetimi gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir ve bu sayede afetlerden kaynaklanan olumsuz etkilerin en aza indirilmesi amaçlanmaktadır (Bulut ve Aslan, 2021).

Afetler, insanlar ve kentler gibi insanların bir arada yaşadığı alanlar için ciddi tehditler oluşturmakta ve bu olaylar can kaybı, fiziksel yaralanmalar ve maddi kayıplarla sonuçlanmaktadır (Schouten vd., 2004; Wang ve Taylor, 2016). İklim değişikliği, hızlı ve düzensiz kentleşmeye bağlı olarak gerçekleşen afet sayıları ve afetlerden etkilenen insan sayıları yıldan yıla artmaktadır. The Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED) (Afetlerin Epidemiyolojisi Araştırma Merkezi) raporlarına göre 2002-2021 yılları arasında dünya genelinde 370 doğal afet meydana gelmişken sadece 2022 yılında 387 doğal afet gerçekleşmiş ve bu afetlerde binlerce can kaybı yaşanmış, milyonlarca kişi etkilenmiş ve büyük maddi kayıplar meydana gelmiştir. Dünya genelinde ve Türkiye özelinde CRED ve AFAD raporları incelendiğinde son 20 yıl içerisinde sel ve taşkın olayları hem gerçekleşme sayısı hem de etkilenen kişi sayısı olarak ilk sırada yer almaktadır (AFAD, 2021; CRED, 2023).

Doğal afetlerle mücadelede mevcut altyapı ve etkin müdahale önemli rol oynamaktadır. Etkin afet yönetimi için kamu kuruluşları ve çeşitli sektörler arasındaki koordinasyon ve birlikte karar alma çok önemlidir. Bununla birlikte mekansal veri altyapısı afet yönetimi performansının artırılmasında olumlu bir rol oynamaktadır (Akyel, 2005; Hashmi vd., 2021).

Afet müdahale sistemleri, konumsal verilerin konumsal olmayan verilerle ilişkilendirilmesinden büyük fayda sağlamaktadır. Akıllı kentler ve akıllı kent bileşenleri sahip olduğu olanaklarla birlikte bölgenin topoğrafyası, arazi kullanımı, morfolojisi, hava koşulları ve mevcut kaynaklar gibi faktörleri dikkate alarak afet müdahale planlamasını geliştirme potansiyeline sahiptir (Abid vd., 2021). Ancak, doğal afet risk yönetimi için akıllı kent sistemleri vasıtasıyla üretilen konumsal bilgi ve gelişen teknolojileri entegre etmenin sahip olduğu büyük potansiyelden tam olarak faydalanılmadığı ifade edilmektedir (Michel vd., 2020). Örneğin, Sel Erken Uyarı

Sistemleri sel olaylarını etkili bir şekilde izlemek ve tahmin etmek için konumsal verilerin entegrasyonuna dayanan bir sistemdir (Perera, Seidou, vd., 2020). Buna rağmen yalnızca tek bir veri odaklı tahminde bulunmak her zaman yeterli değildir. Karar vericiler, coğrafi verileri ve akıllı kent paydaşlarından elde edilen anlık verileri afet müdahale sistemlerine entegre ederek doğru bilgiye doğru zamanda erişebilir ve böylece daha verimli ve etkili müdahale çalışmalarına olanak sağlayabilir.

Akıllı kentin pek çok bileşeni- veri sağlayıcısı olabilecektir. Akıllı kent bileşenlerinden elde edilecek anlık veriler ile mevcutta kullanılan sistemlerin entegrasyonu ile verimli ve yüksek doğrulukta risk tahminleri yapılabilecek, afetlerin erken tespitiyle olumsuz etkileri en aza indirilebilecektir.

Bu tez kapsamında mevcut sistemlerde kullanılan statik veriler ile, akıllı kent bileşenlerinden elde edilecek dinamik veriler birlikte kullanılarak sel-taşkın afeti için yarı dinamik risk tahmin haritaları üretilmesi hedeflenmiştir.

Sel-taşkın riski üzerinde pek çok kriterin etkisi vardır. Ancak bu kriterler risk üzerinde eşit ağırlığa sahip değildir. Bu kriterler ve kriter ağırlıkları çalışma kapsamında belirlenmiştir. Kriter ağırlıklarının belirlenmesinde “Analytical Hierarchy Process-AHP” Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ve görece yeni yöntemlerden “Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets - HFLTS” Kararız Bulanık Dilsel Terim Seti (KBDS) yöntemleri kullanılmıştır. Bu sayede ağırlıklandırılan parametrelerle yarı dinamik olarak risk tahmin haritaları oluşturulması amaçlanmıştır.

1.1. Problemin Tanımı

Dünya genelinde 2022 yılında 387 doğal afet yaşandığı ve bu afetlerin yıkıcı etkisi göz önüne alındığında, zarar ve risklerin en aza indirilmesi için etkin, sürdürülebilir bir afet yönetimi kaçınılmazdır (Ceren, 2023; CRED, 2023). Etkin afet yönetimi gerçekleştirmek için yaşam alanlarının iyi tanınması, değişikliğinin izlenmesi, etkilerin sonuçlarının takip edilmesi ve sürdürülebilir bir şekilde geliştirilmesi gerekmektedir (Kadıoğlu, 2008; Partigöç, 2022). Afetler, etkilerini hesaplamak ve en aza indirmek adına her zaman analiz edilmiş, risk analizleri, hazırlık çalışmaları, iyileştirme çalışmaları ve yeniden inşa çalışmaları gerçekleştirilmektedir (Şahin, 2019). Ancak dünyada gerçekleşen hızlı değişimi gelişen teknoloji ile takip etmemiz, bu değişimlerin anlık izlerini afet yönetiminde kullanmak adına üretmemiz ve analiz etmemiz gerekmektedir.

1.2. Tezin Amacı ve Katkısı

Afet yönetiminin önemli bir adımı olan risk analizi üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde farklı yaklaşımlar olmakla birlikte genellikle sabit veriler ile analizler yapılmakta, geçmişe dayalı veriler kullanılarak risk modellenmektedir. Bir anlamda geçmiş modellenmekte, gelecek için önlem alınmaya çalışılmaktadır (Bandrova vd., 2012; Bozkurt ve Çiçekdağı, 2022; Dayanır vd., 2022; Ergünay vd., 2009; Fan vd., 2017; Kadioğlu, 2011; Koçkan, 2015; Ocak ve Bahadır, 2022; Yaprak, 2020).

Bu tez kapsamında sel-taşkın riski için kriter olarak belirlenen sabit veri kaynaklarının yanı sıra tahmin verileri de analiz içerisine katılarak yakın geleceğe dair risk tahminini üretecek bir model tasarlanmıştır. Tez kapsamında eğim, bakı, yükseklik, toprak gibi sabit veri katmanlarının yanında meteorolojik hava tahmin verileri dinamik veri katmanı olarak birlikte analiz edilmek üzere işlenmiştir. Dinamik tahmin verileri ve sabit veriler birleştirilerek gerçekleştirilen risk analizi döngüsel bir model haline getirilmiş ve dinamik veri temin edilebilecek her zaman dilimi için değişkenlere bağlı olarak sürekli güncellenerek risk tahminini üretecek şekilde olması hedeflenmiştir.

Elde edilen haritaları risk öngörülen bölgelerin 3B kent modelleriyle karşılaştırılarak bölgelerdeki tehdit altındaki bina ve yaşam alanları belirlenmeye çalışılmıştır.

1.3. Literatür Araştırması

Afetler akademinin her zaman gündeminde olmuş konuların başında gelmektedir. WoS'da (Web of Science) 'disaster' başlığı taratıldığında Kasım 2023 itibarıyla 48000'e yakın makale varlığı tespit edilmiştir. Tez kapsamında "afet, afet yönetimi, akıllı kentler, 3B kent modelleri, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), AHP, KBDTS" anahtar kelimeleri araştırılmış, bu anahtar kelimelere ait en yüksek okunma ve alıntılanmaya sahip olanları incelenerek en dikkat çekici çalışmalara odaklanılmış ve başlıcaları aşağıda özetlenmiştir.

Rangarirai vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada, Zimbabve'de toplum temelli yaklaşımların afete hazırlık üzerindeki etkisine odaklanılmıştır. Çalışmada, toplum odaklı eğitimin bireysel afete hazırlık düzeyleri üzerindeki etkisini ölçmek için Delphi modeli kullanılmıştır. Bulgular, toplum odaklı eğitimin afete hazırlık üzerinde yüksek bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Çalışma, sellerin etkisini azaltmak için etkili

bir strateji olarak toplum odaklı afet yönetimi eğitim programlarının uygulanmasını tavsiye etmektedir.

Zhu vd. (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, geleneksel afet önleme tedbirlerine rağmen iklim değişikliği ve kentleşmenin sel riskini artırdığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda, sel direnci ile sel riski arasındaki ilişki, Pearl River deltasında yapılan bir vaka çalışması üzerinden incelenmiştir. Sel direnci, bir baskı-durum-yanıt modeli kullanılarak değerlendirilmiş, sel riski ise tehlike-duyarlılık çerçevesi ve genişletilmiş felaket ilerleme yöntemiyle değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçları, genel olarak bölgedeki sel direncinin yüksek olduğunu, özellikle yoğun kentleşmiş bölgelerde düşük sel direncine sahip alanların yoğunlaştığını göstermektedir. İnsan faaliyetleri ile güçlü bir ilişkisi olan endekslerin her iki çerçevede de benzer özelliklere sahip olduğu, iklim ve coğrafya ile ilişkili endekslerin ise iki kavrama farklı katkılar yaptığı belirlenmiştir. Sel direncinin, sel riski kavramını tamamlayıcı bir rol oynadığı ve risk değerlendirmesine bir endeks olarak entegre edilebileceği vurgulanmıştır.

Munawar vd. (2022) çalışmalarında taşkın tahmini için uzaktan algılama yöntemlerinin kullanılabilirliğini incelemiştir. Yazarlar, taşkın tahmin sistemlerinde uzaktan algılama verilerinin ve makine öğrenimi modellerinin kullanımını tartışmaktadır.

Oğuz vd. (2022) tarafından yapılan çalışma, son yıllarda sıkça yaşanan taşkın olaylarının Düzce bölgesindeki etkilerini incelemeyi amaçlanmıştır. İki farklı senaryoya göre, uzun yıllar yağış ölçüm verilerine dayalı olarak ve 17-18 Temmuz 2019'daki gerçek bir taşkına ait yağış verileri kullanılarak taşkın duyarlılık alanları modellenmiştir. Bu iki durumu karşılaştırmak amacıyla, uzun yıllar yağış verilerine dayalı olarak oluşturulan taşkın duyarlılık haritaları ile gerçekleşen taşkın olayına ait yağış verileriyle üretilen model sonuçları kıyaslanmıştır. Çalışmada, yağış verilerinin yanı sıra eğim, bakı, akarsuya uzaklık, jeoloji, arazi kullanımı ve toprak haritaları gibi diğer sayısal haritalardan da faydalanılmıştır. Modelleme sürecinde, ÇKKV Yöntemlerinden biri olan AHP kullanılarak haritalara ağırlık dereceleri atanmış ve her iki senaryo için ayrı ayrı modelleme yapılmıştır. Çalışmada, istatistiksel yöntemler, CBS teknikleri ve radar ürünleri ile yapılan tespitlerin gerçekleşen taşkın hadiselerinin analizinde etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Wu vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Poyang Gölü havzasındaki uzun ve kısa vadeli sel riskini değerlendirmek için birleşik bir AHP ve Entropi ağırlık yöntemi (AHP-Entropi) içeren çok kriterli bir analiz modeli önerilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Temmuz 2020'de meydana gelen birkaç sel olayıyla test edilmiştir. Sel tehlikesinin çok faktörlü bir şekilde değerlendirilmesi amacıyla, altı sel tehlike faktörü; maksimum üç günlük yağış, yıllık ortalama sağanak yağış frekansı, yıllık ortalama sağanak yağış miktarı, drenaj yoğunluğu, eğim, yükseklik ile birlikte dört sel savunmasızlık faktörü; nüfus yoğunluğu, arazi kullanımı, arazi değeri ve normalize edilmiş bitki örtü endeksi seçilmiştir. Bu faktörlerin ağırlıkları AHP-Entropi yönteminden türetilmiştir. Sonuçlar, nüfus yoğunluğu, maksimum üç günlük yağış, arazi kullanımı, ve yıllık ortalama sağanak yağış frekansı faktörlerinin sel risk değerlendirmesi sonuçlarında önemli bir rol oynadığını göstermiştir.

Prasad vd. (2022) çalışmasında, Hindistan'ın Andhra Pradesh eyaletindeki Krishna ve Guntur ilçelerinde konumsal analiz teknikleri kullanarak bir sel tehlikesi hassasiyet değerlendirmesi gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada, tarihsel sel ve taşkın verilerini (2000-2020) kullanarak ve uzaktan algılama ve CBS aracılığıyla çoklu zamansal veri setleri kullanarak sel tehlikesi altındaki bölgeler tespit edilmeye ve bu alanları düşük, orta ve yüksek riskli bölgeler olarak sınıflandırmaya çalışılmıştır.

Akın ve Karaca (2021) tarafından yapılan çalışma, Muğla ili Fethiye ilçesinde bulunan Çerçi Deresi'nin taşkın analizini içermekte olup, çalışma kapsamında dere yatağının olduğu alan için taşkın duyarlılık haritası hazırlanmıştır. Araştırmada, bölgeye ait jeolojik, jeomorfolojik, sedimantolojik ve hidrolojik veriler kullanılarak Çerçi Deresi çevresinde taşkına duyarlı alanların haritalarının oluşturulması hedeflenmiştir. Eğim, yükseklik, akarsuya yakınlık, jeoloji, arazi kullanımı ve bakı gibi kriterlere ait altlık haritaları oluşturulmuş ve ağırlıklı çakıştırma yöntemiyle taşkın duyarlılık analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, çalışma alanına ait taşkın duyarlılık haritası elde edilmiş ve bu haritaya göre alanın %17,64'ü taşkına yüksek duyarlılık gösteren alanlar içerdiği ve ayrıca, çok yüksek duyarlılık gösteren alanların özellikle Fethiye yerleşim merkezinin güneybatısındaki bölgeler olduğu tespit edilmiştir.

Hassan vd. (2021) çalışmasında, AHP ve frekans oranı (FO) yöntemlerini kullanarak bir taşkın risk haritası oluşturmayı amaçlamaktadır. Çalışmada ani sel olaylarında etkili olan 8 parametre kullanılmıştır ve bunlar; akarsu uzaklığı ve akarsu

yoğunluğu, eğim, yükseklik ve arazi örtüsü, jeoloji ve toprak ve yağıştır. Her kriterin ani sel üzerindeki etkisine göre AHP ve FO metotlarıyla ağırlıklandırma işlemi yapılmıştır. Sonuç olarak tüm parametreler etki değerlerine göre ağırlık çakıştırma analizi kullanılarak entegre edilmiştir. Çalışma bölgesindeki yüksek riskli bölgeler tespit edilmiştir.

Rafiei-Sardooi vd. (2021) gerçekleştirdikleri çalışmada, makine öğrenmesi ve ÇKKV yöntemlerinin bir kombinasyonu ile İran'nın Jiroft şehrindeki sel riskini irdelemişlerdir. Üç güncel makine öğrenmesi yöntemi (destek vektör makinesi, rastgele orman ve artırılmış regresyon ağaçları) kullanılarak sel risk haritaları oluşturulmuştur. Analizlerde faktör olarak eğim yönü, yükseklik, eğim açısı, yağış, sokaklara olan uzaklık, nehirlerden olan uzaklık, arazi kullanımı/yer örtüsü, kentsel drenajlara olan uzaklık, kentsel drenaj yoğunluğu ve eğim kullanılmıştır. Bina yoğunluğu, nüfus yoğunluğu, bina geçmişi ve sosyo-ekonomik koşullar gibi sosyo-ekonomik faktörlere dayanan kentsel sel savunmasını değerlendirmek için TOPSIS karar verme aracı kullanılmıştır. Test edilen üç yöntemden en doğru sonucu rastgele orman modeli sağladığı tespit edilmiştir. Sonuçlar, kentsel sel risk modellemesinde kentsel drenaj yoğunluğu ve kentsel drenajlara olan uzaklığın en önemli faktörler olduğunu göstermiştir. Ayrıca; yüksek nüfus yoğunluğuna sahip alanların planlamada dikkat edilmesi gereken alanlar olduğu sonucuna varılmıştır.

Glago (2021) çalışmasında toplumların sel felaketlerine karşı direncini artıran etkili erken uyarılar ve sel karar destek sistemlerinin oluşturulmasında karar vericilerin kullanabileceği coğrafi bilgi sistemi, uzaktan algılama, nesnelerin interneti ve büyük veri gibi modern teknolojik araçların uygunluğuna ilişkin bir inceleme sunmaktadır. Yazar, sellerin nedenlerini ve etkilerini dikkate alan kapsamlı bir sel afet yönetimi stratejilerine duyulan ihtiyacı vurgulamıştır.

Liu vd. (2020) tarafından gerçekleştirilen çalışmada Çin'in Sincan bölgesinde fırtına sel felaketlerinin risk bölgelendirmesi üzerinde durulmuştur. Çalışma, yetersiz drenajın ve yüzeysel akış birikiminin sel riski üzerindeki etkisini vurgulamıştır. Yazarlar, sel riski yönetiminde aşırı yağışların sıklığı ve yoğunluğunun dikkate alınması gerektiğini vurgulamıştır.

Ocak ve Bahadır (2020) çalışmalarında Ünye ilçesi sınırları içinde yer alan altı havzanın sel risk analizini CBS teknikleri kullanarak gerçekleştirmiştir. Sel risk analizi

için bir model oluşturulmuş ve sel durumunda risk oluşturabilecek alanları belirlemek için yöntem uygulanmıştır. Bu sayede, doğal afet öncesi, sırası ve sonrasında neler yapılabileceğine odaklanan bir model geliştirilmiştir. Sel risk gruplarının belirlenmesinde AHP ile eğim, bakı, toprak, arazi kullanımı, jeoloji, yağış ve yükseklik parametreleri ağırlıkları belirlenmiştir. Sonuç olarak, entegre bir sel erken uyarı sistem modeli oluşturulması hedeflenmiştir.

Choubin vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada sel eğilimi analizi için destek vektör makinesi yöntemi ile birleştirilmiş, çok değişkenli ayırt edici analiz, sınıflandırma ve regresyon ağaçları yöntemi kullanılmıştır. Sel envanter haritası ve sel koşullandırma faktörleri (yükseklik, eğim, aspect, kıvrım, nehir uzaklığı, topografik ıslaklık endeksi, drenaj yoğunluğu, toprak derinliği, toprak hidrolojik gruplar, arazi kullanımı ve litoji dahil) ile birlikte bu modeller kullanılarak bir sel eğilim haritası geliştirilmiştir. Hassasiyet analizi, eğim yüzdesi, drenaj yoğunluğu ve akarsu uzaklığının sel eğilim haritalama açısından en önemli faktörler olduğunu göstermiştir. Birleşik modelleme yaklaşımı, havzanın çıkışındaki yerleşim alanlarının sel için çok duyarlı olduğunu ve bu alanların dolayısıyla sel önleme ve iyileştirmesi için öncelikli olarak ele alınması gerektiğini göstermiştir.

Khosravi vd. (2019) gerçekleştirdikleri çalışmada Çin'in en yüksek sel eğilimli bölgelerinden biri olan Ningdu Çanak Alanı'nda sel eğilimini modellemek için üç ÇKKV analiz tekniği (VIKOR, TOPSIS ve SAW) ile birlikte iki makine öğrenmesi (Naive Bayes Ağacı ve Naive Bayes) yöntemi test edilmiştir. On iki sel risk faktörü, giriş parametreleri olarak kullanılmıştır, bu parametreler; normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi, litoloji, arazi kullanımı, akarsu uzaklığı, eğriler, yükseklik, akarsu taşıma indeksi, topografik ıslaklık indeksi, akarsu güç indeksi, toprak tipi, eğim ve yağışdır. Modellerin tahmin yeteneği, Alan Altı Alıcı İşletme Karakteristik eğrisi (AUC) kullanılarak değerlendirilmiş ve doğrulanmıştır. Tüm modeller güçlü bir sel tahmin yeteneği sergilemiştir ($AUC > 0.95$), ancak Naive Bayes Ağacı modeli en iyi performansı göstermiştir ($AUC = 0.98$). Bu, incelenen modeller arasında Naive Bayes Ağacı modelinin sel eğilimli alanların değerlendirilmesi için uygun bir araç olduğu ve sel tehlikelerinin uygun planlama ve yönetimine olanak tanıyabileceği tespit edilmiştir.

Li vd. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, büyük havzalarda sel risk değerlendirmesi yapılması amaçlanmıştır. Maksimum günlük yağış, yağış

konsantrasyon derecesi, rakım, eğim, arazi yüzeyinin yükselme derecesi, toprak tipi, manning katsayısı, orman ve çalılık alan oranı, yapay yüzey oranı, ekili alan oranı, drenaj yoğunluğu, nüfus ve gayri safi yurtiçi hasıla dahil olmak üzere on üç risk faktörü seçilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere lojistik regresyon, naiv bayes, AdaBoost ve rastgele orman makine öğrenmesi yöntemleri seçilmiş ve bu yöntemler kullanılarak oluşturulan küresel duyarlılık değerlendirme modeli ile on üç risk faktörü ve taşkın envanterlerine dayalı olarak taşkın risk haritaları oluşturulmuştur. Yöntemlerin değerlendirme sonuçlarına göre, rastgele orman yönteminin testlerde daha iyi performans gösterdiği ve taşkın duyarlılığı değerlendirmesinde etkili ve güvenilir bir araç olduğu tespit edilmiştir.

Souissi vd. (2019) yaptıkları çalışmada; Gabes bölgesinin sel tehlike duyarlılık haritasını oluşturmak amacıyla CBS ortamında ÇKKV-AHP modelini kullanmışlardır. Sel modellemesinde sekiz faktör kullanılmıştır: yükseklik, arazi kullanımı/yer örtüsü, litoloji, yağış yoğunluğu, drenaj yoğunluğu, drenaj ağından uzaklık, eğim ve yeraltı su derinliği. Her faktörün sel riskine etkisinin ağırlıklarını belirlemek için AHP yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, en belirgin sel oluşum faktörünün yükseklik olduğunu göstermiştir (%22.5). Çalışma sonuçlarına göre toplam alanın yaklaşık %15'i yüksek sel tehlikesi potansiyeli göstermiştir. Sonuçların doğruluğu, bir duyarlılık bölgeleri histogramı ile gösterilmiş ve gözlemlenen sel alanlarının %74.51'inin genellikle orta ya da çok yüksek duyarlılık bölgesine yoğunlaştığını göstermiştir.

Shi vd. (2019), şehirlerin çok senaryolu simülasyon ile sel risklerine nasıl yanıt verebileceğini araştırmak için Çin'in Xiamen kentinde bir vaka çalışması yürütmüştür. Çalışmada, sel risklerinin seviyesini ve mekânsal dağılımını anlamak için sel riski değerlendirme modelleri kullanılmıştır. Bulgular, sel risklerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve kontrol edilmesinde sel risk değerlendirmesinin önemini vurgulamıştır.

Tanrıverdi (2019) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, Şanlıurfa il merkezinde bulunan Sırrın, Karakoyun ve Cavsak dereleri gibi büyük su yatakları ile diğer dereler esas alınarak CBS tabanlı potansiyel taşkın alanları analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, oluşabilecek risk grupları arazi kullanımlarıyla ilişkilendirilerek, konut, sanayi, sağlık, eğitim, sosyo-kültürel tesis, resmi kurum gibi alanların taşkın riski altında olup olmadığı değerlendirilmiştir. Havzaya ait yağış, jeoloji, eğim, bakı gibi veriler ile 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalar ve sayısal yükseklik verileri gibi sayısal haritalardan faydalanılarak ölçüt katmanları

hazırlanmıştır. ÇKKV ve AHP kullanılarak ölçütlerin ağırlıkları belirlenmiş ve normalleştirme işleminden sonra taşkın duyarlılık haritaları oluşturulmuştur. Bu haritalar, risk altındaki alanları ve geçmişte yaşanan taşkın olaylarıyla birlikte değerlendirilerek, Şanlıurfa il merkezindeki taşkın duyarlılık analizinde kullanılmıştır.

Zhang ve Chen (2019) tarafından yapılan çalışmada, Çin'in Guangdong Eyaletinde tayfun yağmur fırtınalarının neden olduğu sel felaketi riski değerlendirilmiştir. Çalışmada, tayfun sel felaketi riskini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için AHP ve CBS kullanılarak çok faktörlü analiz gerçekleştirilmiştir.

Samanta vd. (2018) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, sel duyarlılık haritalama için uzaktan algılama, CBS ve FO yöntemlerinin kullanılabilirliğini irdelenmiştir. FO modeli, farklı bağımsız değişkenleri ele almak için ağırlık tabanlı ikili olasılık değerlerini kullanarak bir sel duyarlılık haritası oluşturmak amacıyla kullanılmıştır. Araştırmada, toplamda on bağımsız değişken kullanılmıştır: arazi kullanımı/arazi örtüsü, yükseklik, eğim, topografik ıslaklık indeksi, yüzey akışı, arazi şekli, litoloji, ana nehir uzaklığı, toprak dokusu ve toprak drenajı. Sonuçlar, toplam alanın %19.4'ünün 'çok yüksek' ve %35.8'inin 'yüksek' sel duyarlı sınıfında olduğunu göstermiştir. Çalışma kapsamında 100 taşkın eğitim için, 48 taşkın ise model doğruluğu için kullanılmış ve sonuç olarak model doğruluğu yüzde 97 olarak bulunmuştur.

Özcan (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, sel analizinde en çok kullanılan yöntemleri değerlendirmek ve karşılaştırmaktır. Bu yöntemler; ÇKKV, Hidrolik Modelleme, Bilgi Yayılma Teorisi ve Eğri Numarası metodudur. Yapılan obje-tabanlı en yakın komşuluk sınıflandırma sonucu temel alındığında olası taşkında etkilenebilir alanda; toplamda 1859 binanın risk altında olduğu belirlenmiştir. Havzaya ait eğri numaraları Bilgi Yayılma Teorisi ve Eğri Numarası yöntemi ile belirlenerek Bilgi Difüzyon yönteminde kullanılmıştır. Bilgi Difüzyonu analiz sonuçlarına göre; Ayamama Deresi 180 m³/s'lik akıma ulaştığında taşkın olma olasılığının yaklaşık olarak % 97.2 olacağı ve taşkın sularının yaklaşık 50 ha gibi bir alanda etkili olacağı tespit edilmiştir.

Özşahin (2016) Arnavutluk için gerçekleştirdiği çalışmasında, farklı ölçeklerden ve çeşitli kaynaklardan elde edilen jeoloji, jeomorfoloji, eğim, bakı, yağış, akarsuya uzaklık, yeraltı suyu, toprak ve arazi kullanımı verileri birleştirilerek taşkın riski

alanlarını belirlemiştir. Analiz sonuçlarına göre, Arnavutluk topraklarının %45'i risksiz, %18.52'si orta derecede riskli ve %36'sı risk altında olarak sınıflandırılmıştır. Bu bağlamda, başkent Tiran ve kuzeyden güneye Shkoder, Burrel, Durres, Elbasan, Fier, Berat, Vlor ve Sarvee gibi büyük ve yoğun nüfuslu bölgeler en yüksek taşkın riskine sahip alanlar olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, ülkedeki taşkın riski yüksek bölgelerde multidisipliner bir bilim anlayışıyla daha kapsamlı planlamaların yapılması gerektiğini vurgulamaktadır.

Tehrany vd. (2015) çalışmalarında, destek vektör makinesi ve FO yöntemlerini entegre ederek yeni bir bileşik yöntem önermeyi amaçlamaktadır. FO tarafından elde edilen ağırlıklar, destek vektör makinesi analizinde kullanılmıştır. Önerilen bileşik yönteminin etkinliğini incelemek ve destek vektör makinesi'nin yeteneklerini göstermek için başka bir makine öğrenimi algoritması olan karar ağacı uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır. Mekânsal veritabanı, sayısal yükseklik modeli, eğrilik, jeoloji, nehir, akarsu güç endeksi, yağış, arazi kullanımı/örtüsü, toprak tipi, topografik ıslaklık endeksi ve eğim içermektedir. Sonuçlar, bileşik yöntem kullanılarak doğrulukların arttığını göstermiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen bileşik yönteminin hızlı, doğru ve makul bir sel eğilim değerlendirmesi için etkili olduğunu kanıtlamıştır.

Rahmati vd. (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, hidrolik model sonuçlarıyla karşılaştırılarak potansiyel taşkın tehlike bölgelerini belirlemek için AHP etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamıştır. İlk olarak, İran'ın Yasooj Nehri'nin bazı bölgelerinde nehir uzaklığı, arazi kullanımı, yükseklik ve arazi eğimi olmak üzere dört parametre kullanılmış ve parametre ağırlıkları AHP ile belirlenmiştir. 50 ve 100 yıl aralıklarındaki seller için hidrolik analiz programı HEC-RAS kullanılarak sel simülasyonu (selin yayılma alanı ve derinliği) gerçekleştirilmiştir ve AHP ile elde edilen sel tehlike haritalarıyla karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, AHP tekniğinin sel yayılma alanlarını doğru ve güvenilir şekilde belirleme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, AHP ve CBS tekniklerinin özellikle veri eksikliği olan bölgelerde sel tehlike potansiyelinin değerlendirilmesi için önerildiğini göstermiştir.

Ouma ve Tateishi (2014), entegre bir AHP ve CBS analizi kullanarak kentsel sel hassasiyeti ve risk haritalamasına ilişkin metodolojik bir genel bakış ve vaka çalışması değerlendirmesi sunmaktadır. Çalışma, büyüyen kentsel alanlarda kamu tabanlı sel haritalarının hazırlanması ve sel risklerinin tahmin edilmesi için uzmanlık sağlamayı amaçlamaktadır.

Zou vd. (2012) çalışmalarında afet sistemi teorisi ve afete neden olan faktörlerin tehlikesi göz önünde bulundurularak sel riski faktörlerinin kapsamlı analizi gerçekleştirilmiştir. Sel derivasyon bölgesinin birincil risk değerlendirme endeks sistemi ve değerlendirme standartları oluşturulmuştur. Taşkın tehlikesi ve taşkın zarar görebilirliği için ağırlıklar bulanık AHP ile belirlenmiştir. Oluşturulan model, Çin'deki Jingjiang taşkın derivasyon bölgesinin kapsamlı taşkın risk değerlendirmesi için kullanılmış ve hesaplama sonuçları önerilen modelin makul, güvenilir ve uygulanabilir olduğunu ortaya koymuştur. Önerilen modelin kapsamlı taşkın risk değerlendirmesi için kullanılabilir olduğunu ve ayrıca çok fazla değişiklik yapılmadan diğer doğal afetlerin kapsamlı risk değerlendirmesine uygulanma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

AHP afet riski çalışmalarında sık kullanılan bir yöntemdir. AHP yöntemi kullanılarak hazırlanan başlıca çalışmalar;

Tantanee vd. (2023) heyelan tehlikesi haritalaması için web tabanlı bir mekânsal karar destek sisteminin geliştirilmesine odaklanmıştır. Çalışma, heyelan tehlike bölgelerini çeşitli kriterlere göre değerlendirmek ve haritalamak için CBS ile birlikte AHP'yi kullanmaktadır. Bu uygulama, etkin afet yönetiminde mekânsal karar destek sistemlerinin önemini vurgulamaktadır.

Sulaiman vd. (2022), Malezya'da afet riskinin azaltılmasında CBS ve uzaktan algılama uygulamalarını araştırmıştır. CBS'nin AHP ile entegrasyonu, bölgedeki potansiyel afet alanlarının belirlenmesini ve yönetilmesini sağlayabileceği tespit edilmiştir. Bu uygulama, CBS'nin afet yönetimi çabalarını desteklemedeki rolünü vurgulamaktadır.

Kumlu ve Tüdeş (2019), deprem riskli alanların belirlenmesinde AHP ve İdeal Çözüme Benzerlik ile Sıralama Tercihi Tekniği'nin (TOPSIS) kullanımını tartışmaktadır. Çalışma, deprem riskli alanların değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi için CBS tabanlı çok kriterli karar verme tekniklerini kullanmaktadır. Yazarlar çalışmalarında AHP'nin deprem risk yönetimindeki kullanılabilirliği üzerine eğilmişlerdir.

Fan vd. (2017), uzaktan algılama verileri ve AHP kullanarak afet fiziksel hasarının ölçülmesine ilişkin bir vaka çalışması sunmaktadır. Çalışma, Çin'deki

Ludian depreminin neden olduğu fiziksel hasarın değerlendirilmesinde ve haritalanmasında AHP uygulamasını göstermektedir.

Rodríguez-Espíndola vd. (2016) insani yardım lojistiğinde acil durum tesislerinin yeri için CBS ve optimizasyon tekniklerinin kullanımını tartışmaktadır. Çalışma, birden fazla kritere dayalı olarak acil durum tesisleri için en uygun konumların belirlenmesinde CBS ve ÇKKV birlikte kullanılmasını araştırmaktadır. Bu çalışma ile afet müdahale planlamasında CBS ve AHP'nin potansiyelini ortaya koymaktadır.

Westen (2013), doğal tehlikelerin değerlendirilmesi ve afet risk yönetiminde uzaktan algılama ve CBS'nin rolünü vurgulamıştır. AHP'nin CBS ile entegrasyonu, tehlikeye eğilimli alanların birden fazla kritere göre değerlendirilmesini ve önceliklendirilmesini sağlayabileceği ve bu yaklaşımla, afete hazırlık ve afet riskinin azaltılması aşamaları üzerinde fayda sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Vadrevu vd. (2009) yangın riski değerlendirmesinde AHP ve mekansal bulanık karar verme algoritmalarının kullanımını tartışmaktadır. Çalışma, uzman görüşlerini entegre ederek ve birden fazla kriteri değerlendirerek orman yangını riskini haritalamak için CBS'yi kullanmaktadır.

KBDTS görece yeni bir ÇKKV yöntemidir ve farklı konularda çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmaların başlıcaları;

Srivastava ve Mondal (2021), insan karar verme süreci için kararsız bulanık zarf tabanlı bir uzman sistem geliştirmiştir. Dilsel karar verme modelinin önemini ortaya çıkartmak için KBDTS kullanılmıştır. Çalışma, radar zarflarının netliğine ve felsefi yönlerine odaklanmıştır.

Tian vd. (2020), yeşil tedarikçi seçimi için olasılıksal kararsız bulanık bilgi ile TODIM (etkileşimli ve çok kriterli karar verme için bir kısaltma) adı verilen yeni bir yaklaşım önermektedir. Bu yaklaşım, karar vericilerin algılarını olasılıklı bir şekilde dikkate almakta ve kararsız bulanık bilgileri içermektedir. KBDTS kullanımı ile, karar vericilerin algılarının ve tercihlerinin daha gerçekçi bir şekilde temsil edildiği sonucuna varılmıştır.

Dinçer vd. (2019), finansal ekonominin kalkınma planını seçmek için KBDTS kullanan IT2 tabanlı bir hibrit karar verme modeli önermiştir. Çalışma, KBDTS altında

hibrit karar verme yaklaşımını kullanarak kriterleri ve alternatifleri değerlendirmeyi amaçlamıştır.

Pérez-Domínguez vd. (2019), TOPSIS yöntemini kullanarak yalın performansı değerlendirmek için KBDTS kullanmıştır. Çalışma, karar vericilerin aynı değişken için birden fazla dilsel terim ortaya çıkarmasına olanak tanıyarak yalın performans değerlendirilmesini geliştirmeyi amaçlamıştır.

Dogan ve Oztaysi (2018) bulanık karar verme yöntemini kullanarak mağaza içi davranışsal analitik teknoloji seçimi üzerine bir çalışma yürütmüştür. Çalışma özellikle KBDTS'ye odaklanmamış olsa da, dilsel terimler içeren karar verme yöntemleriyle ilgili olan çok kriterli karar analizi ve AHP kullanmıştır.

Ou vd. (2018), dilsel sezgisel bulanık küme TOPSIS yönteminin performansını HFL-VIKOR yöntemi, sembolik toplama tabanlı yöntem ve Tereddütlü Bulanık Dilsel-TOPSIS yöntemi ile karşılaştırmaktadır. Dilsel sezgisel bulanık küme TOPSIS yöntemi, dilsel çok kriterli karar verme için kullanışlı ve alternatif bir yöntem olduğunu kanıtlamaktadır. Bu yöntem, dilsel tercihleri yakalamada KBDTS'nin avantajlarından yararlanmakta ve ÇKKV problemleri için güvenilir bir çözüm sağlamaktadır.

Montserrat-Adell vd. (2017), grup değerlendirmelerini modellemek için KBDTS kullanmışlardır. Çalışma, bilgisayar bilimi ve bulanık mantığa odaklanmış ve farklı hassasiyet seviyelerini içeren insan muhakeme biçimini yakalamayı amaçlamıştır.

Mardani vd. (2015), ulaşım sistemlerinde ÇKKV tekniklerine ilişkin en son literatürün sistematik bir incelemesini yapmıştır. Çalışma özellikle KBDTS'ye odaklanmamış olsa da, bilgisayar bilimleri ve karar analizi de dahil olmak üzere çeşitli alanlarda ÇKKV tekniklerinin kullanımına genel bir bakış sağlamıştır.

Zhang ve Wu (2014), kararsız heterojen bilgiye dayalı çok kriterli karar verme için genişletilmiş TOPSIS yöntemini analiz etmiştir. Çalışma, hem nicel hem de nitel ortamlarda değerlendirmeleri ifade etmek için KBDTS ve kararsız bulanık kümelerin kullanımını vurgulamıştır. KBDTS ve dilsel dağılımlar kombinasyonu, CBS uygulamalarında karar vericilerin dilsel tercihlerini tanımlamak için güçlü bir araç sağlar. Bu yaklaşımla, mekansal karar verme süreçlerinde belirsiz ve kararsız bilgilerin temsil edilmesini ve analiz edilmesini sağlamıştır..

Rodríguez vd. (2013), KBDTS'ye dayalı karşılaştırmalı dilsel ifadelerle ilgilenen bir grup karar verme modeli önermiştir. Çalışma psikoloji, biyoloji ve jeoloji gibi çeşitli alanlara odaklanmış ve farklı hassasiyet seviyelerini içeren insan muhakeme biçimini yakalamayı amaçlamıştır.

Literatür incelendiğinde AHP yöntemine afet çalışmalarında sıkça başvurulduğu ve afete etki eden faktörlerin ağırlıklandırılmasında sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Modern ağırlıklandırma yöntemlerinden KBDTS yöntemlerinin afet çalışmaları üzerinde henüz başvurulmuş bir yöntem olmamasına karşın karmaşık faktörlerin ağırlıklandırılmasında sıklıkla kullanıldığı yukarıda özetlenen literatürden anlaşılmaktadır.

Hazırlanan tez çalışması kapsamında sel-taşkın afeti üzerinde etkili olan kriterler literatüre dayalı olarak belirlenmiştir. Kriterlerin ağırlıklandırması için sıkça başvurulmuş yöntem olarak AHP kullanılmıştır. AHP ile elde edilen ağırlıklar ile ağırlıklı toplam yöntemiyle elde edilen sel-taşkın risk haritaları güncel yöntem olan KBDTS ile elde edilen ağırlıklar kullanılarak elde edilen sel-taşkın risk haritaları ile kıyaslanmıştır.

1.4. Tezin Tasarımı

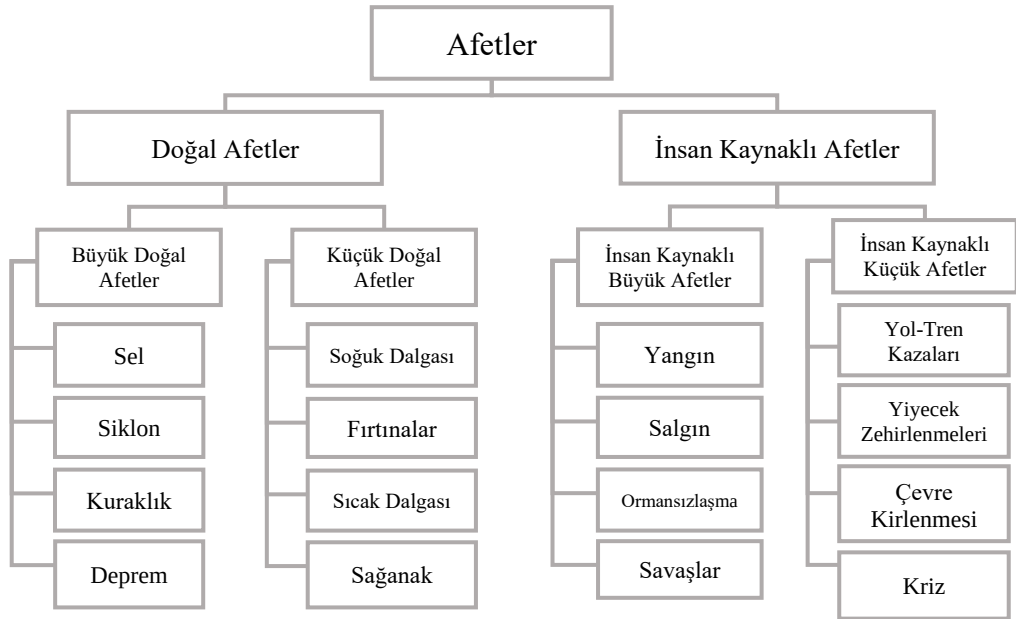
Hazırlanan doktora tezi 7 ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde giriş, problemin tanımı ve literatür özeti verilmiştir. Bu bölümden itibaren, 2. bölümde temel kavramlar, 3. bölümde çalışma alanı, kullanılan kriterler ve yöntemler verilmiştir. 4. bölümde verilerin analizi için gerçekleştirilen ön işlem adımları, kriter ağırlıklarının belirlenmesi ve tüm verilerin birlikte analiz edilmesi için gerçekleştirilen işlem adımları verilmiştir. Tasarlanan Yarı Dinamik Sel-Taşkın Risk Tahmin Modeli python kodlama diliyle CBS ortamında geliştirilmiş, temin edilen zaman dilimleri için döngüsel olarak sel-taşkın risk tahmin haritalarının üretilmesi işlem adımları 5. bölümde açıklanmıştır. 6. bölümde model bulguları irdelenmiş, 7. Bölümde sonuçlar ortaya konulmuş ve öneriler gerçekleştirilmiştir.

2. TEMEL KAVRAMLAR

2.1. Afet

Afet, toplulukları etkileyen, insanlar için ekonomik, sosyal, kültürel, doğal, fiziksel ve çevresel kayıplara neden olan, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak kriz yönetimi gerektiren doğa veya insan kaynaklı olayların sonuçlarıdır (Kadioğlu, 2011). Afetler sonucunda büyük maddi hasar ve hatta can kayıpları meydana gelmektedir (Papagiannaki vd., 2019). Afetler acil müdahaleyi gerektiren doğal teknolojik veya insan kökenli olayların oluşturduğu kriz durumlarıdır (Taştan ve Aydınoglu, 2022).

Afetler, nedenlerine bağlı olarak doğal afetler ve doğal olmayan-insan kaynaklı afetler olarak iki ana kategoride sınıflandırılmaktadır (Şekil 2.1.) (Khantong vd., 2020). Doğal afetler, dünya doğasının kendi jeolojik, jeomorfolojik ve meteorolojik gelişim sürecinden kaynaklanan olaylardır. Bu olaylar afet olarak kabul edilir, çünkü insanlar ve yapılar zarar görür, durumla başa çıkamaz hale gelir ve kriz koşulları meydana gelir (Ergünay vd., 2009). İnsan kaynaklı afetler ise, insanların bilimsel ve teknolojik çalışmalarının sonucu olarak ortaya çıkan eksiklikler, yanlış uygulamalar veya kasıtlı eylemler sonucu meydana gelir. Örneğin, nükleer patlamalar veya terörist saldırılar gibi olaylar insan kaynaklı afetlere örnek olarak verilebilir (Erkal ve Değerliyurt, 2009).



Şekil 2.1. Afet Türleri (Taştan, 2021)

Genel olarak, afetlerin farklı türlere ayrılması, özelliklerinin, nedenlerinin ve etkilerinin anlaşılmasına yardımcı olmaktadır. Bu bilgi afete hazırlık, müdahale zarar azaltma ve iyileştirme için uygun strateji ve önlemlerin geliştirilmesi için gereklidir. Yetkililer ve kuruluşlar, farklı afet türleriyle ilişkili belirli özellikleri ve riskleri anlayarak kaynakları daha iyi tahsis edebilir, tahliye rotalarını planlayabilir ve etkili acil müdahale planları geliştirebilir (Koçkan, 2015; Ma ve Liu, 2020; Wang ve Du, 2019).

Afetlerin literatürde oluş şekillerine göre, etki türlerine göre ve etki değerine göre farklı sınıflandırmalar olduğu görülmektedir. İnsanlar üzerinde büyük etkisi olan doğal afetler; deprem, taşkın, heyelan, kaya düşmesi, çığ, kuraklık, hortum, salgın hastalıklar, sis, buzlanma, don, dolu, çekirge istilaları vb. afetlerdir. İnsan kaynaklı afet türüne yangınlar, nükleer kazalar, baraj yıkılmaları, asit yağmurları, büyük çapta meydana gelen iş ve maden kazaları örnek olarak verilebilir. Ayrıca bazı durumlarda afetler birbirlerini tetikleyebilir ya da aynı anda meydana gelerek çoklu afet olayları yaşanabilmektedir (Kemaloğlu, 2015; Taştan, 2021).

Sel-taşkın afetleri, çevreye, altyapıya ve insan hayatına önemli zararlar veren, meydana gelebilecek en yıkıcı doğal afetler arasında yer alır (Billa vd., 2004). Şiddetli yağış, karların erimesi veya nehirlerin ve kıyı bölgelerinin taşması gibi çeşitli faktörlere bağlı olarak ortaya çıkabilen bu felaketlerin etkisi, hem kırsal hem de kentsel toplulukları yaygın bir şekilde etkileyebilmektedir (Özşahin, 2016). Sel felaketleri doğal ve insani faktörlerin bir araya gelmesinden kaynaklanabilir. Doğal nedenler arasında yoğun yağış, kar erimesi ve nehir ve göllerin taşması yer almaktadır (Li vd., 2019). İklim değişikliği aşırı hidrolojik olaylardaki artışa katkıda bulunan bir faktör olarak tanımlanmış ve daha sık ve şiddetli sellere yol açmıştır (Li vd., 2019; Mudashiru vd., 2021). Ormansızlaşma, kentleşme ve yanlış arazi kullanımı, doğal drenaj modellerini değiştirerek ve yüzey akışını artırarak sel riskini daha da arttırmaktadır (Adnan vd., 2020).

Sel afetlerinin etkileri geniş kapsamlı ve yıkıcı olabilmekte ve ciddi can kayıplarıyla sonuçlanabilmektedir (Wells vd., 2016). Binalar, altyapı ve ulaşım sistemleri de dahil olmak üzere kentsel donatılar, sel hasarlarına maruz kalabilmektedirler. Yollar, köprüler ve kamu hizmetleri sunan altyapı tesisleri ciddi şekilde etkilenecek kentsel yaşamda aksamalara neden olmaktadır (Dube vd., 2018).

2.2. Afet Yönetimi

Genel olarak, afetler bir sürecin parçasıdır ve bu süreç afetlerin meydana gelmesinden önce başlayarak afet anını ve sonrasını içerir (Akyel, 2005). Afet yönetimi, devletlerin mevcut önlemleri, sivil toplum kuruluşlarının bu alandaki çalışmaları, eğitim süreçlerinde afetlerle ilgili verilen bilgilendirmeler ve uyarılar, bireylerin aldığı afetlere karşı bireysel önlemler gibi geniş bir yelpazede ele alınabilir (Özvan vd., 2021).

Afetlerin ne zaman gerçekleşeceğini belirli olmaması her zaman hazırlıklı olunmasını gerektirmektedir. Bu sebeple afetlerde meydana gelebilecek zararın en aza indirilmesi için mutlaka afet öncesinde planlama yapılması gerekmektedir (Erkal ve Değerliyurt, 2009). Yapılacak çalışmalarda, afet yönetiminin her bir aşamasının detaylı koordine edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde sadece bir aşamayı kapsayan afet planlamasının etkinliği sınırlı olacaktır (Memiş ve Babaoğlu, 2020). Afet yönetiminin temel amacı, afet durumlarında hızlı ve etkili bir müdahale ile mümkün olan en geniş kitleye ulaşarak, can kayıplarını ve yaralanma sayısını en aza indirmek ve afetin olumsuz etkilerini minimize etmektir (Koçkan, 2015).

Afet yönetim planı, çeşitli durum ve koşullarda uygulanabilir olmalıdır; ayrıca, süreklilik sağlamak adına belirli aralıklarla gözden geçirilmeli ve güncellenmelidir. Planlar, afet öncesi, afet sırası ve sonrasında alınacak önlemlerin ve gerçekleştirilecek çalışmaların etkili bir şekilde yönetim ve koordinasyonunu sağlamak için düzenlemeler içermelidir. Bu süreçte, yeterli personel ve kaynakların sürekli hazır olup olmadığı da göz önünde bulundurularak planlar revize edilmelidir (Akyel, 2005; Erkal ve Değerliyurt, 2009). Afet yönetim planları, verimli ve etkili olabilmeleri için diğer yerel ve bölgesel kuruluşlarla sürekli koordinasyon içinde olmalıdır. Bu planlar, potansiyel afetleri, muhtemel afet bölgelerini, bu bölgelerde yaşayan nüfusu ve yapılaşmayı net bir şekilde tanımlamalıdır. Ayrıca, kabul edilebilir risk standartları belirleyerek gerçekçi fayda-maliyet analizlerine dayanan zarar azaltma stratejilerini içermelidir. Pratikte her zaman teoriden farklı özelliklere sahip olduğu göz önüne alındığında, planların uygulanabilirliğini test etmek amacıyla belirli aralıklarla gerçekleştirilecek tatbikatlar önemlidir (Kemaloğlu, 2015).

Afet yönetimi; depremler, seller, kuraklıklar, hortumlar, volkanik patlamalar, tropikal ve deniz fırtınaları gibi doğal afetlerin yol açtığı zarar ve kayıpları en aza indirmeyi amaçlayan kritik bir araştırma ve uygulama alanıdır (Beiki vd., 2020). İklim

değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle doğal afetlerin artan sıklığı, yoğunluğu ve hatta büyüklüğü, afet yönetimi için kapsamlı bir sisteme duyulan ihtiyacı vurgulamıştır (Yun vd., 2022). Kapsamlı bir afet yönetimi, hazırlık, müdahale, yardımların dağıtımı, iletişim, veri paylaşımı, lojistik ve paydaşlar arasında koordinasyon gibi çeşitli unsurları içermektedir (Kadioğlu, 2008).

Afet yönetimi, idari ve teknik pek çok bileşen içerir. İdari, yönetsel, kurumsal bileşenlerin dışında güncel teknolojik olanaklardan da faydalanılması gerekmektedir. İnsansız hava araçları, Nesnelerin İnterneti (IoT) ve büyük veri analitiği gibi gelişmiş teknolojiler ilk sırada akla gelmektedir (Ceren, 2023; Partigöç, 2022). Gelişen teknolojik imkanlar verilerin toplanmasına ve işlenmesine, tıbbi acil durumların iletilmesine, gerçek zamanlı bilgi sağlanmasına ve erişilemeyen alanlardan veri toplanmasına yardımcı olabilir (Alsamhi vd., 2021). Büyük veri analitiği, doğal tehlikelerin izlenmesinde ve tespit edilmesinde, etkilerinin azaltılmasında, yardımların iletilmesinde ve iyileşme aşamalarında önemli bir rol oynamaktadır (Yu vd., 2018). Büyük veri analitiği, karar destek sistemleri ve kaynak tahsisini desteklemek için konumsal bilgiler de dahil olmak üzere çeşitli kaynaklardan gelen büyük hacimli verilerin analiz edilmesini sağlamaktadır.

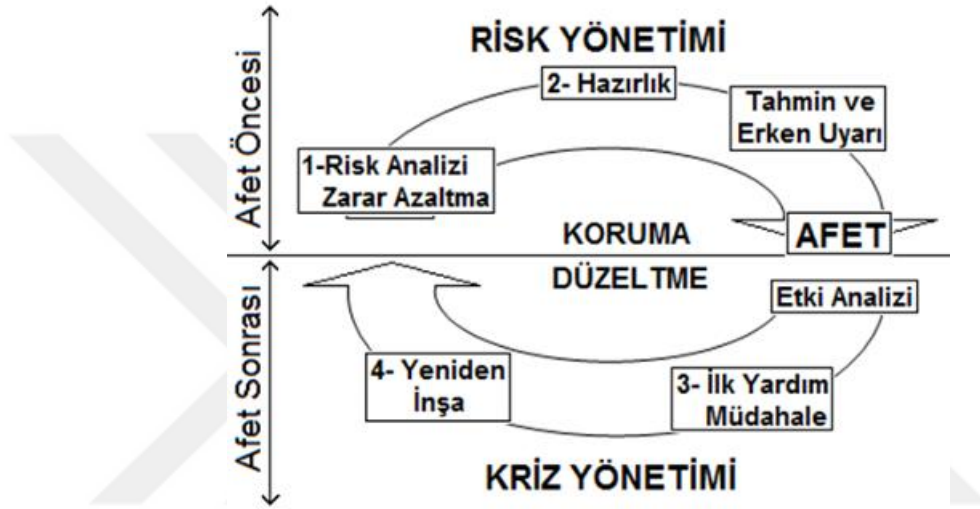
Konumsal veri ve konumsal bilgi sistemleri, etkili doğal afet yönetimi için gereklidir. Topografik haritalar, tematik haritalar, müdahale planları, fotogrametrik görüntüler ve uydu görüntüleri de dahil olmak üzere konumsal bilgiler, afet yönetiminde yer alan çeşitli karar vericiler tarafından üretilmekte ve kullanılmaktadır (Erkal ve Değerliyurt, 2009; Koçkan, 2015; Valachamy vd., 2022).

Farklı kullanımlarla gündeme gelen dijital ikiz teknolojisi, etkili afet yönetim sistemlerini desteklemek için yeni bir yaklaşım olarak ortaya çıkmıştır. Dijital ikiz, fiziksel bir bileşenin, ürünün veya sistemin yaşam döngüsü aşamaları için ilgili tüm bilgileri içeren kapsamlı bir sanal temsildir. Afete eğilimli bir bölgenin dijital ikizini oluşturarak çeşitli senaryoları simüle etmek ve modellemek, riskleri değerlendirmek ve etkili risk azaltma stratejileri geliştirmek mümkündür (Boschert ve Rosen, 2016; Yun vd., 2022).

Paydaşların arasında etkili iletişim ve koordinasyon, çeşitli kamu ve özel sektör paydaşlarının birlikte çalışabilirliği, başarılı bir afet yönetimi için çok önemlidir. Tedarik yeri ve ulaşım planlaması da dâhil olmak üzere acil durum lojistiği, yardım

mal ve hizmetlerinin etkilenen bölgelere zamanında ulaştırılmasında hayati bir rol oynamaktadır (Loree ve Aros-Vera, 2018; Paul ve Zhang, 2019).

Küresel olarak kabul gören afetlerde ana döngü sırasıyla; afet-öncesinde “risk ve zarar azaltma, hazırlık”, afet-anında “acil durum müdahalesi”, afet-sonrası “müdahale, iyileştirme ve yeniden yapılanma” şeklindedir (Kahraman vd., 2021). Afet yönetiminde her aşamanın düzenli ve etkili bir şekilde işletilmesi bu aşamalarda yapılan işlerin aksamadan yapılmasına bağlıdır (Şekil 2.2.) (Şahin ve Üçgül, 2019). Bu aşamalar;



Şekil 2.2. Afet Yönetimi Evreleri (Şahin ve Üçgül, 2019)

2.2.1. Zarar Azaltma Aşaması

Afet öncesi hazırlık aşaması, felaketin olası zararlarını azaltma amacı güder (Wattegama, 2007). Bu aşama, afet tehlikesini ve riskini tespit ederek, bu tehlikelerden kaçınma, etkileri en aza indirme veya önleme, kaçınılmaz kayıpları telafi etme önlemlerini içerir (Yaprak, 2020). Ayrıca, toplumu afet tehlikesi ve riski konusunda bilgilendirmeyi, farkındalık yaratmayı ve bu tür durumlarla başa çıkma yeteneğini geliştirmeyi içerir.

Zarar azaltma aşaması afet öncesi ve sonrası mevzuatın geliştirilmesi, yerel ve merkezi düzeydeki kurumsal yapıların güçlendirilmesi, araştırma-geliştirme politikalarının ve stratejilerinin belirlenmesi ve uygulanması gibi çalışmaları da içermektedir (Şahin, 2019).

Zarar azaltma aşamasındaki çalışmalar, afetlerin neden olduğu güvenlik eksikliklerini ve zayıf noktaların ele almasını gerektirmektedir. Çünkü afet riskini tamamen ortadan kaldırmak genellikle mümkün değildir. Bu nedenle, afetlere yönelik riski azaltma politikaları oluşturulmalı ve uygulanmalıdır (Kadioğlu, 2011). Bu politikalar, afet yönetimi ve organizasyonları içermelidir. Ayrıca, yerleşim alanlarında arazi planlamalarının yapılması da gereklidir (Akyel, 2005; Kadioğlu, 2011; Stanganelli, 2008).

Bu amaçla:

- Yerleşim bölgelerinin afet risklerine karşı daha dirençli hale getirilmesi için uygun düzenlemeler yapılmalıdır.
- İnşaat standartları ve yönetmelikler, afetlere karşı dayanıklılığı artıracak şekilde gözden geçirilmeli ve uygulanmalıdır.
- Afetlerin etkilerini azaltmak için altyapı projeleri ve acil durum planları oluşturulmalıdır.
- Toplumun afetlere karşı hazırlıklı olmasını teşvik etmek için eğitim ve farkındalık programları düzenlenmelidir.
- Afet durumlarında hızlı ve etkili bir şekilde müdahale etmek için acil durum ekipleri ve kaynakları hazır tutulmalıdır.

Bu önlemler, afetlerin yol açtığı zararı en aza indirmek ve toplumun daha güvenli olmasını sağlamak amacıyla hayati öneme sahiptir (Stanganelli, 2008).

2.2.2. Hazırlıklı Olma Aşaması

Afet öncesi dönemde erken uyarı sistemlerinin geliştirildiği, krizlere karşı hazırlık planlarının oluşturulduğu ve afetlerin etkilerini en aza indirecek kurtarma kaynaklarının geliştirildiği aşamaya hazırlık olma aşaması denilmektedir (Ergünay vd., 2009). Özellikle tehlike altındaki bölgelerin iyileştirilmesi, kayıpların tespiti ve acil yardım ihtiyaçlarının karşılanması için arama ve kurtarma yeteneklerinin geliştirilmesi ve sürekli olarak hazır tutulması sağlanır (Erkal ve Değerliyurt, 2009).

Afet sonrası sağlık hizmetlerine, barınmaya ve günlük yaşam ihtiyaçlarına hızlı erişim için stokların oluşturulması, dağıtım ilkelerinin belirlenmesi ve bu ilkelerin uygulanması gerekliliği vurgulanır. Hazırlıklı olma aşaması, eğitilmiş personelin, malzemenin ve ekipmanın doğru konumlandırılması gibi önemli işleri içerir. Bu

aşama, birçok resmi ve özel kurumun ve toplum kuruluşlarının işbirliği ve koordinasyonunu gerektirir (Akyel, 2005).

Hazırlıklı olma aşaması, zarar azaltma çalışmalarına rağmen afet sonucunda ortaya çıkabilecek tehlikeleri ve riskleri azaltma amacı güder. Bu aşamada afet yönetim planlarının hazırlanması ve iyileştirilmesi gereklidir. Bu planlar, atanmış personelin görev ve sorumluluklarını belirler ve bu personelin bilgi seviyelerini artırmak amacıyla eğitim ve tatbikatlar düzenler. Aynı zamanda arama ve kurtarma faaliyetlerini organize etmek, geliştirmek ve yaygınlaştırmak için çaba harcanır. Alarm ve erken uyarı sistemlerinin kurulması, geliştirilmesi ve gerektiğinde bölgesel ve yerel ölçekte acil yardım hizmetlerinin hazırda bekletilmesi gibi faaliyetler bu aşamada önem taşır (Ergünay vd., 2009).

2.2.3. Olaya Müdahale Aşaması

Afet olayının hemen ardından başlayan ve olayın büyüklüğüne bağlı olarak 1-2 ay boyunca devam ettirilen acil müdahale aşaması, temel olarak birçok insanın hayatını kurtarmak, yaralıların tedavisini sağlamak, barınma, beslenme, tahliye, korunma, ısınma, güvenlik ve psikolojik destek gibi temel ihtiyaçlarını en kısa sürede ve en etkili şekilde karşılamayı amaçlar (Akyel, 2005).

Bu aşama, afetin büyüklüğünü ve durumunu hızla değerlendirme, ortaya çıkan ihtiyaçları tanımlama, etkili iletişim kurma, uygun kaynakları ve eğitimli personeli afet bölgesine ulaştırma ve acil sağlık hizmetleri ile günlük yaşam destek ekiplerinin çalışmalarını içerir. Bu aşama, deneyime dayalı mutlak ve tek bir otoriteyi ve disiplini gerektirir. Afetler genellikle yerel olaylar olduğundan, acil müdahale ekipleri yerel otorite altında yerel kaynaklarla oluşturulur, ancak bu kaynakların zarar görmesi olasılığı nedeniyle, ulusal düzeyde yardım almak için hiyerarşik bir düzenin hazır olması gerekmektedir (Alkin, 2021).

2.2.4. İyileştirme Aşaması

İyileştirme aşaması, afet olayı sonrası dönemde afetzedelerin normal hayatlarına dönebilmeleri için gerçekleştirilen uygulamaları içeren bir evredir. Bu dönemde, zarar gören toplum ve bireylerin hayatlarını yeniden inşa etmeleri ve normal günlük yaşamlarına geri dönebilmeleri için çeşitli çalışmalar yürütülür (Wattegama, 2007).

İyileştirme aşaması, felaketin hemen ardından başlar ve felaketin büyüklüğüne bağlı olarak en az bir ila iki yıl sürebilen bir dizi faaliyeti içerir. Bu aşamada yapılması

gereken temel çalışmalar, afetten etkilenen toplumların temel iletişim, sağlık, ulaşım, su temini, elektrik, kanalizasyon, eğitim, sosyal etkinlikler ve hem geçici hem de kalıcı yerleşim alanlarının inşası gibi unsurları içerir. Amaç, afetten etkilenen insanlar için önceden olduğundan daha güvenli ve gelişmiş bir yaşam ortamının oluşturulmasını sağlamaktır (Ergünay vd., 2009).

Afetlere bağlı acil durumunun bertaraf edilmesi sonrasında en önemli hedef, zarar görmüş bireyleri ve toplulukları desteklemekle kalmayıp, yerel ekonominin canlılığını yeniden kazanmak, altyapıyı geliştirmek, sanayiye ve ticareti teşvik etmek, toplumun eğitimini artırmak, sosyal ve psikolojik destek hizmetlerini sağlamak ve böylece potansiyel yeni bir afete karşı daha dirençli hale gelmektir (Erkal ve Değerliyurt, 2009).

2.2.5. Dünyada Afet Yönetimi

Doğal afetler, dünyanın hemen hemen her bölgesinde insan hayatını olumsuz etkileyen en önemli faktörlerden biridir. Depremler, seller, kasırgalar, orman yangınları, tsunami gibi doğal afetler, yıkıcı etkileriyle birlikte can kaybına, ekonomik kayıplara, altyapı zararına ve sosyal travmalara neden olmaktadır (Bharosa vd., 2009). Bu afetler, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde yaşayan insanları etkilemekte ve acil yardım, kurtarma operasyonları, yeniden yapılanma ve en önemlisi hazırlıklı olma çabalarını gerektirmektedir. İklim değişikliği ve çevresel faktörlerin etkisiyle doğal afetlerin sıklığı ve şiddeti artma eğilimindedir, bu da dünya genelinde afet yönetimi ve risk azaltma önlemlerine daha fazla önem verilmesi gerektiği anlamına gelmektedir (Giardino vd., 2012). Doğal afetlere karşı etkili hazırlık ve bilinçli yönetim, insanların bu tehlikelerle başa çıkmalarına yardımcı olabilecektir.

Dünyanın çeşitli bölgelerinde afet yönetimi çalışmaları incelendiğinde organizasyonel yapının önemi ve gelişen teknoloji ve bilgi sistemlerinin önemi ön plana çıkmaktadır (Koçkan, 2015). Ayrıca ülkeler bulundukları coğrafya ile ilişkili sık karşılaşılan afetlere yönelik hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerine odaklanmışlardır. Örneğin Japonya deprem afetini sık yaşayan bir ülke iken, İngiltere terörizmi birinciöncelikli risk olarak gündemine almıştır. Dünya genelinde birkaç ülkenin afet yönetim süreçleri aşağıda özetlenmiştir.

Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) kriz yönetimi, sürekli geliştirilmesi gereken bir süreç olarak görülmektedir. Federal Olağanüstü Hal Yönetim Ajansı

(FEMA), ülke genelinde afetlerden nükleer savaşlara kadar acil durumlarda görev yaparak kriz yönetiminin temelini oluşturur (Khan vd., 2020). FEMA, ABD'yi 10 bölgeye ayırır ve her bölgede Bölgesel Operasyonlar Merkezi bulunur. Ayrıca eyaletlerde ve yerel yönetimlerde acil müdahale merkezleri bulunur. Kriz durumları, yerel müdahale merkezlerinden başlar, ancak gerektiğinde federal düzeyde kriz ilan edilebilmektedir (Karaaslan, 2015).

Kanada'da afet yönetimi, Olağanüstü Durumlar Yasası kapsamında yürütölür ve bu yasa, 1988 yılında Seferberlik ve Savaş Yasası'nın kaldırılmasıyla yürürlüğe girmiştir. Yasa, halkın güvenliğini tehdit eden tüm tehlikeleri içerecek şekilde hazırlanmıştır. Olağanüstü Durum Hazırlık Yasası'nın ardından, 1998 yılında Federal Hükümet düzeyinde Savunma Bakanı'na bağlı Acil Durum Hazırlık Teşkilatı (EPC) kurulmuştur. EPC'nin görevleri ve sorumlulukları yasayla belirtilmiştir. Olağanüstü durumlarda, tüm bakanlık ve kuruluşlarının sorumlulukları olmasına rağmen, federal düzeydeki tüm kriz planlama ve uygulama EPC tarafından Savunma Bakanı başkanlığında yürütölür. Ancak, kriz hazırlığı ve uygulaması öncesinde bireylerin sorumluluk alması teşvik edilir (Raikes vd., 2022).

Japonya'da kriz yönetimi bilgi sistemleri yaklaşımıyla yürütölümlmektedir. Bu sistem, tüm yerleşim bölgelerindeki bina, tesis ve insanların bilgisayar kayıtlarını içerir ve kriz durumlarında yardım ve kurtarma faaliyetleri belirli verilere dayandırılır. Japonya'da kriz yönetimi iki grup içinde örgütlenmiştir: daimi yönetim ve kriz anında oluşturulan yönetim. Daimi örgütlenme, ulusal, eyalet ve belediye düzeylerinde bulunur. Milli Ülke Ajansı, ulusal düzeyde krizlerle ilgilenir ve ilgili bakanlık tarafından yönetilir. Halkın eğitimi belediyelerin sorumluluğundadır ve afetlere karşı eğitimler ve tatbikatlar düzenlenir. Ayrıca, Japonya'da afetlere yönelik bilimsel araştırmalar yapan bir Ulusal Araştırma Enstitüsü bulunmaktadır. Kriz durumlarında Ulusal Kriz Yönetim Merkezi kurulur ve başbakan tarafından yönetilir. Büyük afetlerde Büyük Afet Denetim Merkezi, daha küçük afetlerde ise Acil Afet Denetim Merkezi kurulur (Tachi, 2015).

Avrupada bir örnek olarak, Fransa'da kriz yönetimi Sivil Savunma Teşkilatı tarafından yürütölür ve 1959 yılında çıkarılan kanunla düzenlenmiştir. Kriz hallerinde görev yapacak tüm kuruluşlar, Sivil Savunma Müdürlüğü'ne bağlıdır. Ülke, 9 Kriz Yönetim Bölgesine ayrılmış ve her bölgede köy, belediye ve il seviyesinde teşkilatlandırma yapılmıştır. Kriz yönetimi, Planlama, Genel Yardım Planlaması ve

Acil Yardım Planlaması olmak üzere iki aşamada gerçekleşir. Genel Yardım Planlaması, genel esasları ve kriz öncesinde alınacak tedbirleri kapsar. Buna ek olarak, bölge, il, belde ve köyler için uygulama planları oluşturulur ve alınması gereken önlemler somut olarak belirlenir. Acil Planlar ise nükleer ve diğer kritik tesislerde olası krizler için Özel Müdahale Planları, yüksek hasar ve kayıpların olduğu krizlerde halkın tahliyesi ve yaralıların kurtarılmasını içeren Kırmızı Plan, özel kurtarma operasyonlarını gerektiren krizler için Özel Yardım Planlarını içerir (Lumbroso vd., 2012; Perera, Agnihotri, vd., 2020).

Almanya'nın kriz yönetimine dair karakteristik özelliklerden biri, yönetimin büyük ölçüde alarm tedbirleri ile belirlenen hazır önlem ve eylem paketlerine dayandırılmasıdır. Bu yaklaşım, kriz yönetiminin planlama safhasında federal hükümet tarafından koordinasyon ve standardizasyonun sağlandığı ve uygulamanın yerel yönetimler tarafından gerçekleştirildiği bir sistemi içerir. Kriz yönetiminde bir dizi alarm tedbiri geliştirilmiş olup, bu tedbirler kriz sürecinde Federal Güvenlik Konseyi'nin kararları doğrultusunda yürürlüğe girmekte ve uygulanmaktadır. Kriz Yönetimi, Bilgilendirme, Önleme ve Mücadele olmak üzere üç aşamada planlanmıştır ve her aşama için ayrı alt sistemler oluşturulmuştur (Borisoglebsky ve Varga, 2019).

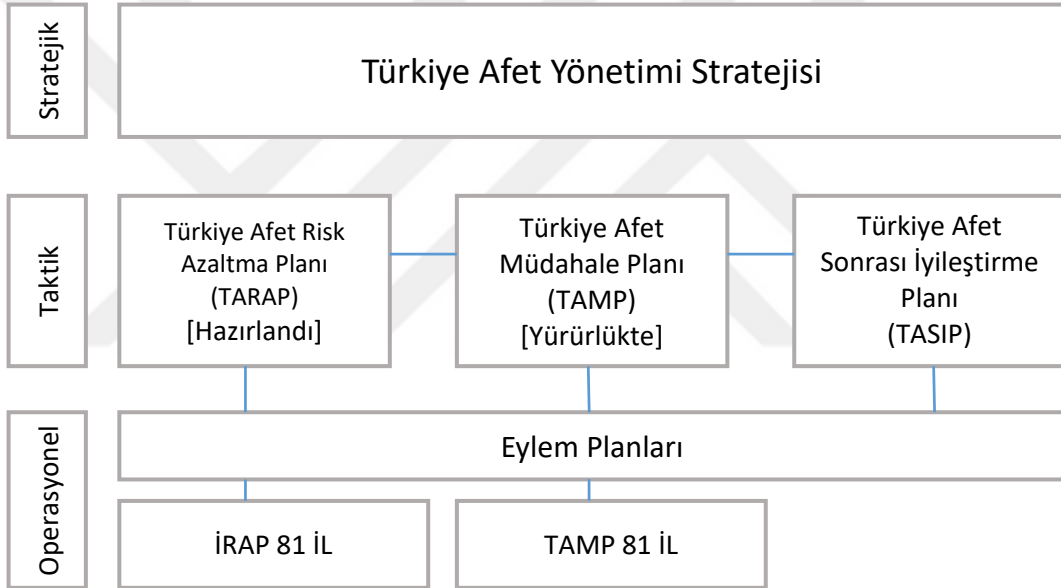
Birleşik Krallık'ta kriz yönetiminin temel özelliği, tehdidin kaynağını öncelikli olarak ele alarak bilimsel ve ayrıntılı yöntem geliştirme arayışlarına dayanmaktadır. Ülke, İngiltere, İskoçya, Galler ve Kuzey İrlanda gibi farklı bölgelerden oluştuğu için kriz yönetim sistemi ve teşkilatları bu bölgelerde ayrı olarak oluşturulmuştur. Terörizm, birincil öncelikli tehdit olarak kabul edilmiş ve her türlü terörizm olayı ayrı bir kriz durumu olarak ele alınmıştır. Ayrıca, doğal afetlerden sabotaj yöntemlerine, uydu ve gök cisimleri olaylarından ulaşım, spor, inşaat, endüstri kazalarına, su ve gıda zehirlenmelerinden elektronik ve bilgisayar yazılım tehditlerine, hayvan hastalıklarına kadar toplam 28 farklı kriz durumu için ayrıntılı planlamalar yapılmıştır (Perera, Agnihotri, vd., 2020).

2.2.6. Türkiye’de Afet Yönetimi

Türkiye’de afet yönetimi, 1940’lı yıllardan itibaren yasal ve kurumsal boyutlarıyla gelişmeye başlamıştır. 1999 yılında meydana gelen Marmara ve Düzce depremleri, Türkiye’de afet yönetiminde önemli bir dönüm noktası olmuştur (Şahin, 2019). Bu depremler sonrasında, afet yönetimi alanında yeni düzenlemeler yapılmış ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur. AFAD,

Türkiye'deki afet yönetiminden sorumlu olan merkezi bir kurumdur. AFAD'ın görevleri arasında, afet riskinin azaltılması, afetlere hazırlıklı olunması, afetlerin yaşanması durumunda müdahale edilmesi ve afet sonrasında iyileştirme çalışmalarının yürütülmesi yer almaktadır (AFAD, 2021).

Afetlerle mücadelede başarı elde etmek için, toplumsal farkındalık çalışmalarının yanı sıra tehlike ve risk analizine dayalı risk azaltma çalışmalarına da ihtiyaç vardır. Sürdürülebilir ve etkili bir afet yönetimi için, demografik verilere, nüfus artışı, kentleşme gibi özelliklere dair bilgileri güvenilir, hızlı ve kullanışlı teknikler ve teknolojilerle bütünleşik bir yönetim sistemi içinde entegre etmek gerekmektedir. Bu bağlamda, AFAD tarafından hazırlanan ulusal planların ilişkisel gösterimi Şekil 2.3.'de gösterilmektedir (AFAD, 2022).



Şekil 2.3. Türkiye afet ve acil durum yönetim sistemi (AFAD, 2022)

AFAD tarafından teknolojik altyapı kullanılarak birçok proje geliştirilmiştir. Bu projeler arasında Türkiye Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi (AYDES), AFAD Bilgi Sistemi (AFBİS), Afet Geçici Kent Yönetim Sistemi (AFKEN), AFAD Kartlı Yardım Dağıtım Sistemi (AFADKart), Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB), Görüntü İşleme ve Kitle Kaynak Yönetim Sistemi (AYDES UZAL-Görüntü İşleme), Türkiye Afete Duyarlı Yerleşime Uygunluk Sistemi, Lojistik Depo Yönetim Sistemi, AFAD Deprem Ön Hasar ve Kayıp Tahmin Sistemi (AFAD RED), Türkiye Deprem Veri Merkezi Sistemi, Afete Hazır Türkiye Eğitim Sistemi (AHATES) projeleri vardır (AFAD, 2021). Gelişen teknoloji ve bilgi sistemlerinden yararlanılarak gerçekleştirilen bu projeler ile afet öncesi ve afet sonrasında hızlı ve etkin müdahale

planlanmaktadır. Ayrıca bazı büyükşehir belediyelerinin Afet Koordinasyon Merkezleri (AKOM) bulunmaktadır.

2.3. Akıllı Kent

Akıllı Kentler ifadesinin kökeni, 1990'ların sonlarında kentsel planlama için yeni politikalar savunulan “Akıllı Büyüme” hareketinde ilk olarak görülmüştür. Akıllı kent kavramı, zaman içerisinde farklı bakış açıları ve yaklaşımların etkisiyle şekillenmiştir (Datta, 2015).

Bilgi teknolojilerindeki hızlı ilerleyiş, kentsel altyapı, ulaşım, iletişim, elektrik, su, enerji dağıtımı, kamu güvenliği gibi hizmetlerin birbirine entegre edilmesi ve karmaşık bilgi sistemlerinin uygulanması için 2005 yılından bu yana teknoloji şirketleri tarafından benimsenmiştir (D’Amico vd., 2020). Bunun sonucunda, kentlerin daha akıllı ve daha sürdürülebilir hale getirilmesi amaçlanmıştır.

Tüm dünyada hızla gerçekleşen nüfus artışı nedeniyle kentler çok sayıda zorlukla karşı karşıya kalmaktadır. Bu bağlamda akıllı kent, yaşam kalitesini artırmak için uygun bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Akıllı kent, bilgiyi ekonomik, sosyal ve çevresel faydaya dönüştürme yeteneği ile sürdürülebilir kalkınma, rekabet gücü ve çevresel sürdürülebilirlik alanlarında kazanımlar sunmaktadır (Bayraktar vd., 2020).

Bilgi iletişim teknolojilerinin kent sakinlerinin hayat kalitesinin artırılması hedefiyle yerel yönetim hizmetlerine entegre edilmesi sonucunda kaynakların daha etkin yönetimi ve dolayısıyla şehrin sürdürülebilir kalkınması akıllı kentlerin genel prensibini oluşturmaktadır. Bu prensip çerçevesinde akıllı kentler; çeşitli sensörler, elektronik cihazlar ve ağlar gibi ileri teknolojiyle donatılmış, geleceğin emniyetli, güvenilir, ön görülebilir, çevreci ve verimli kentsel merkezleri olarak anılmaktadır (Caragliu vd., 2011; Sarker, 2022).

Her kent, kendi tarihi gelişim yoluna, mevcut özelliklerine ve gelecekteki dinamik özelliklerine sahip olmasıyla benzersizdir. Kendilerini 'Akıllı' olarak adlandıran ya da başkaları tarafından böyle adlandırılan kentler çok farklı açılardan değişkenlik göstermektedir (Albino vd., 2015).

2.3.1. Akıllı Kentlerin Temel Bileşenleri

Akıllı şehirler, sensörler, kameralar ve diğer bağlantılı cihazlar aracılığıyla büyük miktarda veriyi toplar ve analiz eder. Bu veriler, kentsel hizmetleri iyileştirmek,

kaynakları verimli kullanmak ve toplumun yaşam kalitesini artırmak için kullanılmaktadır (Taları vd., 2017).

Akıllı kentlerin ulaşım, enerji, çevre, yönetim ve sosyal yönler olmak üzere çeşitli bileşenleri vardır ve bu bileşenler bütüncül ve sürdürülebilir bir kentsel çevre için entegre bir şekilde çalışmaktadır (Angelidou vd., 2017). Ancak, akıllı kentlerin başarılı olması için, teknolojinin doğru şekilde kullanılması ve bireylerin sürece dahil edilmesi önemlidir. Akıllı kentlerin başlıca paydaşları; merkezi hükümetler, bölgesel ve yerel yönetimler, kent sakinleri ve sivil toplum kuruluşları, uluslararası kuruluşlar ve organizasyonlar, akademik kurumlar ve araştırma merkezleri, büyük uluslararası şirketler ve girişimciler, yatırımcılar ve finans kuruluşları, çeşitli çıkar grupları ve bireylerdir (March ve Ribera-Fumaz, 2016).

Literatürde bir çok farklı yaklaşım olmakla beraber akıllı kentlerde 6 temel bileşen kabul görmektedir. Bu bileşenler akıllı ekonomi, akıllı insan, akıllı yaşam, akıllı yönetim, akıllı ulaşım ve akıllı çevredir (Albino vd., 2015; Batty vd., 2012; Erdoğan, 2019; Widiachristy ve Rachmanto, 2021).

Akıllı ekonom, Bilgi İletişim Teknolojileri (BİT) temelli üretim ve hizmet sunumu, "e-iş" ve "eticaret" gibi kavramlar aracılığıyla geleneksel iş modellerini değiştirerek, mal, hizmet ve bilginin sanal ortamda hızlı bir şekilde dolaşımını sağlayarak girişimciliği, istihdamı ve verimliliği olumlu bir şekilde etkilemektedir (March ve Ribera-Fumaz, 2016).

Akıllı kentler kapsamında insanların güvenli ve kolay seyahat etmelerini teşvik etmek ve sürdürülebilir, çevresel bilinçli ulaşım sistemleri oluşturmak için akıllı ulaşım projeleri üzerinde çalışılmaktadır. Bu projeler, güvenliği artırmayı, altyapı sorunlarını çözmeyi, çevre dostu sistemleri geliştirmeyi, yönetim verimliliğini artırmayı ve ekonomik kalkınma ile istihdamı teşvik etmeyi amaçlamaktadır (Paiva vd., 2021). Akıllı bir şehrin hayati bir temel taşı olan akıllı hareketlilik, potansiyel olarak trafik sıkışıklığını, işe gidip gelme sürelerini ve trafik kazalarını azaltacak ve yolculara yolculuklarını kişiselleştirme fırsatı yaratacaktır (Caragliu vd., 2011).

Akıllı Yönetişim, kentsel hizmetlerin daha etkin, verimli ve etkili bir şekilde sunulabilmesi için kamu, özel sektör ve sivil toplumun entegre edilmesini temsil eder. Bu tür yönetişimi akıllı kılan husus, paydaşlar arasındaki iletişim ve işbirliğinin bilgi ve iletişim teknolojileri aracılığıyla gerçekleştirilmesidir. BİT'lerin veri toplama ve

analizindeki rolü, yönetim sürecini şeffaflık ve hesap verebilirlik açısından güçlendirmeye katkı sağlar (Al Awadhi vd., 2012).

Dünya üzerinde hızla artan nüfus, kaynak kısıtlılığı, yetersiz altyapı, enerji krizi, göç ve plansız kentleşme insan doğasına aykırı yaşam alanlarını ve çevresel deformasyonu beraberinde getirmiştir. Akıllı çevre sistemleri, yenilikçi ve sürdürülebilir yöntemleri kullanarak kaynakların etkin ve akıllıca tüketildiği, doğaya saygılı, çevre sorunlarının minimuma indirildiği, kendi kendine yetebilen yaşam alanları yaratabilmeyi hedeflemektedir (Batty vd., 2012). Akıllı çevre sistemleri ile sürdürülebilir kaynak yönetimi sağlamak, kirliliği azaltmak, enerji verimliliğini arttırmak, doğal güzellikleri korumak, kent estetiğini arttırmak, çevre dostu, sürdürülebilir bina ve yaşam alanları oluşturmak amaçlanmaktadır (Batty vd., 2012).

Akıllı yaşam, bilgi ve iletişim teknolojilerinin etkin bir şekilde kullanıldığı yaşam biçimleri, davranışları ve tüketimi içerir. Aynı zamanda, kültürel çeşitliliğe sahip canlı bir şehirde, sağlıklı ve güvenli yaşamı desteklemektedir, kaliteli konut ve konaklama seçenekleri sunar ve yüksek düzeyde sosyal uyumu ve sosyal sermayeyi teşvik etmektedir (Sitna vd., 2021). Toplumun temel ihtiyaçlarını, sağlık, beslenme, barınma ve eğitim gibi alanlarda iyileştirmeyi amaçlayan uygulamalar bütününe ise akıllı yaşam adı verilmektedir (Batty vd., 2012).

Kentleşme ve kentlileşme, yalnızca nüfus değişkeni ile ilgili değildir. Kentleşme sadece niceliksel değil, aynı zamanda niteliksel artışları da içerir. Akıllı kentler, e-öğrenme gibi araçlarla yetenek gelişimini, bireysel gelişimi ve yaşam boyu öğrenmeyi teşvik etmektedirler. Ayrıca, teknoloji hem insanlar tarafından kullanılmakta hem de üretilmektedir, bu da yaratıcılığı ve inovasyonu teşvik eden bir etken olarak önemlidir. Akıllı insan aynı zamanda en önemli paydaşlardan birisidir. Bu nedenle eğitim olanaklarının artırılması ve yaşam boyu öğrenme akıllı insan için kritik öneme sahiptir (Xu vd., 2022).

2.3.2. Akıllı Kentlerin Faydaları

Akıllı şehirlerin temel amaçlarından biri kaynak tüketiminin, özellikle enerji ve su kullanımının azaltılmasıdır. Bu azalmalar, CO₂ emisyonlarının düşürülmesi ve karbon ayak izinin küçülmesi anlamına gelir. Ayrıca, mevcut altyapı kapasitesinin daha etkili bir şekilde kullanılması, yaşam kalitesini artırarak iyileştirme projelerine olan ihtiyacı azaltır (Albino vd., 2015; Batty vd., 2012).

Akıllı şehirler aynı zamanda kent hizmetlerinin işletilmesiyle ilgili gerçek zamanlı verilerin yayınlanması yoluyla mevcut imkanları en uygun şekilde yönetilmesine katkı sağlar. Enerji, su ve ulaşım taleplerinin kent ölçeğinde nasıl dağıldığını göstererek, kent yöneticilerinin bu talepleri daha etkili bir şekilde karşılamak için işbirliği yapmalarını kolaylaştırır (Danilina vd., 2018).

Sürücüler için akıllı şehirler, trafik ve yol koşulları hakkında daha iyi bilgi edinme ve izlenecek rotaları daha iyi planlama fırsatları sunar. Tüketicilere enerji tüketimi ve fiyatlandırma konusunda gerçek zamanlı bilgi sağlayarak, daha bilinçli enerji tüketimi kararları alabilmelerine yardımcı olur.

Akıllı şehirler acil müdahale uzmanlarına, olaylar hakkında ortak bir değerlendirme yaparak en hızlı ve etkili müdahalenin nasıl yapılacağını belirleme olanağı sunar. Bu sayede acil durumlara daha etkili bir şekilde yanıt verilebilir (Caragliu vd., 2011).

Akıllı Şehir uygulamaları, afet yönetiminde değerli araçlar olarak ortaya çıkmıştır. Bu uygulamalar, afetler karşısında şehirlerin hazır olma, dayanıklılık ve verimliliğini artırmak için nesnelerin interneti (IoT), yapay zeka, konumsal veri teknolojileri ve veri odaklı yaklaşımlar dahil olmak üzere çeşitli bileşenlerden faydalanmaktadır.

Afet yönetiminde akıllı şehir uygulamalarının önemli bir yönü, gerçek zamanlı veri toplama ve analizinin kullanılmasıdır. Sensörler ve kameralar gibi IoT cihazları, hava koşulları, hava kalitesi ve altyapı bütünlüğü gibi çeşitli parametreleri izlemek için şehir genelinde konuşlandırılır. Bu veriler daha sonra erken uyarılar sağlamak, potansiyel riskleri belirlemek ve acil durum müdahale stratejilerini optimize etmek için yapay zeka algoritmaları kullanılarak işlenir ve analiz edilir (Alazawi vd., 2012; Batty vd., 2012).

2.4. Mekânsal Veri Altyapıları

Etkin bir afet yönetiminin en kritik bileşenlerinden biri olan konumsal verilerdir. Kritik öneme sahip konumsal veriler üretilirken birlikte çalışabilirlik, veri paylaşımı, ortak veri setlerinin kullanımı vb. hususlar göz önünde bulundurularak belirli standartlara uymak gerekmektedir (Aydınöğlu ve Yomralıoğlu, 2007). Konumsal veri standartlarına dayalı olarak Avrupa birliği üye ülkelerinde “INSPIRE”, (Infrastructure for Spatial Information in Europe - Avrupa Coğrafi Bilgi Altyapısı), Türkiye’de ise

“TUCBS” (Türkiye Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi) veri temaları kullanılarak konumsal veri üretim sistemlerin altyapıları oluşturulmaktadır. Kurumlar ve paydaşların bu standartları dikkate alarak veri üretmesi ve veri paylaşırlarken aynı standartlara bağlı olarak verinin sürdürülebilirliğinin artırılması hedeflenmektedir (Kayı ve Yaman, 2021).

2.4.1. INSPIRE

AB üyesi ülkeler birlik sınırları içerisinde üretilecek konumsal verilerle ülkeleri aşan sahalarda analizler yapabilmek için (özellikle çevre konusunda yapılacak analizler) veri üretiminde standartlar belirlemek istemişlerdir. INSPIRE direktifleri 2007 yılının 15 Mayıs tarihinde Avrupa Mekansal Veri altyapısı oluşturma amacı ile yürürlüğe girmiştir. Bu süreç 2019 yılında tamamlanmıştır. INSPIRE girişimi, Avrupa genelinde mekânsal verilerin paylaşımı ve değişimi için bir çerçeve oluşturmayı amaçlamaktadır (Núñez-Andrés vd., 2022). INSPIRE, heyelanlar, seller ve diğer jeo-hidrolojik tehlikelerle ilgili bilgiler de dahil olmak üzere çeşitli mekansal veri türlerini entegre eden kapsamlı ve karmaşık bir veritabanı sistemidir (Napolitano vd., 2018).

INSPIRE, Avrupa'da mekânsal verilerin etkili bir şekilde üretiminin yönetilmesi ve paylaşılması için oluşturulan bir politika ve altyapıdır. Bu altyapı, sınırları aşan veri paylaşımını ve işbirliğini teşvik ederek Avrupa'nın konumsal bilgi alanındaki gelişimini destekler. INSPIRE, bir dizi temel ilkeye dayanır:

Veri Tekrarını Önleme: Veriler yalnızca bir kez toplanmalı ve en uygun ve etkin şekilde saklandığı yerde tutulmalıdır. Bu, gereksiz veri toplama ve saklama maliyetini azaltır.

Veri Paylaşılabilirliği: INSPIRE, farklı kaynaklardan gelen verilerin bir araya getirilmesine ve çok sayıda kullanıcı tarafından uygulamalarda paylaşılmasına olanak sağlar. Bu, coğrafi bilginin paylaşılabilirliğini ve kullanılabilirliğini artırır.

Çok Ölçekli Veri: Belirli bir katman veya ölçekte toplanan veri, diğer tüm katmanlar veya ölçeklerde paylaşılabilir olmalıdır. Ayrıca, araştırmalar için ayrıntılı verileri içermeli ve stratejik amaçlar için genel özellikleri kapsamalıdır.

Erişilebilirlik: Konumsal veriler her düzeyde kolay ve şeffaf bir şekilde erişilebilir olmalıdır. İhtiyaç duyan herkesin bu verilere sorunsuzca ulaşabilmesini sağlar.

Bilgi Erişim Kuralları: Hangi konumsal verilere ulaşılabileceği, bu verilerin nasıl kullanılacağı ve hangi şartlar altında elde edilebileceği ve istifade edilebileceği hakkında bilgilere kolaylıkla erişilebilir olmalıdır.

INSPIRE, Avrupa'da konumsal veri yönetimi ve paylaşımı konusunda bir standart ve çerçeve sunar ve bu sayede konumsal veriye dayalı karar verme süreçlerini geliştirir. Bu ilkelere dayalı olarak, Avrupa'da coğrafi verilerin daha etkili bir şekilde kullanılması ve paylaşılması hedeflenir (WHO, 2019).

INSPIRE Direktifinin hedefi AB evre politikalarının veya evre üzerinde etkisi olabilecek politika ve faaliyetlerinin amaçlarına yönelik olarak Avrupa Birliği coğrafi veri altyapısı oluşturma (Tablo 2.1.). INSPIRE; kamu sektörü kuruluşları arasında çevresel coğrafi veri paylaşımına imkn verecek, kamunun coğrafi verilere Avrupa genelindeki erişimini kolaylaştıracak ve sınır ötesi politika oluşturma çalışmalarına destek sağlayacaktır (WHO, 2019).

Tablo 2.1. INSPIRE Coğrafi Veri Temaları (European Commission, 2019)

Ek 1	Ek 3
1. Referans Koordinat Sistemi 2. Coğrafi Grid Sistemleri 3. Coğrafi İsimler 4. İdari Birimler 5. Adres 6. Kadastro 7. Ulaşım Ağları 8. Hidroğrafi 9. Koruma Alanları	1. İstatistik Veriler 2. Binalar 3. Toprak 4. Arazi Kullanım 5. İnsan Sağlığı ve Güvenliği 6. Kamusal Hizmeti Tesisleri 7. Çevresel İzleme Tesisleri 8. Üretim ve Endüstri Tesisleri 9. Zirai ve Su rnleri Tesisleri
Ek 2	10. Nüfus Dağılımı ve Demografi
1. Sayısal Yükseklik Verileri 2. Arazi rts 3. Ortogörüntü 4. Jeoloji	11. Alan Yönetimi 12. Doğal Afet Bölgeleri 13. Atmosferik Durumlar 14. Meteorolojik Detaylar 15. Oşinografik Detaylar 16. Deniz Bölgeleri 17. Biyocoğrafik Bölgeler 18. Habitatlar ve Biyotoplar 19. Flora ve Fauna Dağılımı 20. Enerji Kaynakları 21. Mineral Kaynakları

2.4.2. TUCBS

Bilgi Toplumu Stratejisi kapsamında hayata geçirilen TUCBS, coğrafi bilgi altyapısının kurulmasını ve geliştirilmesini hedefleyen bir e-devlet projesidir (Aydınoğlu ve Yomralıoğlu, 2007). Projenin ana hedefleri ve bileşenleri:

Web Portalı Oluşturma: TUCBS, kamu kurumlarına ve kuruluşlarına coğrafi bilgileri ortak bir altyapı üzerinden kullanıcı dostu bir web portalı aracılığıyla sunma amacı taşır. Bu portal, kullanıcıların kolayca coğrafi verilere erişebilmelerini ve bu verileri kullanabilmelerini sağlar.

İçerik Standartları: Proje, coğrafi verilerin kullanıcı kurumların ihtiyaçlarına uygun olacak şekilde içerik standartlarının oluşturulmasını hedefler. Bu, coğrafi verilerin tutarlılığını ve uyumluluğunu artırır.

Veri Değişim Standartları: TUCBS, coğrafi verilerin değişimini ve paylaşımını kolaylaştırmak için belirli veri değişim standartlarının belirlenmesine odaklanır. Bu, farklı kurumlar arasında coğrafi veri paylaşımının sorunsuz ve etkili bir şekilde yapılmasına olanak tanır.

Teknolojik Uyumluluk: Proje, ulusal düzeyde teknolojik gelişmelere uygun bir coğrafi bilgi sistemi altyapısı kurmayı amaçlar. Bu, yeni teknolojilerin entegrasyonunu kolaylaştırır ve sistemlerin güncelliğini sağlar (ÇŞB, 2018).

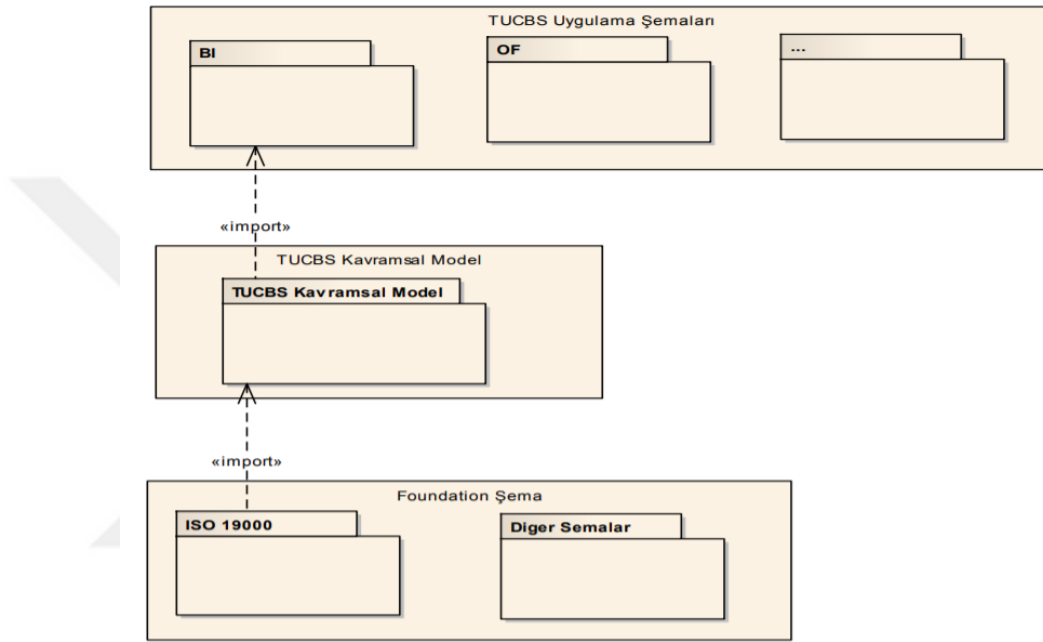
TUCBS, Türkiye'de coğrafi bilgilerin daha etkili bir şekilde kullanılmasını ve paylaşılmasını teşvik eden önemli bir inisiyatiftir. Aynı zamanda INSPIRE Direktifi'ne uyum sağlama konusunda da önemli bir rol oynamaktadır, bu sayede Avrupa genelinde coğrafi veri paylaşımı ve kullanımı standartlarına uyum sağlanması hedeflenmektedir (Akıncı ve Cömert, 2009; Mülazımoğlu, 2017).

2.4.2.1. TUCBS Kavramsal Model Bileşenleri

TUCBS Kavramsal Model Bileşenleri ile ulusalda yerel düzeye kullanılabilir Adres, Bina, Tapu-Kadastro, İdari Birim ve Ulaşım gibi veri temalarına ait birlikte çalışabilir coğrafi veri üretilmeyi amaç edinmiştir. TUCBS veri temalarına ait kavramsal veri modellerinin belirlenmesinde, ISO/TC211 standartlarının temel şemaları ve diğer uluslararası düzeydeki INSPIRE gibi girişimlerin kabul edilen esasları temel alınmaktadır. TUCBS, coğrafi veri temalarına ait standartların belirlenmesi ve coğrafi veri gereksinimlerinin karşılanması yoluyla, hem TUCBS stratejisinin gereksinimlerine hem de TUCBS projesinin paydaşlarının uygulama

ihtiyaçlarına uygun bir coğrafi bilgi altyapısını oluşturmayı hedefler (Akıncı ve Cömert, 2009).

TUCBS portalı, servis tabanlı coğrafi veri paylaşımı için temel bir platform sunarak bu hedeflere hizmet eder. Portal, coğrafi verilere erişimi kolaylaştırır ve kullanıcıların bu verilere etkili bir şekilde ulaşmalarını sağlar. Bu, coğrafi verilerin kullanımını artırır ve farklı paydaşlar arasında veri paylaşımını teşvik eder (Çoruhlu vd., 2015; şehsuvaroğlu, 2014).



şekil 2.4. TUCBS Kavramsal Model (şB, 2018)

TUCBS Kavramsal Model; şekil 2.4.'de tanımlandığı gibi ilkeler ve esaslar, genel detay modeli, ölçek-çözünürlük, referans modeli ve genelleştirme yaklaşımları, detay katalogu, topoloji, uygulama şeması kuralları, geometri, coğrafi nesnenin tanımlanması ve zamansal yönetimi, veri kalitesi, metaveri ve veri paylaşımı bileşenlerinden oluşur. Bu bileşenler temel alınarak, belirlenen TUCBS veri temalarına ait veri modelleri ve uygulama şema standartları geliştirilebilir. Bu kapsamda, kavramsal model bileşenleri temel alınarak TUCBS standartlarının belirlenmesi sürecinde AD (Adres), Bina (Bina), TK (Tapu-Kadastro), IB (İdari Birim), UL (Ulaşım), HI (Hidrografya), AR (Arazi Örtüsü), OR (Ortofoto), TO (Topografya) ve JD (Jeodezi) detay sınıflarına ait UML uygulama şemaları, detay katalogları ve GML tabanlı uygulama şemaları üretilmektedir.

TUCBS kapsamında INSPIRE direktiflerine uygun olarak planlanan ve yapılan çalışmalar sonucunda gerçekleştirilen ve planlanan veri temaları ilgili açıklamalar bakanlık web sayfasında erişime açıktır (Aydınoğlu, 2010).

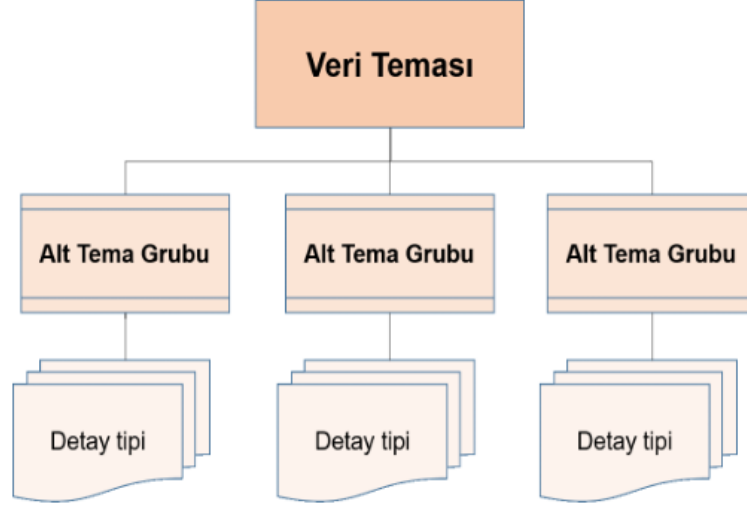
2.4.2.2. TUCBS Ulusal Coğrafi Veri Temaları

Coğrafi veri temalarının belirlenmesi, genellikle coğrafi verilerin gruplandırılmasını ve sınıflandırılmasını içerir. Bu sınıflandırma, coğrafi verilerin türlerine ve kullanım amaçlarına göre düzenlenmesini sağlar. Bu hiyerarşik yapı, coğrafi veri temalarının organize edilmesine yardımcı olur.

Coğrafi veri temaları genellikle aşağıdaki şekilde gruplandırılır:

- **Temel Temalar:** Temel coğrafi veri temaları, coğrafi verilerin temel bileşenlerini içerir. Örneğin, yer isimleri, coğrafi koordinatlar, sınırlar ve topografik özellikler gibi veriler bu kategoriye girer.
- **Çevresel Temalar:** Çevresel coğrafi veri temaları, çevre bilimleri ve doğal kaynakların yönetimiyle ilgilidir. Örnekler arasında iklim, su kaynakları, topraklar ve biyolojik çeşitlilik yer alır.
- **Altyapı Temaları:** Altyapı coğrafi veri temaları, ulaşım, enerji, iletişim ve diğer altyapı unsurlarını içerir. Yollar, demiryolları, enerji hatları ve iletişim altyapısı gibi veriler bu kategoriye girer.
- **Toplumsal Temalar:** Toplumsal coğrafi veri temaları, nüfus, eğitim, sağlık, işgücü ve diğer toplumsal faktörleri içerir.
- **Yerel Yönetim Temaları:** Yerel yönetim coğrafi veri temaları, belediyeler, şehir planlama ve kentsel gelişimle ilgili verileri kapsar (ÇŞB, 2018).

Bu tür bir sınıflandırma, coğrafi veri kullanıcılarının ihtiyaçlarına uygun verilere erişmelerini ve bu verileri anlamalarını kolaylaştırır. Ayrıca, verilerin belirli standartlara uygun olarak düzenlenmesi, bu verilerin ulusal ve uluslararası düzeyde paylaşımını ve kullanımını kolaylaştırır (Akıncı ve Cömert, 2009; Anbaroğlu vd., 2021). Coğrafi veri temalarında coğrafi verilerin gruplandırılmasına yönelik hiyerarşik yapısı aşağıdaki şekilde yer almaktadır (Şekil 2.5.):



Şekil 2.5. Coğrafi verilerin gruplandırılmasına yönelik hiyerarşi yapısı (ÇŞB, 2018)

Veri teması belirli bir konuya ilişkin olarak ulusal veya uluslararası standartlara uygun hazırlanan coğrafi veri topluluğunu ifade etmektedir. Her bir veri temasına ait açıklamalar Bakanlık/TUCBS internet ortamında erişime açılmıştır.

TUCBS kapsamında 32 coğrafi veri teması belirlenmiştir (Tablo 2.2.);

Tablo 2.2. TUCBS Veri Temaları (ÇŞB, 2018)

1. Koordinat Referans Sistemleri ve Coğrafi Grid Sistemleri	16. Doğal Risk Bölgeleri
2. İdari Birimler	17. Altyapı
3. Coğrafi Yer Adları	18. Enerji Kaynakları
4. Kadastro	19. Madenler
5. Bina	20. İnsan Sağlığı ve Güvenliği
6. Adres	21. Nüfus Dağılımı - Demografi
7. Yükseklik	22. Çevre İzleme Tesisleri
8. Ortogörüntü	23. Sanayi Tesisleri
9. Ulaşım Ağları	24. Tarım Tesisleri
10. Hidrografiya	25. Kamu Yönetim Bölgeleri
11. Jeoloji	26. Tür Dağılımı
12. Arazi Örtüsü	27. Habitat Bölgeleri
13. Arazi Kullanımı	28. Biyocoğrafya Bölgeleri
14. Toprak	29. Deniz ve Tuzlu Su Alanları
15. Koruma Bölgeleri	30. Atmosfer Verileri
	31. Meteoroloji Verileri
	32. İstatiksel Raporlama Bölgeleri

2.5. 3B Model ve 3B Kent Modeli

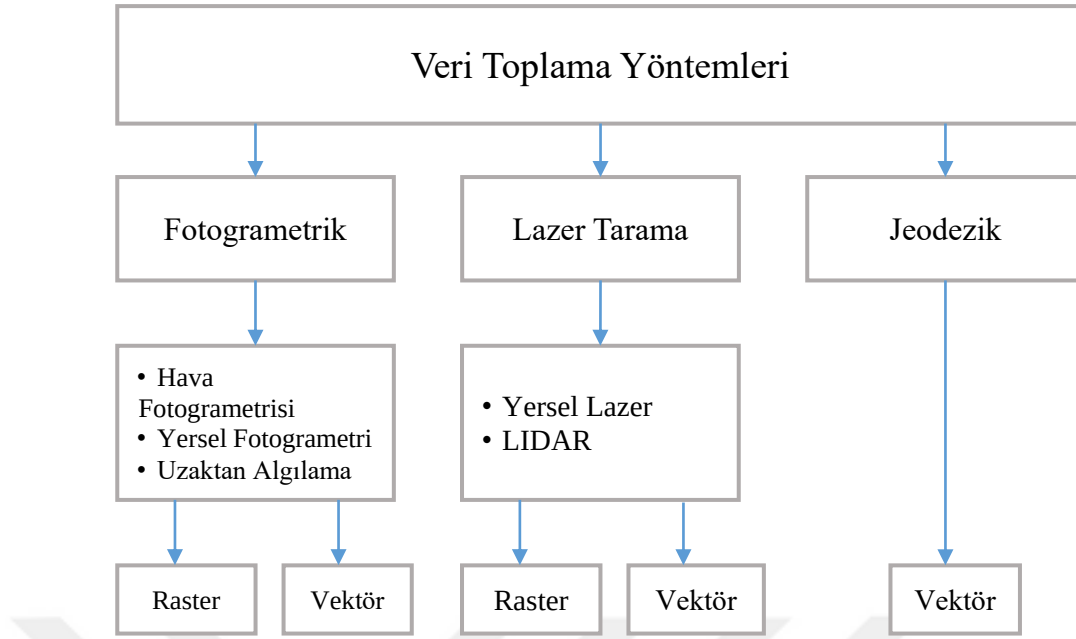
2.5.1. 3B Model

Günümüzde 3B modelleme tıptan mühendisliğe birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Fiziksel yeryüzünün ya da her hangi bir objenin 3B olarak modellenmesi, söz konusu obje ya da objeler üzerinde bilgisayar ortamında yüksek doğrulukla değerlendirmeler yapılabilmesini sağlamaktadır. Harita mühendislerinin mekanı anlamak ve mekana ilişkin bilgileri en iyi şekilde iletmek üzere ürettikleri iki boyutlu (2B) baskı haritalar ileri teknolojileri kullanan uygulamalarda yetersiz kalmıştır. Bu nedenle mevcut haritaları baz alarak geliştirilen 3B modellerin her türlü amaç için üretimi ve kullanımı CBS'nin de etkin kullanımı sonucunda daha da yaygınlaşmıştır (Doğru ve Seker, 2009).

2.5.1.1. 3B Model Üretimi

Üç boyutlu model üretebilmek için sayısal verinin elde edilmesi şarttır. Üç boyutlu şehir modeli elde edilmesi sırasındaki en fazla zaman, emek ve para sayısal verilerin elde edilmesi sırasında harcanmaktadır. Sayısal veriler ya araziden doğrudan alınır ya da dolaylı olarak temin edilirler (Atıla, 2013).

Üç boyutlu modelleme için kullanılan yöntemler, jeodezik ve fotogrametrik ve kartografik çalışmaları içeren ölçme, klasik yöneltme, değerlendirme ve çizim aşamalarından oluşur. Üç boyutlu şehir modellerinin veri toplama yöntemleri Şekil 2.6.'da gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Üç boyutlu model için veri temini yöntemleri (Karaş ve Yeşil, 2011)

Mekânsal veriler, raster ve vektör olmak üzere iki temel yapı üzerinde şekillenmektedir. Raster veriler, bir ızgara hücre yapısında bulunur ve görüntü, bu hücreler arasında bölünmüş bir grid sistemi içinde temsil edilir. Bu grid hücreleri, görüntünün özelliklerini tanımlayan temel birimlerdir ve raster modelinde en küçük veri parçacığı olarak kabul edilir. Öte yandan, vektör veri modeli, nokta, çizgi ve poligon olmak üzere üç temel bileşeni içerir. Bu iki veri modeli, temelde birbirinden farklıdır. Şehir veya mekânların bilgisayar tabanlı üç boyutlu modellemesinde, özellikle doku kaplaması (görüntü veya desen elemanları olarak) için raster veriler gerçekçi bir model elde etme amacıyla kullanılır (Şahin, 2011).

Veri seti olarak ölçme ve modelleme çalışmalarında, raster ve vektör veri modellerini aynı anda kullanmak mümkündür. Vektör veri modeli, objelerin düzlemsel özelliklerini temsil eden bir sunum şeklidir. Bu modelde, çizgisel objeler düzlemsel yapılar olarak gösterilir, sınırları ve konumları belirgin bir şekilde ifade edilir. Vektör veri modeli, detayları koordinat değerleriyle depolamaktadır. Özellikle üç boyutlu kent modellerinde, objelere ait modellerin oluşturulması ve saklanması vektör veri modeli üzerinde gerçekleşir. Bu model, objelerin koordinatlarını kullanarak detaylı bilgileri depolar. Öte yandan, raster görüntü, birbirine komşu grid yapısındaki eşit boyutlara sahip hücrelerin bir araya gelmesiyle oluşur. Raster modeller, genellikle fotoğraf veya haritaların taranması ya da sayısal kameraların kullanılması yoluyla elde edilen görüntülerin özelliklerini içerir. Bu görüntüler, hücreler arasındaki değerlerin düzenli

bir matris içinde ifade edildiği, grid tabanlı bir yapıya sahiptir. Üç boyutlu kent modellerinde özellikle görselleştirme işlemlerinde, raster yapıdaki veriler sıklıkla kullanılmaktadır. Render ve fotoğraflık gerçeklik çalışmalarında, bu tür verilerden faydalanılarak detaylı ve gerçekçi görsel sunumlar elde edilebilmektedir. Üç boyutlu kent modellerinde kullanılan verilerin çoğu, üçüncü boyut bilgisini içermekte ya da yükseklik bilgileri öznitelik olarak kaydedilmektedir. Bu sayede, mekansal verilerin zengin bir şekilde görselleştirilmesi ve modellemenin gerçek dünyayla uyumlu bir biçimde yapılması mümkün olmaktadır (Büyüksalih vd., 2019; Şahin, 2011).

2.5.2. 3B Kent Modeli

Gerek mekânsal verilerin elde edilebilmesi için geliştirilen yeni teknikler gerekse bunlardan elde edilen farklı formattaki verilerin bir araya getirilip daha etkin sunumları için geliştirilen bilgisayar teknolojileri sayesinde üç boyutlu şehir modellerine olan ilgi hızla artmaktadır. Şehir modelleri “Dünya yüzeyinin ve şehir alanlarına ait ilgili nesnelerin dijital temsili” şeklinde tanımlanmaktadır (Fırat vd., 2018).

Yerleşim merkezlerinin sürekli büyümesi, nüfusun ve trafikteki araç sayısının artması, çarpık kentleşme ve paralelinde kentsel dönüşümün son yıllarda yaygınlaşması, toplum güvenliği gibi sorunlara bağlı olarak kentlerin yönetimi karmaşıklaşmış ve profesyonel çözümler üreten yerel yönetimlere gereksinim duyulmaya başlanmıştır. Bu ihtiyaçlardan yola çıkarak son zamanlarda pek çok bilim insanı ve özel sektör paydaşları 3B kent modeli oluşturma ve sunma konularında çalışmaya başlamışlardır (Özerbil vd., 2014).

3B kent modellerinin kullanım alanlarına örnekler (Biljecki vd., 2015);

- Planlama, kadaströ altlıkları
- Enerji
- Acil durum/ afet yönetimi
- Turizm
- Savunma-Askeri
- Değerleme
- Yön bulma
- Mimari restorasyon

2.5.2.1. 3B Kent Modeli Kullanım Alanları

- Mekansal Veri Tabanı Altyapısı Uygulamaları

3B kent modelleri karar destek mekanizmaları için mükemmel araçlardır. 3B kent modelleri bölgenin mekansal veritabanı altyapısının bir parçasıdır. Alan uygunluk analizi, binaların termal emisyon analizi ve çatı güneş paneli kurulumları, herhangi bir şehir için sürdürülebilir bir gelecek inşa etmeye yardımcı olacak bir çok gelişimsel faaliyetten bazılarıdır (Julin vd., 2018).

- Master Planlama Uygulamaları

3B kent modelleri, planlamacılara kavramsal gelişim aşamasından tamamlanmasına ve uzun vadeli sosyo-çevresel etki değerlendirme aşamalarına kadar yardımcı olabilir. 3B kent modelleri kesinlikle planlama hatalarını azaltacak ve potansiyel kayıpları sınırlayacaktır, aynı zamanda şehrin yasadışı dikey büyümesini izlemeye ve proje gecikmelerini önlemeye yardımcı olacak yepyeni bir görselleştirme yetenekleri yelpazesi sağlayacaktır.

- Afet Yönetimi Uygulamaları

3B kent modelleri, herhangi bir felaketin gerçekçi etkilerine en yakın veriyi sağlamasıyla karar vericilere destek sağlamaktadır. Herhangi bir felaketi (afet, yangın, sel vb.) büyük bir hassasiyetle simüle edebilir ve yetkilileri olası kayıplara ve afet sonrası müdahalelere hazırlayabilir. Yönetimlere arama, kurtarma ve kaynak tahsisi yönetimini dikkatle planlamasına yardımcı olmaktadır (Janečka, 2019; Vitalis vd., 2019).

- Yeraltı Modelleme

Mevcut yeraltı altyapılarının tam yeri genellikle bilinmemektedir ve bu durum altyapı, büyük inşaat projeleri ve otoyol inşaatı gibi projeler için ciddi risk oluşturmaktadır. 3B kent modelleri, yeraltı enerji nakit hatlarının tasarımında, temiz su ve kanalizasyon kanallarının tasarımlarında, otoyol ve demiryolu hatlarında ve diğer coğrafi tasarımlarda kilit bir rol oynayacaktır.

- Navigasyon Uygulamaları

3B kent modellemesi, şehrin ve gezinti altyapısının gerçekçi bir görüntüsünü ortaya çıkarmaya yardımcı olmaktadır. Yönetimlerin, ulaşım ağını çok gerçekçi bir tasvirle

izleyebilmesine olanak sağlamasıyla, akıllı ulaşım için çok önemli bir araç olarak dikkat çekmektedir (Vitalis vd., 2019).

2.5.3. CityGML

3B kent modeli ihtiyaçları ve özelliklerinin farklı olmasına rağmen üretilen modellerin farklı uygulamalarda kullanılmak için standartlaştırılması ve aynı platformda sunulması ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bunun için 3 boyutlu kent modellerinin standartlaşması ve gerçekleştirilen uygulamaların paylaşılabilmesi amacıyla CityGML standartları geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (Gröger ve Plümer, 2012). CityGML standartları Open Geospatial Consortium (OGC) tarafından oluşturulmuştur ve 3B kent modellerinin geometrik, topolojik ve semantik yönlerini kapsamaktadır (Kolbe vd., 2005).

3B modelleme kapsamında çeşitli amaçlar için gerekli olan farklı içerik ve detay seviyesindeki gösterimlere olan gereksinim ve bu ihtiyaçların farklı kaynaklardan farklı veri türleri ve araçlar kullanılarak karşılanması zaman içerisinde 3B modelleme konusunda da belirli standartların geliştirilmesi ihtiyacını doğurmuştur (Janečka, 2019). Bu ihtiyaç günümüzde CityGML olarak adlandırılan 3B kent objelerini gösterimlerinde kullanılan ortak bilgi modeli ile sağlanmaktadır (Kolbe vd., 2009). XML (Extensible Markup Language) tabanlı açık bir veri modeli olan CityGML, Open Geospatial Consortium (OGC) ve ISO TC211 (ISO – International Organization for Standardization) standartları kapsamında geliştirilen GML3 Şeması ile uygulanmıştır. Bu gelişme ile uluslararası bir standart haline gelen CityGML, 3B şehir modellerini içeriklerine göre 5 farklı detay seviyesinde (LOD – Levels of detail) incelemiştir (Yastıklı vd., 2017).

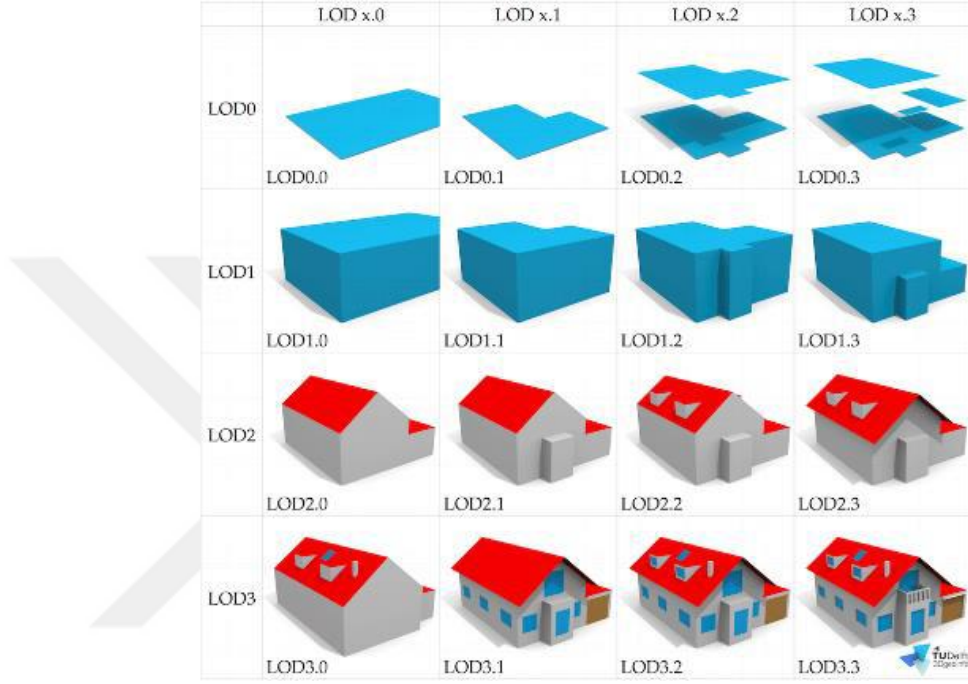
2.5.4. Detay Seviyesi (LOD) Kavramı

CityGML formatın veriler farklı ayrıntı düzeyleri ile tanımlanmaktadır Bunlar LOD 0, LOD 1, LOD 2, LOD 3 ve LOD 4'tür (Şekil 2.8.). Bu ayrıntı düzeyleri aşağıda ifade edilmiştir.

- LOD 0: En az detaya sahip seviyedir. Bu seviye sayısal arazi modeline hava görüntülerinin veya haritaların ilişkilendirilmiş halidir. Binalar zemin oturumları veya çatı çizgileri ile temsil edilir.

- LOD 1: Objeler düzgün 3 boyutlu modeller ile temsil edilir. Obje çatıları düz tabaka şeklindedir.

- LOD 2: Objelerin gösteriminde Lod 1 in aksine objelerin üst ve yan yüzeylerindeki derinlikleri farklı kısımlarda model üzerine işlenmiştir.
- LOD 3: Duvardaki detaylar pencere ve kapı detayları dâhil olmak üzere çatı yapıları ile mimari modeller gösterir.
- LOD 4: Lod 3 seviyesine ek olarak odalar, iç kapılar, merdivenler, mobilyalar vb. gibi objenin iç yapısına ait detaylarda eklenir (Diez ve Sorribas, 2017).



Şekil 2.7. LOD'ların gösterimi (Diez ve Sorribas, 2017)

CityGML, şehir planlama, coğrafi bilgi sistemleri, çevresel modelleme ve diğer birçok uygulama alanında kullanılan geniş kapsamlı bir standarttır. Bu, şehirlerin karmaşıklığını ve çeşitliliğini ayrıntılı bir şekilde modellemek ve analiz etmek isteyen profesyoneller için önemli bir araçtır (Uray vd., 2018). CityGML'in içerik modeli, geometrik modelin farklı içerik alanlarında (örneğin, yeşil alanlar, binalar, köprüler, ulaşım yolları, su alanları vb.) kullanılmasına olanak tanır. Bu, çeşitli mekansal öğelerin belirli kategorilere ayrılarak ayrıntılı bir şekilde modellenmesini sağlar. Örneğin, şehir modelleme sürecinde yeşil alanların, binaların veya ulaşım yollarının farklı içeriksel özelliklere sahip olabilmesi mümkündür.

CityGML, modellenemeyen nesneler için genel nesne kavramını içerir. Bu, özellikle belirli bir kategoriye ait olmayan veya özel bir yapıya sahip nesnelerin temsil edilmesini sağlar. Genel nesne kavramı, modelleme esnekliği açısından önemli bir özelliktir.

Ayrıca, CityGML'e özel uygulama alanları için Application Domain Extensions (ADE) adlı eklentiler kullanılabilir. Bu eklentiler, belirli endüstri veya uygulama gereksinimlerine yönelik ek özellikler ekleyerek CityGML'in genişletilmesini sağlar. Bu sayede, standart CityGML özellik setinin ötesinde özelleştirilmiş gereksinimlere uygun modeller oluşturmak mümkün hale gelir (Gröger vd., 2008; Kutzner vd., 2020).

Birçok farklı konumda birden fazla görünmesi gereken aynı şekle sahip konumsal nesneler (örn. ağaçlar) prototip olarak modellenebilir ve birçok kez kullanılabilir. Gruplama özelliği sayesinde 3 boyutlu tekil nesnelerin (örn. binaların binaya eklenmesi) birleştirilmesine olanak sağlanır. Kapalı cisimlerle geometrik olarak modellenemeyen nesneler (örn. yaya alt geçitleri, tüneller) hacim hesaplamasının yapılması için sanal olarak kapalı alanlar olarak (closure surfaces) tanımlanabilmektedirler (Gröger ve Plümer, 2012).

2.6. Çok Kriterli Karar Verme

Günümüzde insanoğlunun çözmek durumunda kaldığı hayatın içinden problemler karmaşık yapıya ve çokça etki eden faktöre sahiptir. Bu tür problemlerin çözümünde ÇKKV yöntemleri kullanılmaktadır. ÇKKV, farklı karar kriterlerine dayalı karar verme problemlerini çözmek için kullanılan güçlü bir operasyonel modeldir (Kahraman, 2008). ÇKKV yöntemleri, karar vericileri karmaşık sorunları çözme ve bilinçli seçimler yapma konusunda desteklemek için çeşitli alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (Rikalovic vd., 2014). Bu yöntemler, kriterlerin, alternatiflerin ve birleştirme yöntemlerinin seçilmesinin yanı sıra kriterlerin ağırlıklandırılmasını ve kriter ağırlıklarına göre alternatiflerin değerlendirilmesini içerir (Wu ve Abdul-Nour, 2020). ÇKKV, karmaşık kararlar almak için bir araç olarak kullanılır ve karar vericilere daha iyi bilgi sahibi olma ve kararlarını daha objektif bir şekilde değerlendirme fırsatı sunar. Ayrıca, bu yöntemler, farklı paydaşların görüşlerini ve tercihlerini dikkate alarak daha adil ve kapsamlı kararlar alınmasına da yardımcı olmaktadır. ÇKKV'nin, alternatifler arasından seçim yapma, kriterlerin ağırlıklandırılması, alternatiflerin değerlendirilmesi, kriterlerin sıralanması ve karar verme süreci gibi farklı kullanım şekilleri vardır. Zaman içerisinde AHP (Analytic Hierarchy Process), ANP (Analytic Network Process), Fuzzy-AHP, TOPSIS (The Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution), WSM (Weighted Sum Model), ELECTRE (Elimination Et Choix Traduisant la REalité), PROMETHEE (Preference Ranking Organization METHod for Enrichment Evaluations) VIKOR,

BWM (Best-Worst Method) HFLTS (Hesitant Fuzzy Linguistik Term Set) vb. gibi çeşitli methodlar geliştirilmiş veya birbirlerinin eksikliklerini giderecek şekilde birbirlerinden türetilmişlerdir (Uludağ ve Doğan, 2016). ÇKKV’de her yöntem her problem çözümünde etkili sonucu vermeyebilir. Yöntemlerin güçlü ve zayıf yanları vardır. Bu yüzden yöntem seçimi problemin doğruya en yakın ve etkili çözümü için kritik öneme sahiptir (Derse, 2020). Bazı durumlarda iki yöntem birleştirilerek karma yöntemler kullanılabilir.

Kriter ağırlıklandırma yöntemleri uzman görüşü alınıp alınmamasına göre farklılık göstermektedir. Uzman görüşü alınan yöntemler öznel yaklaşım içerdiği için yani kişiden kişiye farklılık göstereceği için bu ağırlıklandırma yöntemlerine subjektif ağırlıklandırma olarak tanımlanır, uzman görüşü gerektirmeyen nesnel verilerle yapılan hesaplamalar sonucu oluşan ağırlıklandırmaya ise objektif ağırlıklandırma olarak tanımlanmaktadır. Tez kapsamında sel-taşkın riskine etki eden faktörlerin ağırlıkları elde edilirken AHP ve KBDTS olmak üzere iki farklı subjektif yöntem denenmiştir.

2.6.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi

AHP, bir sistemin bileşenlerini bir hiyerarşi halinde düzenleyen ve kriterler arasındaki karşılıklı bağımlılıkları dikkate alan yaygın olarak kullanılan bir karar verme yöntemidir (Arı ve Gencer, 2019). AHP çeşitli alanlarda yaygın olarak uygulanan çok yönlü bir karar verme yöntemidir. Belirli sınırlamaların önüne geçmek için Analitik Ağ Süreci gibi alternatif yöntemler geliştirilmiş olsa da AHP, karar vericiler ve araştırma grupları için en yaygın kullanılan ve en çok kabul gören yaklaşım olmaya devam etmektedir (Namin vd., 2019). Bu yöntem, karmaşık problemleri daha anlaşılır ve yapılabılır parçalara ayırma yeteneği ile bilinir ve karar verme süreçlerini daha sistematik ve objektif hale getirme potansiyeline sahiptir (Uludağ ve Doğan, 2016). AHP, bir karar problemi içindeki kriterlerin ve alternatiflerin önceliklendirilmesi ve sıralanmasında kullanılır. AHP'nin temel prensibi, karar vericilerin bir dizi kriter veya alternatif arasında göreceli önemlerini değerlendirmelerine olanak tanır. Bu değerlendirmeler, ölçülebilirlik ve karşılaştırılabilirlik açısından özenle yapılır. Sonuç olarak, AHP, karmaşık karar verme süreçlerini düzenlemek, ağırlıklandırma yapmak ve nihai bir tercih sıralaması oluşturmak için kullanılır.

AHP, ÇKKV problemleri için tek başına etkili bir şekilde kullanılabileceği gibi, farklı yöntemlerle birleştirilerek de kolaylıkla uygulanabilir. Bu tür durumlarda genellikle AHP tarafından üretilen ağırlıklar, farklı yöntemlerin girdi verileri olarak kullanılmaktadır. Bu sayede problem çözme sürecinde AHP, diğer yöntemlerle birlikte daha verimli sonuçlar elde etmeye yardımcı olmaktadır (Uludağ ve Doğan, 2016).

2.6.2. Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri

Kararsız Bulanık Dilsel Terim Setleri (Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets)(KBDTS), bulanık mantık alanında kullanılan ve bir konsepti veya terimi kesin bir sınırla ifade etmek yerine belirli bir derecede bulanık veya belirsiz bir şekilde ifade etmeye olanak tanıyan bir kavramdır (Chen vd., 2021; Zhang ve Wu, 2014). Görece yeni bir yöntem olan KBDTS, karar vericilerin tercihlerini birden fazla dilsel terim kullanarak ifade etmelerine olanak tanıyarak değerlendirme yaparken tereddütlerini veya belirsizliklerini yansıtır (Rodríguez vd., 2012). KBDTS, özellikle karmaşık ve gerçek dünya problemlerini daha iyi ele almak ve daha hassas sonuçlar elde etmek amacıyla kullanılır (Boyacı vd., 2021).

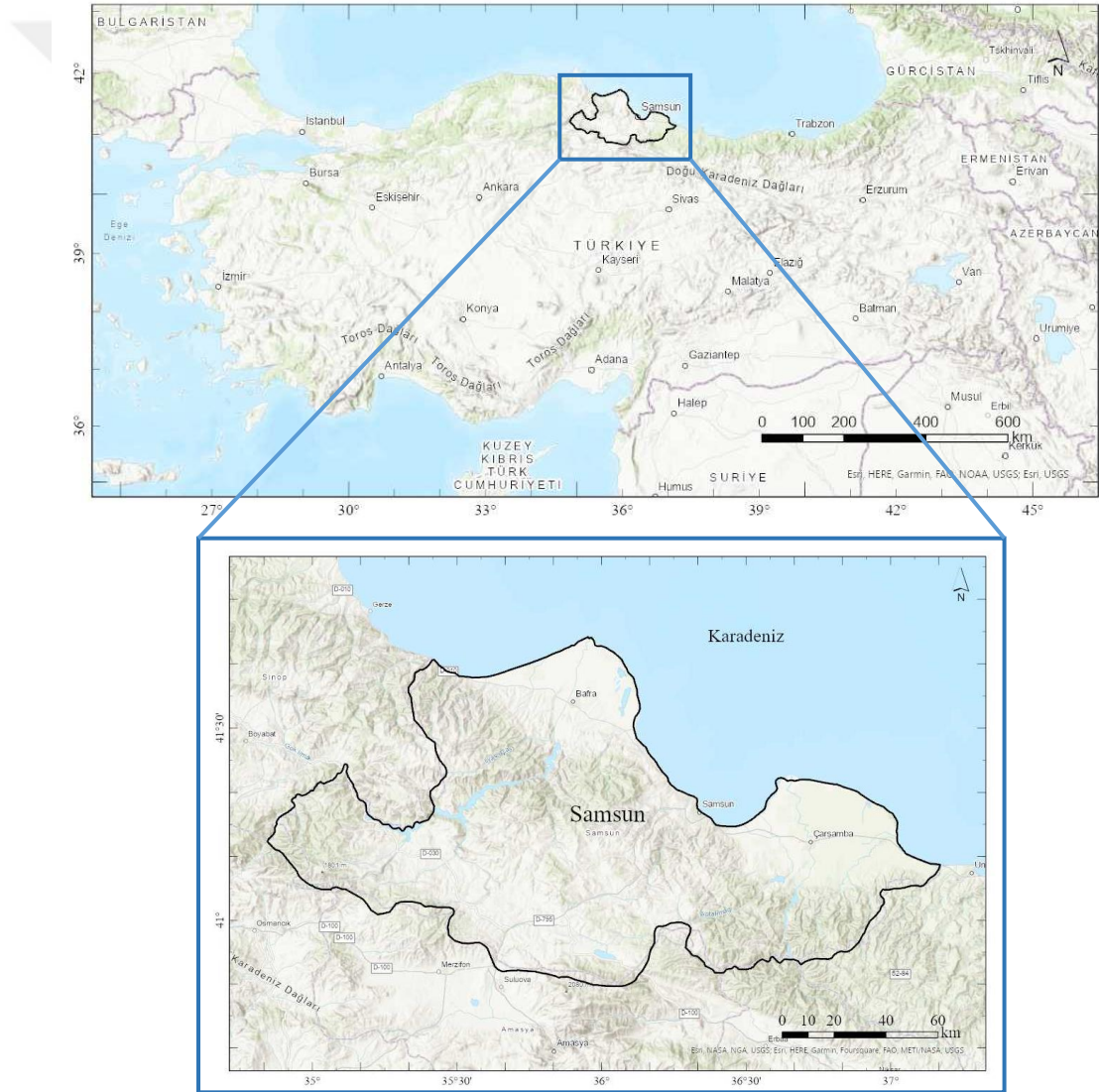
Bulanık mantık, geleneksel mantığın aksine, "doğru" veya "yanlış" gibi kesin kategorilere dayalı değil, terimleri bir dereceye veya belirli bir olasılığa göre değerlendiren bir yaklaşım sunar (Özkan, 2018). KBDTS, bu bulanık değerlendirmeleri tanımlamak için kullanılır. Uzmanlar uygun dilsel ifadeyi seçmekte tereddüt ettikleri durumlarda birkaç dilsel ifade arasında kaldıklarında KBDTS'yi kullanabilirler (Çalış Boyacı vd., 2021). Her terim, bir belirsizlik aralığını ifade eder ve bu aralık içindeki değerler, o terimin ne kadarına uyar veya ne kadarına uymaz belirler (Liao vd., 2018).

KBDTS yöntemi, afet durumlarında karşılaşılan belirsizlikleri ve karmaşıklıkları daha etkili bir şekilde ele almamıza olanak tanır. KBDTS, belirsizlikleri açıkça ifade edebilme ve yönetebilme özelliği ile dikkat çeker, bu da uzmanların daha bilinçli ve esnek kararlar almasını sağlar. Ayrıca, KBDTS'nin esnek yapısı, uzman görüşlerini tereddüt ve belirsizlik içeren dil kullanarak ifade etme kabiliyeti sayesinde, afet durumlarındaki karmaşıklığı daha iyi anlamamıza ve daha kapsamlı bir değerlendirme yapmamıza yardımcı olur. Bu sayede, KBDTS, uzmanların afet durumlarına daha etkili müdahale stratejileri geliştirmelerine katkıda bulunabilmektedir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

Tez kapsamında önerilen modelin uygulanması için Türkiye'nin kuzeyinde yer alan ve Karadenize kıyısı olan Samsun ili seçilmiştir (Şekil 3.1.). Türkiye'nin önemli şehirlerinden biri olan ve pek çok sosyo-ekonomik göstergeye göre Karadeniz bölgesinin en gelişmiş kenti olan Samsun 9.579 km²'lik yüz ölçümü ve 1.368.488 nüfusu ile Karadeniz Bölgesinin en kalabalık şehridir (Samsun Valiliği, 2023; TÜİK, 2023). Bulunduğu konum dolayısıyla Doğu Karadeniz ve İç Anadolu arasındaki bağlantı noktası olan Samsun, kentsel gelişmenin hızlı yaşandığı bir şehirdir.



Şekil 3.1. Çalışma alanı

Bu tez kapsamında tüm Samsun ili çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Ancak elde edilen sonuçların irdelenmesinde yoğun yerleşim alanlarına sahip 3 ilçe; Atakum,

İlkadım, Canik üzerine yoğunlaşmıştır (Şekil 3.2.). 2022 yılı sonu itibarı ile bu 3 ilçe, Atakum 242171, İlkadım 333518, Canik 100641 ile toplam 676330 nüfusuyla yaklaşık olarak tüm Samsun nüfusunun yarısını bünyesinde barındırmaktadır (TÜİK, 2023).



Şekil 3.2. Atakum-İlkadım-Canik ilçeleri haritası

Samsun, Kızılırmak ve Yeşilırmak havzalarının yanı sıra bir çok akarsu yatağını içerisinde barındıran, Karadeniz bölgesinde dağların kıyıya paralel olması nedeniyle çok sık yağış alan bir ildir. Pek çok haber ve rapora geçen yoğun sel-taşkın olayları çalışma alanında yaşanmaktadır. 2012 yılında meydana gelen olaylarda çok önemli can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Tez çalışmasının yürütüldüğü dönemde 5 Haziran 2023 tarihinde gerçekleşen sel-taşkın olaylarında Canik sanayi bölgesi, Atakum sahil kesimleri sel-taşkın olaylarından etkilenmiştir. Hava tahmin raporlarına göre 120mm civarında yağış tahmini yapılmış, m²'ye 93mm yağış düşerek son yılların en yüksek yağışı gerçekleşmiştir (MGM, 2023).

3.2. Kullanılan Yazılımlar

CBS farklı kaynaklardan gelen konumsal verilerin birlikte değerlendirilmesinde ve bu veriler ile analiz ve sorgulamalar yapılmasında çok güçlü bir araçtır. Tez kapsamında, farklı aşamalarda ArcGIS yazılımının farklı versiyonları kullanılmıştır. CBS sorgulama ve analizlerinin yanı sıra Jupyter Notebook ve Microsoft Visual Studio python kodlama programları yardımıyla model oluşturmak adına kodlamalar

yapılmıştır. Oluşturulan bu kodlar ArcGIS Python IDE'si ile CBS ortamına aktarılmış veriler üzerinde çalıştırılmıştır. CBS analizlerinde farklı kaynaklardan gelen farklı tipte veriler kullanılmıştır. Çok katmanlı raster verilerinin irdelenmesi için Panoply uygulaması kullanılmıştır. Veriler ön işlemlere tabi tutularak birlikte çalışılabilir hale getirilmiş, ardından statik veriler ile dinamik verileri bir arada kullanılarak saatlik tahmin risk haritaları üretecek kodlar üretilmiştir. Kodlar bir saate ait dinamik veriyi alıp, statik veriler ile birlikte önceden belirlenmiş ağırlıklarla sonuç harita üretmekte ve bir sonraki saate ait dinamik veriyi alarak aynı işlemleri döngüsel olarak tekrarlamaktadır.

3.3. Çalışma Kapsamında Kullanılan Kriterlerin Belirlenmesi

Afet ve afet yönetimiyle ilgili yapılan bilimsel çalışmalarda bir çok kaynaktan gelen verinin kullanıldığı görülmektedir. Sel-taşkın olayları dünya genelinde yaşanan afetler kapsamında sıklıkla en yukarlarda görülmektedir. Bu kapsamda yapılan bilimsel çalışmalarda riskin ortaya konması için pek çok farklı kriter dikkate alınmıştır. Bu kriterler dünyanın farklı yörelerinde iklim özellikleri, topoğrafik özellikler, sosyo ekonomik göstergeler vb. sebeplerle birbirlerinden farklılaşsa da pek çok çalışmada ortak kullanılan kriterler olduğu gözlemlenmiştir.

Sel-taşkın olayları hakkında yapılan başlıca bilimsel çalışmalar incelendiğinde kriter olarak kullanılan veriler Tablo 3.1. sunulmaktadır.

Tablo 3.1. Sel-taşkın afetinde başlıca akademik çalışmalarda kullanılan veriler

Yazar/ Yıl	Çalışma Alanı	Kullanılan Kriterler
Oğuz vd., 2022	Düzce, Türkiye	Jeoloji Arazi Kullanımı Eğim Toprak Bakı Akarsuya Olan Uzaklık Yağış
Akın ve Karaca, 2021	Fethiye, Muğla, Türkiye	Eğim Yükseklik Bakı Jeoloji Arazi Kullanımı Akarsuya Olan Uzaklık
Hassan vd., 2021	Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan	Akarsuya Olan Uzaklık, Drenaj Yoğunluğu, Eğim, Yükseklik, Yağış, Toprak, Jeoloji Arazi Kullanımı
Ocak ve Bahadır, 2020	Ünye, Ordu, Türkiye	Eğim Btoprak Arazi Kullanımı Jeoloji Yağış Yükseklik
Shrestha, 2019	Pampanga River, Philippines	Arazi Kullanımı, Yükseklik, Eğim, Bakı, Yola Olan Uzaklık, Şehire Olan Uzaklık, Akarsuya Olan Uzaklık, Yağış

Tanrıverdi, 2019	Şanlıurfa, Türkiye	Yağış Akarsuya Olan Uzaklık Eğim Yükseklik Arazi Kullanımı Jeoloji Bakı
Samanta vd., 2018	Markham River, Papua New Guinea	Arazi Kullanımı, Yükseklik, Eğim, Topografik Islaklık İndeksi (Twı), Yüzey Akışı, Yeryüzü Şekli, Litoloji, Akarsuya Olan Uzaklık, Toprak Dokusu Ve Toprak Drenajı
Özcan, 2017	Ayamama Deresi, İstanbul, Türkiye	Sayısal Yükseklik Modeli Eğim Bakı Arazi Kullanımı Jeoloji
Selçuk vd., 2016	Van, Türkiye	Aktif Kanal Mesafesi Litoloji Eğim Su Tablası Derinliği Yükseklik Alan Kullanımı
Özşahin, 2016	Arnavutluk	Jeoloji Jeomorfoloji Eğim Bakı Yağış Toprak Arazi Kullanımı
Özcan vd., 2008	Sakarya, Türkiye	Eğim Bakı Sayısal Arazi Modeli Jeoloji Arazi Kullanımı

3.3.1. Çalışmada Kullanılan Kriterler

Literatürde yer alan sel-taşkın risk analiz çalışmaları incelendiğinde yağış, sıcaklık, rüzgar, yükseklik, nem, eğim, bakı, eğrisellik, litoloji, jeoloji, jeomorfoloji, toprak, arazi kullanımı, akarsu yakınlık, debi, havza genişliği, derinlik, akış yönü, aktif kanal mesafesi, drenaj yoğunluğu, drenaj ağı, taşkın envanteri vb. bir çok kriterin dikkate alındığı görülmektedir.

Bu çalışmaların genelinde ortak olarak kullanılan yükseklik, eğim, bakı, jeoloji, toprak, arazi kullanımı, akarsuya yakınlık, nem ve yağış olmak üzere 9 adet kriter hazırlanan tezde riski etkileyen kriterler olarak kullanılmıştır (Tablo 3.2.).

Tablo 3.2. Sel-taşkın modelinde kullanılan kriterler

Sıra	Veri	Kaynak	Açıklama	Veri Tipi
1	Yükseklik	HGM	10 m çözünürlüklü SYM'den üretilmiştir	Raster
2	Eğim	HGM	10 m çözünürlüklü SYM'den üretilmiştir	Raster
3	Bakı	HGM	10 m çözünürlüklü SYM'den üretilmiştir	Raster
4	Toprak	TRGM	1/25000	Vektör
5	Jeoloji	MTA	1/25000	Vektör
6	Arazi Kullanımı	Corine 18	1/25000	Vektör
7	Akarsuya olan uzaklık	SYM	10 m çözünürlüklü SYM'den üretilmiştir	Raster
8	Yağış	MGM	ECMWF+ Lokal Model 3 km çöz.	Raster
9	Nem	MGM	ECMWF+ Lokal Model 3 km çöz.	Raster

Yükseklik

Su akış yönü, eğimi yüksek kotlardan alçak kotlara doğrudur. Yükseklik, zemindeki değişim hakkında bilgi vermektedir. Düşük kotlara sahip alanlar, biriken eş zamanlı yağmur suları nedeniyle ani sel ve taşkın olaylarına karşı her zaman daha düşük direnç göstermektedir. Özellikle kıyı bölgelerinde düşük kotlu ve düşük eğimli bölgeler sel-taşkınlara karşı hassas olduklarından, yükseklik sel-taşkın analizlerinde önemli bir faktör olarak değerlendirilmektedir.

Eğim

Eğim, tıpkı yükseklikte olduğu gibi sel-taşkınlara üzerinde önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek eğimli alanlar yüksek akış potansiyeline sahip olarak suyun akıp gitmesine olanak sağlarken, düşük eğimli alanlar yağmur sularının birikmesine, toprağın doymuş nem seviyesine ulaşmasına ve sel-taşkına karşı dirençsizleşmesine neden olmaktadır.

Bakı

Havza akış yönlerine ve topoğrafyaya göre değişiklik göstermekle birlikte bakı, sel-taşkın analizlerinde akış yönünü doğrudan etkilediğinden önemli bir faktördür. Karadeniz'in kıyı bölgesi olan çalışma alanı için havzaların akış yönü çoğunlukla denize doğru, kuzey yönlü olduğundan, bu yöne bakan alanlar sel-taşkın açısından

daha hassas olarak değerlendirilmektedir. Bakı aynı zamanda bitki örtüsü ve iklimi etkileyerek dolaylı olarak toprak nemine etki ederek, yüzey akışını etkileyen önemli bir kriter olarak dikkat çekmektedir.

Toprak

Temel toprak bileşenleri toprak yapısı ve nemdir. Toprak yapısına göre su emilimi değişiklik göstermekte, yüzey akışı değişkenlik göstermektedir. Su, kumlu toprak tarafından hızlı bir şekilde drene edildiğinden ve çok az akış meydana gelmekte, sel-taşkın riski azalmakta, killi toprakların bulunduğu alanlarda emilim azalacağından yüzey akışı artmakta ve bu alanlar sel-taşkınlardan daha fazla etkilenmektedir. Sel-taşkın riski, yüzey akışının yükselmesini sağlayan toprak penetrasyonunun azalmasıyla artar. Toprak haritası bu çalışmada için emilme kabiliyetlerine göre değerlendirilmiştir. Suyun az emildiği toprak türleri suyu taşıyıp akışı arttıracığından yüksek riskli olarak değerlendirilmiştir.

Jeoloji

Jeolojik yapı yüzey yapısı ve geçirgenlik açısından sel-taşkın hassasiyetini doğrudan etkilemektedir. Geçirgen bir katmana kıyasla, geçirimsiz toprak hızlı ve önemli yüzey akışına neden olur, böylece birikimli yağmur sularının hızla taşınmasına sebep olarak risk ortaya çıkartmaktadır.

Arazi Kullanımı

Arazi kullanımı sel-taşkın haritalamasındaki ana değişkenlerden biridir. Arazinin mevcut kullanımı ıslah çalışmaları vb. altyapı çalışmaları ya da doğal drenaj yapısının bozulması gibi olumlu- olumsuz durumlar sel-taşkın olaylarını doğrudan etkilemektedir. Bu durum kentsel ve kırsal arazi kullanımlarında farklılık göstererek riski azaltıcı-arttırıcı etki göstermektedir.

Akarsuya Olan Uzaklık

Özellikle akarsulara yakın olan bölgeler, akarsu havzası içerisinde hem su seviyesinin zamanla yükselmesi olaylarında hem de ani sel durumlarında, su yüksek kotlardan akıp düşük kotlarda biriktiği için sele daha yatkındır. Çoğunlukla şiddetli yağmur sırasında, barajlar, göletler ve göller gibi su kaynaklarına yakın olan alanlar sular altında kalma riskinin en yüksek olduğu alanlardır. Akarsu yatakları birikimle birlikte su seviyesinin ilk yükseleceği alanlar olduğu için sel-taşkın olaylarında en hassas alanlar olarak kabul edilmektedir.

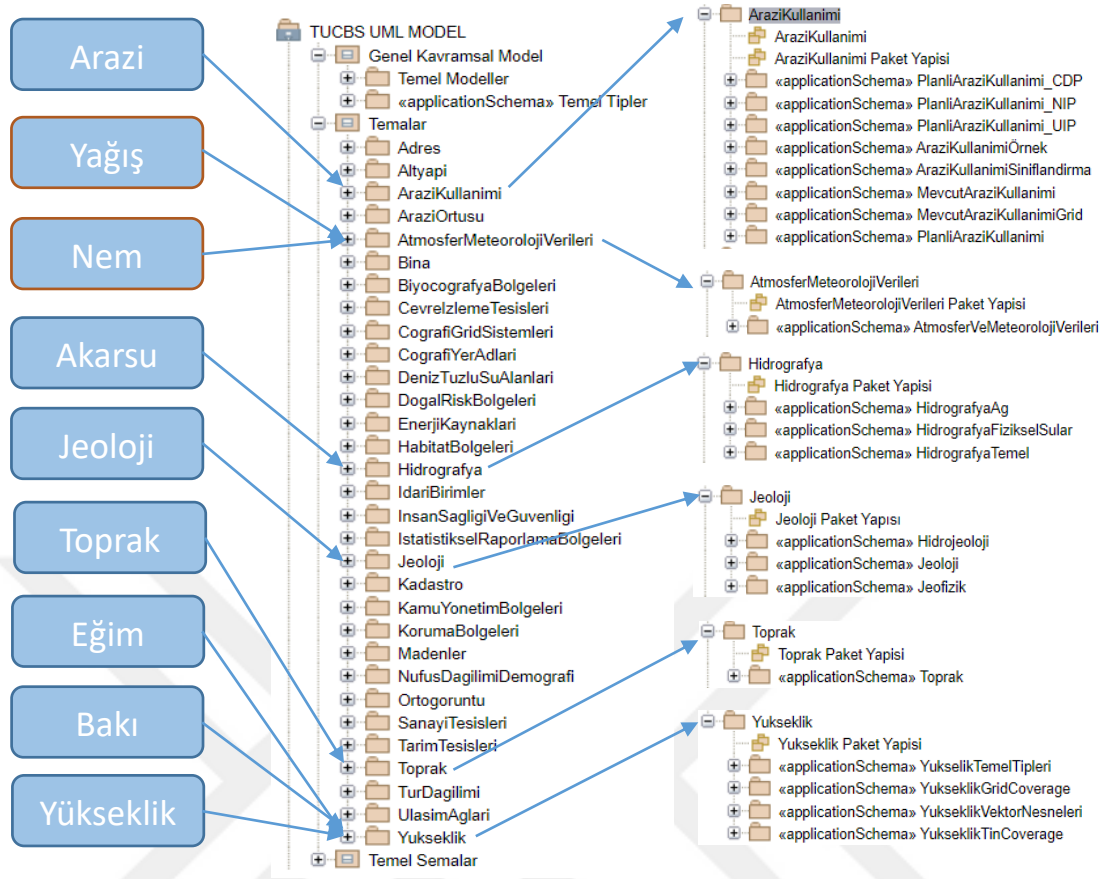
Nem

Yüksek nem seviyeleri, yağışların buharlaşma oranını artırarak bulutlara daha fazla su buharı yüklemesine neden olur, bu durum, yoğun yağışların ve fırtınaların oluşumuna zemin hazırlar. Ayrıca, toprak nemi, suyun emilim kapasitesini etkiler; aşırı kuru veya suya doymuş toprak sel-taşkın riski üzerinde belirleyicidir. Bu nedenle nem, sel-taşkınlar üzerinde doğrudan etkili olan bir kriterdir.

Yağış

Yağış, sel-taşkın olayının gerçekleşmesi için olmazsa olmaz faktördür ayrıca sel ve taşkın olayları için önemli bir kriter olmasının yanı sıra yağışın tetikleyici rolü de bulunmaktadır. Tek başına yağış sel-taşkın'a sebep olmak için yeterli değildir, ancak arazinin mevcut topoğrafyası ve meteorolojik etkenler bir araya geldiğinde yağışlar tetikleyici olabilmektedir.

Çalışmada kullanılan verilerin belirli bir standartta üretilmesi, sürekliliğinin olması ve güncel kalması gerçekleştirilecek analiz sonuçlarının doğruluğu için kritik öneme sahiptir. Ulusal veri üretim standartlarına bağlı kalınarak, kurumların üreteceği verilere ulaşmak, her zaman en sağlıklı analiz sonuçlarını elde edilmesini sağlayacaktır. Şekil 3.3.'de TUCBS veri standartlarından, kullanılan verilerin ait olduğu veri temaları gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Kullanılan verilerin ulusal veri temaları ile ilişkisi

3.4. Yöntem

Bu başlık altında tezde kullanılan kriter ağırlıklandırma yöntemleri; AHP ve KBDTS ile CBS analizleri açıklanmıştır. Ayrıca hava tahmin modeli ve kodlamada kullanılan python yazılım dili kısaca tanımlanmıştır.

3.4.1. AHP İşlem Adımları

Tez çalışmasında, sel-taşkın riskinde etkili olduğu görülen kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin biri AHP'dir. Bilimsel araştırmalarda sık kullanılan bir ÇKKV yöntemi olan AHP'nin işlem adımları aşağıda verilmiştir.

AHP'de karmaşık problemler karar vericiler (KV) tarafından birbirlerine göre kıyaslanarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. Oluşturulan matrislerin geometrik ortalamaları alınarak aşağıdaki işlem adımları ile kriterlerin ağırlıkları ve sıralaması belirlenebilmektedir (Hammami vd., 2019).

AHP işlem adımları;

1. Adım: Problem tanımlanır.

Karar için gerekli olan ölçütler belirlenerek, ölçüt öncelikleri tespit edilir.

2. Adım: Hiyerarşik yapı oluşturulur.

En üstte ulaşılması gereken temel hedef yer alır. Onun altında ise temel ölçütler ve alt ölçütler bulunur. Hiyerarşinin en altında ise alternatifler yer almaktadır. Hiyerarşinin aşama sayısı, problemin karmaşıklığına ve detay derecesine bağlıdır. Hiyerarşi oluşturulurken, aynı düzlemde yer alan seçeneklerin birbirlerinden tamamen bağımsız olduğu kabul edilir.

3. Adım: İkili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

1 ile 9 arasında değerler alan bir önem derecesi ölçeği kullanılarak, önce temel ölçütler, varsa alt ölçütler ve son olarak tüm ölçütlerin dikkate alınarak ölçütlere göre karar seçeneklerinin karşılaştırıldığı matrisler oluşturulur. Karşılaştırma matrisleri köşegen elemanları 1 olan bir kare matristir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

a_{ij} , i . Ölçüt ile j . Ölçütün ikili karşılaştırma değeri olup a_{ij} değeri $1/a_{ij}$ den elde edilir. Bu özelliğe, karşılık olma özelliği denir. a_{ij} değeri “Ölçüt i değeri bir başka ölçüt j ye göre ne oranda tercih edilmelidir?” sorusunun cevabını oluşturmaktadır. Karar seçenekleri her bir ölçüte göre ayrı ayrı karşılaştırılır.

Karar matrisleri, Saaty tarafından önerilmiş olan 1-9 aralığındaki karşılaştırma ölçeği Tablo 3.3. kullanılarak oluşturulur.

Tablo 3.3. Saaty ikili karşılaştırma ölçeği (Saaty, 2004)

Önemi	Tanım	Açıklama
1	Eşit öneme sahip	Her iki seçenek eşit değerde öneme sahip
2	Zayıf ya da hafif	
3	Biraz önemli	Bir ölçüt diğerine göre biraz daha önemli
4	Makul artı	
5	Fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre çok daha önemli
6	Güçlü artı	
7	Çok fazla önemli	Bir ölçüt diğerine göre kesinlikle çok daha önemli
8	Çok çok güçlü	
9	Son derece önemli	Bir ölçüt diğerine göre son derece önemli

4. Adım: İkili karşılaştırma matrisleri normalize edilir.

Matristeki her eleman kendi sütun toplamına bölünerek, normalize edilir. Normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1 olur.

$$a_{ij}' = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.2)$$

Eşitliği kullanılır.

5. Adım: Öncelik vektörü hesaplanır.

Normalize edilmiş matrisin her bir satır toplamı, matrisin boyutuna bölünerek ortalaması alınır. Bulunan bu değerler her bir ölçüt için hesaplanan önem ağırlıklarıdır. Bu ağırlıklar, öncelik vektörünü oluşturur.

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n a_{ij}', \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.3)$$

eşitliği kullanılır. Böylece, ölçütlerin birbirlerine göre önem değerlerini gösteren yüzde önem dağılımları elde edilir.

6. Adım: Tutarlılık oranı hesaplanır.

İkili karşılaştırmaların yapılması ve önceliklerinin belirlenmesinin ardından karşılaştırma matrislerinin tutarlılığının hesaplanır. İkili karşılaştırma yargısı sonucu oluşan bir A matrisinin tutarlı olup olmadığını belirleyebilmek için bir çok yöntemden bir tanesi olan “Tutarlılık İndeksi (Consistency Index- CI)” adı verilen katsayının hesaplanması gerekir. CI katsayısı;

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3.4)$$

Eşitliği ile hesaplanır. Burada;

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \text{ 'dır.} \quad (3.5)$$

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} = 1/a_{12} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} = 1/a_{1n} & a_{n2} = 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \dots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

$$d_i = \frac{x_i}{w_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad (3.7)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n} \quad (3.8)$$

Tutarlılığı değerlendirebilmek için “Rassal Indeks (Random Index- *RI*)” değerinin bilinmesi gerekir. n boyutlu karşılaştırma matrisleri için tanımlanan *RI* değerleri Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4. Karşılaştırma matrislerinin boyutlarına göre *RI* değerleri (Hammami vd., 2019)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<i>RI</i>	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.53	1.56	1.57	1.59

CI ve *RI* değerleri belirlendikten sonra “Tutarlılık Oranı (Consistency Ratio- *CR*)” hesaplanır.

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.9)$$

Eşitlik ile tanımlı *CR*’nin 0.10’dan küçük çıkması durumunda karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğuna karar verilir (Saaty, 2004).

7. Adım: Ağırlık vektörü oluşturulur.

Ölçütler için ikili karşılaştırma matrisi oluşturularak, karar seçeneklerinin öncelik vektörü hesaplanır. Bu öncelik vektörü, ölçütler için ağırlık vektörü olarak da tanımlanabilir.

8. Adım: Karar seçenekleri sıralanır.

Ölçütler için elde edilen öncelik vektörleri birleştirilerek, tüm öncelikler matrisi elde edilir. Tüm öncelikler matrisi ile karar seçeneklerinin öncelik vektörü çarpılıp toplanarak sonuç vektörü elde edilir. Bu vektörde en yüksek ağırlığa sahip olan karar seçeneği problemin çözümü için tercih edilmesi gereken karar seçeneği olarak belirlenir.

3.4.2. KBDTS İşlem Adımları

Tez kapsamında kullanılan bir diğer ÇKKV yöntemi de KBDTS yöntemidir. Görece yeni bir yöntem olan KBDTS, karmaşık problemler karşısında karar vericilerin kriterleri değerlendirirken net karar veremedikleri durumlarda, dilsel aralıklar ile kararlarını iletebilmelerine olanak sağlayan bir yöntemdir (Özkan, 2018).

Herhangi bir kriter $z \in \{1, 2, \dots, \tau\}$ ile ifade edilsin;

1. Adım: Dilsel ve simgesel terim seti belirlenir (Eşitlik 3.10).

$$z \in (1, 2, \dots, \tau)$$

$$S = \left\{ \begin{array}{l} \text{önemsiz(öz), çok.düşüş.önemli(çdö)} \\ \text{düşüş.önemli(dö), ortak.düzey.öneme.sahip(odö)} \\ \text{yüksek.önemli(yö), çok.yüksek.önemli(çyö)} \\ \text{kesnlikleönemli(kö)} \end{array} \right\} \quad (3.10)$$

2. Adım: $G_H = \{V_N, V_T, I, P\}$, den oluşan serbest içerikli terim seti belirlenir.

$$V_N = \{\langle \text{tekliterim} \rangle, \langle \text{birlesikterim} \rangle, \langle \text{teklilbaglanti} \rangle, \langle \text{ikilibaglanti} \rangle, \langle \text{baglac} \rangle\} \quad (3.11)$$

$$V_T = \{-dendahadüşük, -dendahayüksek, enaz, ençok, arasiras, ve, s_0, s_1, \dots, s_g\} \quad (3.12)$$

$$I \in V_N \quad (3.13)$$

Serbest içerikli terim seti için üretim kuralları aşağıdaki gibidir;

$$P = \left\{ \begin{array}{l} I = \langle \text{tekliterim} \rangle I \langle \text{birlesikt\text{er}im} \rangle, \\ \langle \text{birlesikt\text{er}im} \rangle ::= \langle \text{teklibaglanti} \rangle \langle \text{teklibaglanti} \rangle \\ \langle \text{ikilibaglanti} \rangle \langle \text{tekliterim} \rangle \langle \text{teklibaglanti} \rangle \langle \text{baglac} \rangle \langle \text{tekliterim} \rangle \\ \text{tekliterim} ::= s_0 | s_1 \dots | s_g, \langle \text{teklibaglanti} \rangle ::= \\ - \text{dendahadüşük} | - \text{dendahayüksek} | \text{enaz} | \text{ençok}, | \\ \langle \text{ikilibaglanti} \rangle ::= \text{arası}, \langle \text{baglac} \rangle ::= \text{ve} \end{array} \right\} \quad (3.14)$$

3. Adım: Hem alternatif hem de kriterler için $k \in (1, 2, \dots, m)$ uzmanlar tarafından sağlanan P^k tercih ilişkileri üretilir.

4. Adım: Dönüşüm fonksiyonu E_{GH} kullanılarak KBDTS'ler tercih ilişkilerine dönüştürülür.

5. Adım: Her bir KBDTS için $[p_{ij}^{k-}, p_{ij}^{k+}]$ zarfı elde edilir.

6. Adım: φ ile gösterilen bir dilsel birleştirme operatörü seçilir. Bu operatör kullanılarak iyimser P_c^+ ve kötümser P_c^- toplam tercih ilişkileri elde edilir. Bu çalışmada dilsel birleştirme operatörü olarak Eşitlik (3.15)'de verilen aritmetik ortalama kullanılmıştır.

$$\bar{x} = \Delta \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Delta^{-1}(s_i, \alpha_i) \right) = \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \right) \quad (3.15)$$

S ile ilişkilendirilmiş 2-tuple set $S = Sx[0.5 \quad 0.5]$ olarak tanımlansın.

$\Delta: [0 \quad g] \rightarrow S$ fonksiyonu Eşitlik (3.16) ile verilmiştir.

$$\Delta(\beta) = (s_i, \alpha) \left\{ \begin{array}{l} i = \text{yuvarla}(\beta) \\ \alpha = \beta - i \end{array} \right\} \quad (3.16)$$

$i \in \{0, 1, \dots, g\}$, β 'ye en yakın tamsayıya yuvarlanır ve $\Delta - 1: \langle S \rangle \rightarrow [0 \quad g]$ fonksiyonu Eşitlik (3.17) ile belirlenir.

$$\Delta - 1(s_i, \alpha) = i + \alpha \quad (3.17)$$

7. **Adım:** Toplam tercihlerin $V^R = p_1^R, p_2^R, \dots, p_n^R$ aralık vektörü

$$p_i^R = [p_i^-, p_i^+] \text{ şeklinde oluşturulur.}$$

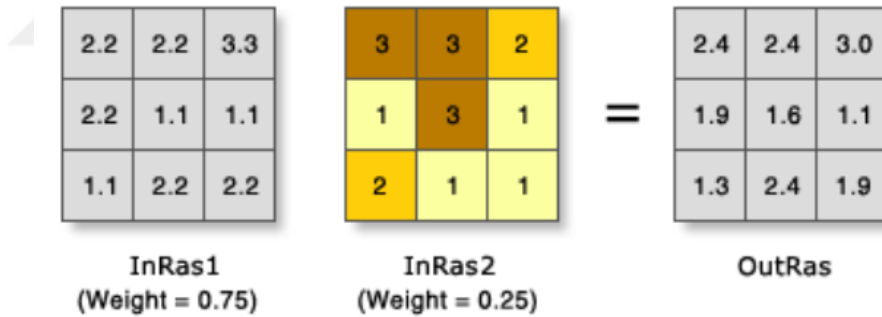
8. **Adım:** Elde edilen aralık değerler normalize edilir.

9. **Adım:** Ağırlık değerleri hesaplanır.

3.4.3. Kullanılan CBS Analizleri

Çalışma kapsamında kullanılan kriter verilerinin üretilmesinde farklı konumsal analizler kullanılmıştır. Sayısal yükseklik analizleri ile eğim, bakı ve yükseklik haritaları üretilmiştir. Akarsuya uzaklık verisi öklit mesafe analizi ile üretilmiştir. Dinamik veriler olan yağış ve nem haritalarının üretilmesinde Ters Mesafe Ağırlık Yöntemi (Inverse Distance Weighted- IDW) kullanılmıştır.

Elde edilen tüm kriter haritaları hesaplanan ağırlıkları ile birlikte ağırlıklı toplam yöntemi kullanılarak birleştirilmiştir. Ağırlıklı toplam yöntemi, farklı katmanlarda yer alan verileri aynı tematik haritada birleştirmek veya bir analiz sonucu elde edilen sonuçları ağırlıklı olarak toplamak için kullanılır. Bu yöntem, birçok farklı katmanı birleştirip birlikte yorumlanmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.4. Ağırlıklı toplam örnek şeması (ESRI, 2023)

Ağırlıklı toplam yönteminde (Şekil 3.4.) ondalıklı ağırlık değerleri de kullanılabilmekte ve ağırlıklandırılan haritaların toplamı sonucunda aynı ölçekte sonuç çıktısı üretilmektedir. Çıktıların yeniden ölçeklendirilmemesi verinin çözünürlüğünü korumasını sağlamaktadır. Bu nedenle ağırlıklı toplam, model çözünürlüğünü korumak, yalnızca en uygun birkaç konumu veya belirli sayıda sahayı belirlemek istenilen analizlerde daha faydalı olmaktadır. Çalışma kapsamında oluşacak sonuç bölgelerin önemi göz önünde bulundurulduğunda üretilen haritaların birleştirilmesi işleminde Ağırlıklı Toplam yöntemi kullanılmıştır.

3.4.4. Hava Tahmin ve Araştırma Modeli

Hava tamin ve araştırma - Weather Research and Forecasting (WRF) modeli fizik parametreleri, veri asimilasyonu ve model yapılandırması dahil olmak üzere çeşitli yönleri içermektedir. WRF modeli, hava tahmini, iklim araştırması ve hava kalitesi modellemesi dahil olmak üzere bir dizi uygulama için yüksek çözünürlüklü tahminler sağlayan yaygın olarak kullanılan bir atmosferik modelleme sistemidir (Bromwich vd., 2009).

WRF modeli, bölgesel hava tahminlerinde büyük ölçekli ve orta ölçekli atmosferik olayları inceleme kapasitesi sunmaktadır. Temelde, bu model, daha önce benzer amaçlarla kullanılan MM5 (Fifth-Generation Penn State/NCAR Mesoscale Model - Beşinci Nesil Penn State/NCAR Mesoscale Model) modelinin geliştirilmiş bir sürümüdür, daha kapsamlı ve hassas analizlere olanak tanımaktadır.

Modelin en önemli özelliklerinden biri, geniş bir geliştirici ve kullanıcı tabanına sahip olmasıdır. Bu yüzden gerçek anlamda bir "topluluk modeli" olarak nitelendirilebilir. Modelin geliştirilmesi, Amerika Birleşik Devletleri'nde yer alan National Center for Atmospheric Research (NCAR), National Oceanic and Atmospheric Administration-National Centers for Environmental Prediction (NOAA-NCEP), Forecast Systems Laboratory (FSL), Air Force Weather Agency (AFWA), Naval Research Laboratory (NRL), University of Oklahoma, Federal Aviation Administration (FAA) gibi çeşitli kuruluşlar arasındaki işbirliği ile gerçekleştirilmiştir. Model, bu araştırma grubunun desteğiyle fiziksel, sayısal ve veri asimilasyonu alanlarındaki yenilikleri, hesaplama verimliliği ve esnekliği sayesinde kolayca uygulayabilme yeteneğine sahiptir (Davis vd., 2022).

Modelin başlangıç ve sınır şartları için veriler Avrupa Orta Vadeli Tahminler Merkezi'nden (European Centre For Medium-Range Weather Forecasts, ECMWF) temin edilmektedir (MGM, 2023). Bu merkez sayesinde model uluslararası bir veritabanı kullanarak mikrodalga ve kızılötesi uydu gözlemleri, yersel gözlemler ve radar görüntüleri kullanılarak üretilmektedir .

Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından ECMWF merkezinden elde edilen veriler ve lokal verilerle birlikte analiz edilerek farklı zamansal ve konumsal ölçeklerde sayısal hava tahmin haritaları üretilmekte ve servis edilmektedir (MGM, 2023).

Tez kapsamında öncelikle ECMWF tarafından açık kaynak olarak sağlanan saatlik, 10 km çözünürlüklü WRF verileri incelenmiş, ardından MGM'den saatlik, 3 km çözünürlüklü örnek veri temin edilerek kullanılmıştır.

3.4.5. Python Kodlama Dili

Python'un uyarlanabilirliği, entegrasyon yetenekleri ve otomasyon özellikleri, CBS ile ilgili çeşitli görevlerde verimlilik ve esneklik sunmaktadır. Python, ArcGIS'in analiz ve sorgulama yeteneklerini kullanım amacı doğrultusunda özelleştirmek için kullanılan bir programlama dilidir. ArcGIS'in Python entegrasyonu sayesinde, kullanıcılar otomatik işlemler oluşturabilir, özelleştirilmiş araçlar ve işlevler ekleyebilir, verileri yönetebilir ve konumsal analizler gerçekleştirebilirler (Anbaroğlu, 2021). Python, ArcGIS'in geniş uygulama programlama arayüzü (API) desteği ile birlikte kullanılarak, coğrafi veri işleme ve analizi konularında daha esnek ve etkili çözümler geliştirmek için güçlü bir araç olarak öne çıkmaktadır (Chinnammalu vd., 2019).

4. MODEL ALTYAPISININ OLUŞTURULMASI

Çalışma kapsamında sel-taşkın riskini tahmin edebilmek için statik ve dinamik olarak değerlendirilen 2 tür veri setleri kullanılmıştır. Statik veriler olarak zamana bağlı değişim göstermeyen yada çok uzun dönemlerde ve çok yavaş değişiklik gösteren veriler (eğim, bakı, yükseklik, toprak, jeoloji, akarsuya yakınlık ve arazi kullanımı) kullanılmıştır. Günlük ve hatta saatlik periyotlarda değişiklik gösteren veriler (yağış ve nem) dinamik veri olarak ele alınmıştır.

4.1. Statik Verilerin Hazırlanması

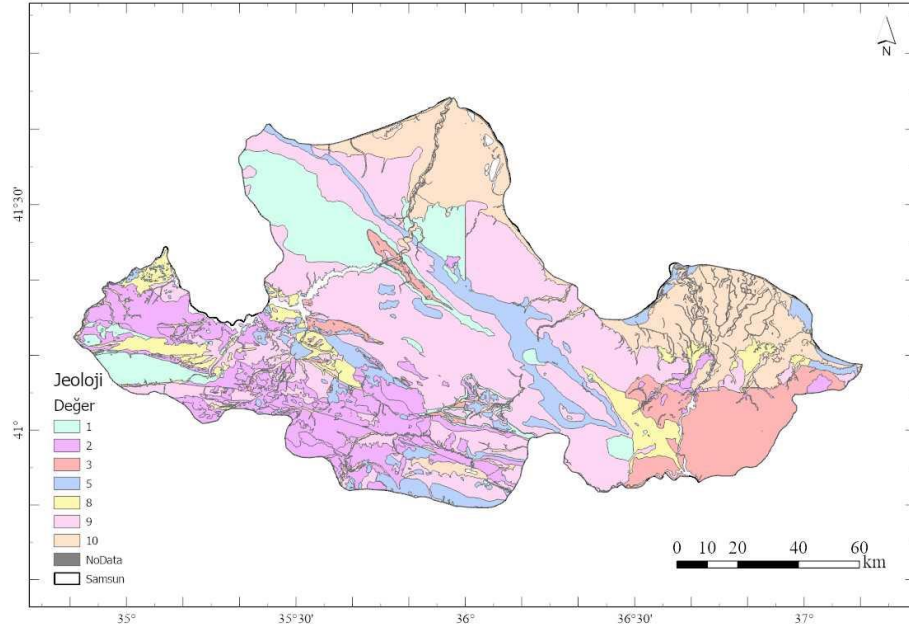
Çalışma kapsamında kullanılan verilerin bir kısmı raster veri olarak temin edilirken, bir kısmı da vektör veri olarak temin edilmiştir. Özellikle vektörel veriler, veri altyapısında sözel özniteliklere de sahiptir. Bu nedenle vektörel veriler yeniden sınıflandırma yöntemiyle çalışmada kullanılacak yöntemlere uygun olacak şekilde, literatürdeki örnekler göz önünde bulundurularak raster veri modeline dönüştürülmüştür. Bu sayede tüm veriler birlikte aynı veri formatında değerlendirilmiştir. Burada tüm veri setlerinin barındırdığı öznitelik gruplarına sayısal değerler atanmıştır. Bu değerler atanırken yüksek riskli gruplar yüksek puan ile, düşük riskli gruplar düşük puan ile puanlanmıştır.

- **Jeoloji verilerinin etki değerleri**

Tablo 4.1. Jeolojik veri öznitelikleri ve puanlaması

ID	SIMGE_ACIK	Puan
1	Aglomera-Andezit-Tüf	2
2	Aglomera-Tüf	2
3	Alüvyon	10
4	Alüvyon Yalpazesi	8
5	Andezit	2
6	Andezit-Aglomera	2
7	Andezit-Proklastik Kaya	2
8	Andezit-Trakit-Dasit	2
9	Bataklık	10
10	Bazalt	1
11	Bazalt-Andezit-Aglomera	3
12	Bazalt-Andezit-Piroklastik Kaya	3
13	Çakıldaşı	2
14	Çakıldaşı-Kumtaşı-Çamurtaşı	2
16	Eski Alüvyon	10
17	Gabro	1
18	Gabro-Levha Dayk	1
20	Jips	1
21	Killi Kireçtaşı	3

22	Kireçtaşı	5
23	Kumtaşı	5
24	Kumtaşı-Çamurtaşı	9
25	Kumtaşı-Çamurtaşı-Kireçtaşı	8
27	Melanj	2
28	Mermer	1
29	Metakumtaşı-Metaçakıltası-Metapelit	1
30	Metavolkanit	1
31	Monzonit	1
32	Monzonit-Gabro	1
33	Plaj	10
34	Serpantinit	1
35	Şist	2
36	Volkanit-Çökel Kaya	1
37	Yamaç Molozu-Birikinti Konisi	1

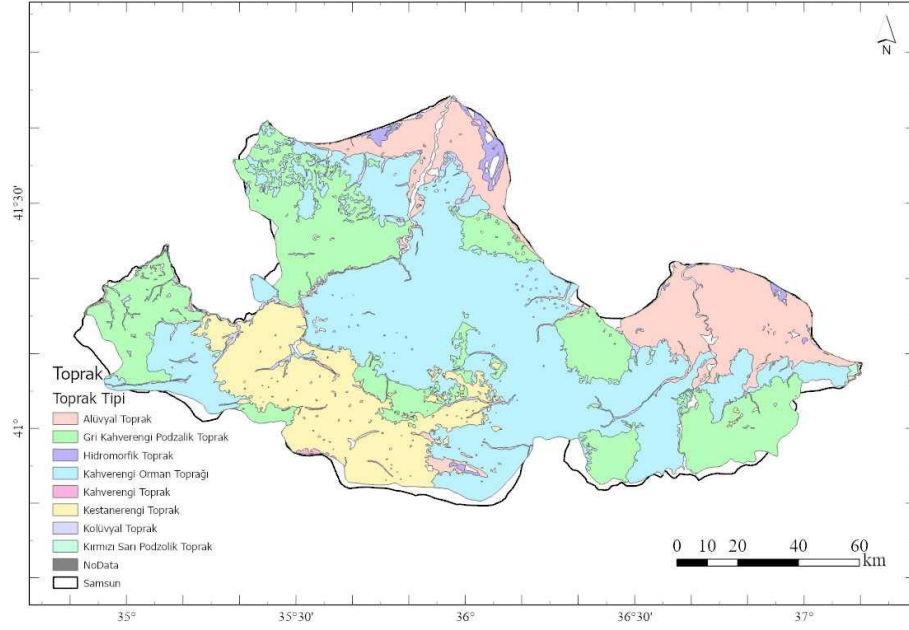


Şekil 4.1. Jeoloji verilerinin puanlama haritası

- **Toprak verilerinin etki değerleri**

Tablo 4.2. Toprak veri öz nitelikleri ve puanlaması

ID	BTG	ADI	Puan
1	A	Alüvyal Toprak	10
2	B	Kahverengi Toprak	2
3	CE	Kestanerengi Toprak	2
4	G	Gri Kahverengi Podzolik Toprak	10
5	H	Hidromorfik Toprak	9
6	K	Kolüvyal Toprak	2
7	M	Kahverengi Orman Toprağı	6
8	P	Kırmızı Sarı Podzolik Toprak	4



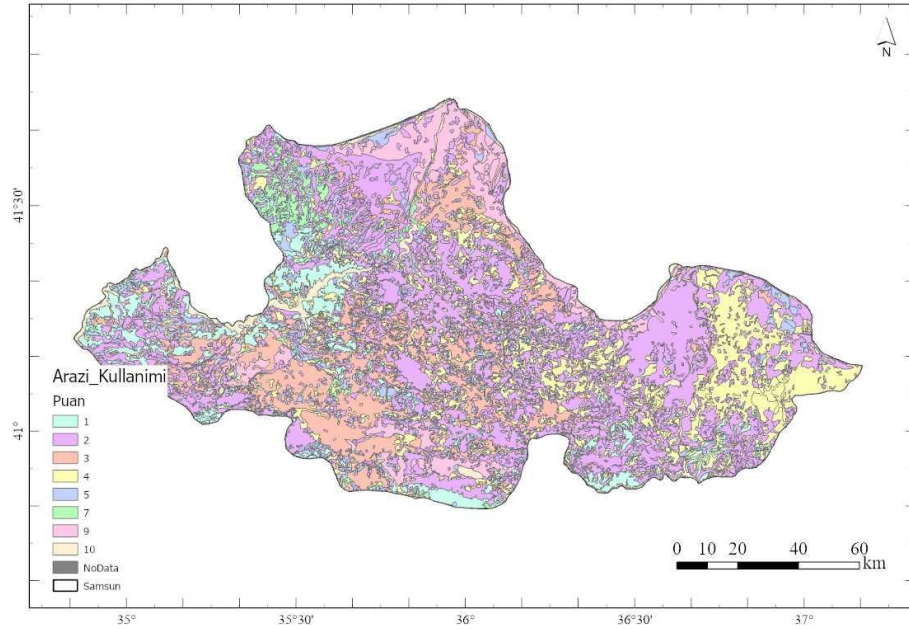
Şekil 4.2. Toprak verilerinin puanlama haritası

- **Arazi Kullanım verilerinin etki değerleri**

Tablo 4.3. Arazi kullanım veri öznetelikleri ve puanlaması

ID	Code_18	Sınıf	Puan
1	111	Sürekli Şehir Yapısı	9
2	112	Kesikli Şehir Yapısı	9
3	121	Endüstriyel veya Ticari Birimler	9
4	122	Karayolları, demiryolları ve ilgili alanlar	9
5	123	Limanlar	9
6	124	Havaalanları	9
7	131	Mineral Çıkarım Sahaları	9
8	132	Boşaltım Sahaları	9
9	133	İnşaat Sahaları	9
10	141	Yeşil Şehir Alanları	9
11	142	Spor ve Eğlence Alanları	9
12	211	Sulanmayan ekilebilir alan	3
13	212	Sulanan ekilebilir alan	9
14	213	Pirinç Tarlaları	5
15	222	Meyve Bahçeleri	4
16	231	Meralar	2
17	242	Sulanmayan karışık tarım alanları	2
18	243	Doğal bitki örtüsü ile birlikte tarım alanları	4
19	311	Geniş Yapraklı Ormanlar	2
20	312	İğne Yapraklı Ormanlar	1
21	313	Karışık Ormanlar	2
22	321	Doğal Çayırliklar	1
23	324	Bitki değişim alanları	5
24	331	Sahiller, kumsallar, kumluklar	10
25	332	Çıplak kaya	1
26	333	Seyrek bitki alanları	7

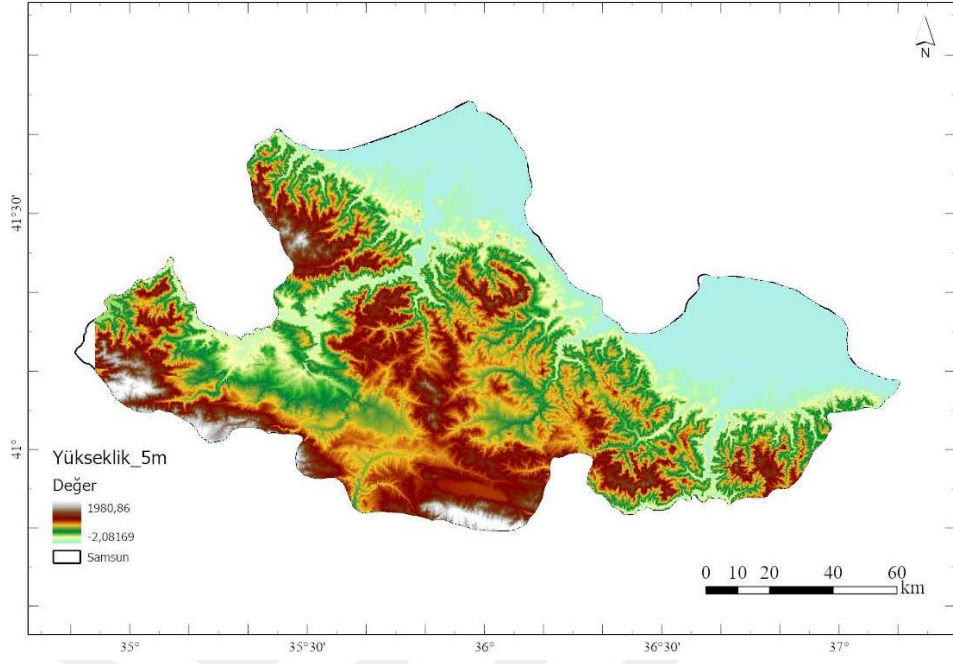
27	411	Bataklıklar	5
28	421	Tuz Bataklığı	9
29	511	Su yolları	10
30	512	Su kütleleri	10
31	521	Kıyı Lagünleri	9
32	523	Deniz ve Okyanus	10



Şekil 4.3. Arazi Kullanım verilerinin puanlama haritası

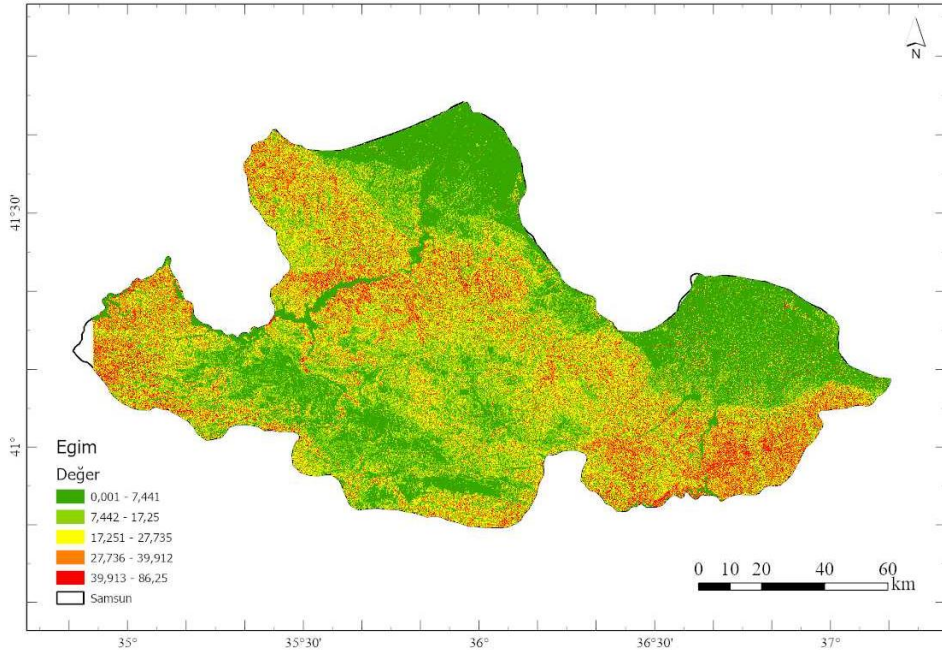
Vektörel veriler etki değerlerine göre yüksek riskli öznelikler yüksek puanla, düşük riskli öznelikler düşük puanla puanlandırıldıktan sonra (Tablo 4.1., Tablo 4.2., Tablo 4.3.) puan değerlerine göre çözümleme yapılarak aynı puana sahip tüm veriler öznelik tablolarında aynı satırlarda toplanmıştır (Şekil 4.1., Şekil 4.2., Şekil 4.3.). Vektörel haritalar yeniden sınıflandırma işlemi ile vektör veri modelinden raster veri modeline dönüştürülmüş, bu sayede tüm veriler aynı veri modelinde birlikte kullanılabilir hale getirilmiştir.

- **Yükseklik verisi**



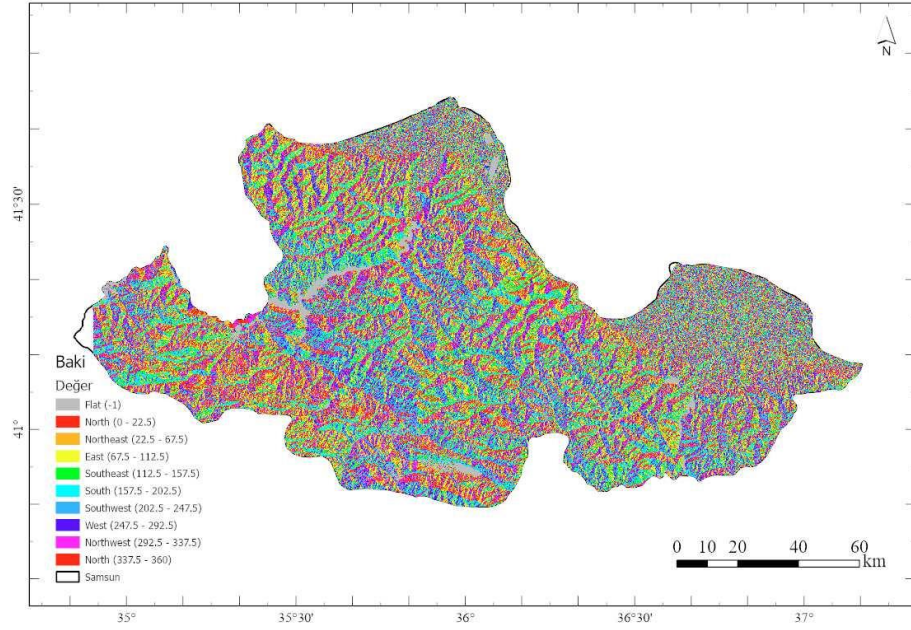
Şekil 4.4. Yükseklik Haritası

- **Eğim verisi**



Şekil 4.5. Eğim Haritası

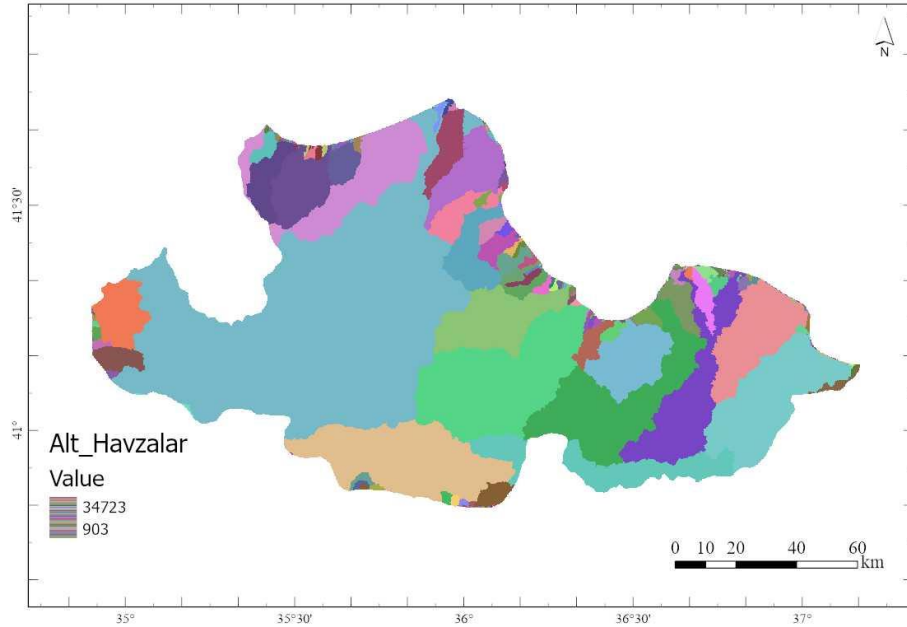
- **Bakı Verisi**



Şekil 4.6. Bakı haritası

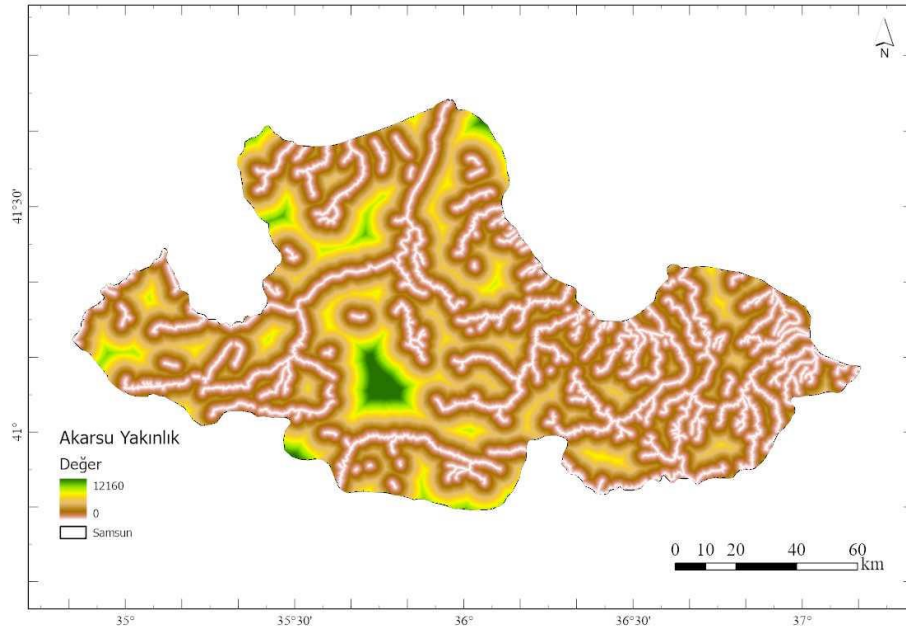
- **Akarsuya yakınlık verisi**

Akarsu yakınlık haritası oluşturulurken SYM kullanılarak hidroloji analizleri yapılmış, alt havzalar belirlenmiştir (Şekil 4.7.).



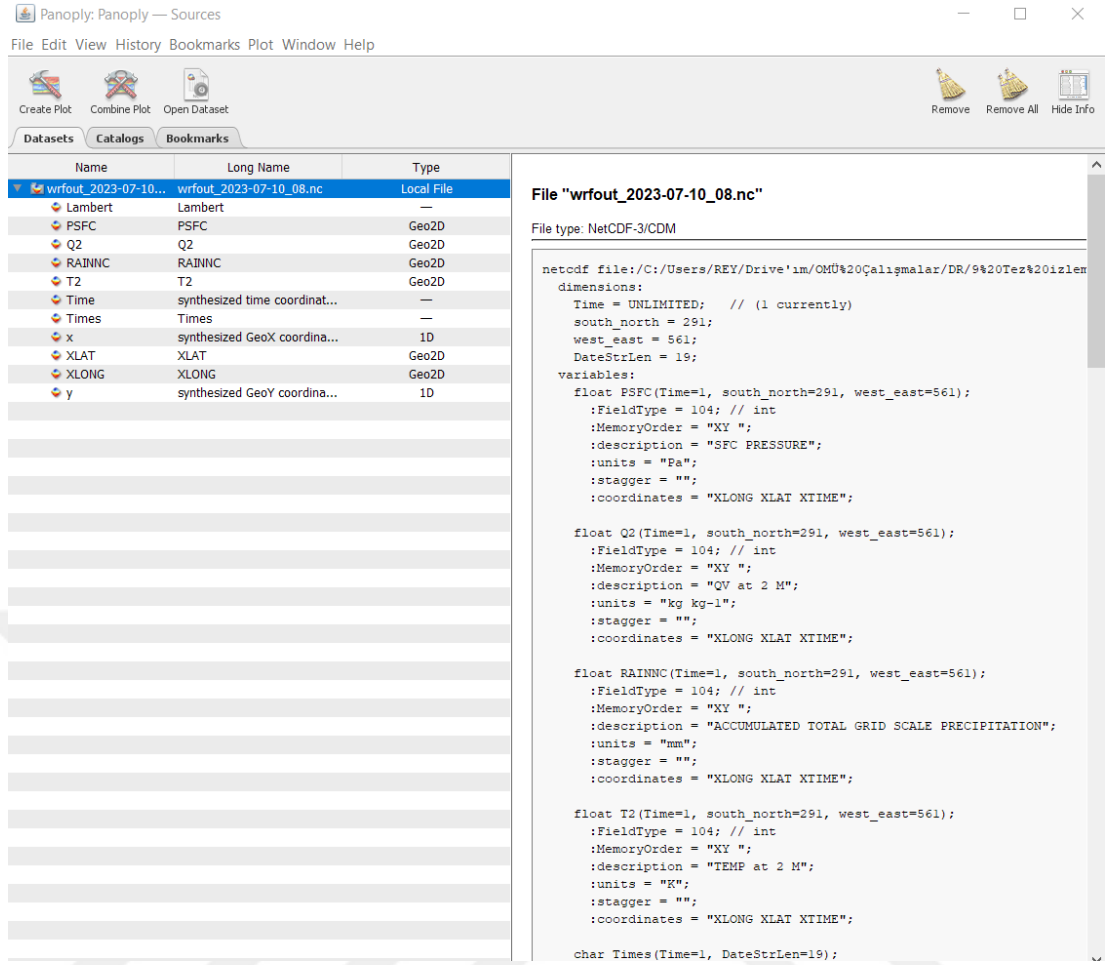
Şekil 4.7. Alt havza haritası

Alt havzalardan akarsu yatakları hesaplanmıştır ve bu akarsulara olan öklit mesafelerine göre akarsuya en yakın konum en yüksek riskli, en uzak konum en düşük riskli olacak şekilde hesaplanmıştır.



Raster veri modelinde veriler çalışma alanı boyutunda kesilerek uygulamada kullanılmaya hazır hale getirilmiştir (Şekil 4.4., Şekil 4.5., Şekil 4.6., Şekil 4.7., Şekil 4.8.).

Çalışma kapsamında dinamik veri olarak MGM'den temin edilen WRF verilerine bağlı olarak hesaplanan yağış ve nem verileri kullanılmıştır. Kullanılan WRF verileri MGM tarafından saatlik olarak üretilen hava tahmin verileridir. Bu çalışma kapsamında MGM'den 10 Temmuz 2023, 11 Temmuz 2023 ve 12 Temmuz 2023 günlerine ait toplam 72 saatlik meteorolojik tahmin verisi temin edilmiştir. Veriler temin edilirken hava raporlarına göre kuvvetli yağış beklenen bir tarih aralığı seçilmiştir.



Şekil 4.9. Panoply uygulaması ile netcdf dosya içeriği

Netcdf formatındaki WRF dosyasını incelediğimizde tüm Türkiye'yi 3x3 km piksel boyutuyla kapsayacak şekilde 291x561 piksel boyutunda bir görüntü oluşturduğu görülmektedir. Her bir piksele ait XLAT ve XLONG (Tablo 4.4. ve Tablo 4.5.) koordinat değerleri verinin içerisinde mevcuttur.

Tablo 4.4. WRF verileri XLAT listesi örneği

Time	south_north	west_east	XLAT
1.688976E9	"1 of 291"	"1 of 561"	35.507145
1.688976E9	"1 of 291"	"2 of 561"	35.508343
1.688976E9	"1 of 291"	"3 of 561"	35.509533
1.688976E9	"1 of 291"	"4 of 561"	35.510696
1.688976E9	"1 of 291"	"5 of 561"	35.511864
	...	...	...
1.6889688E9	"291 of 291"	"560 of 561"	42.30439
1.688976E9	"291 of 291"	"561 of 561"	42.29946

Tablo 4.5. WRF verileri XLONG örneği

Time	south_north	west_east	XLONG
1.688976E9	"1 of 291"	"1 of 561"	25.737701
1.688976E9	"1 of 291"	"2 of 561"	25.77069
1.688976E9	"1 of 291"	"3 of 561"	25.80368
1.688976E9	"1 of 291"	"4 of 561"	25.83667
1.688976E9	"1 of 291"	"5 of 561"	25.86966
...	...	...	...
1.6889688E9	"291 of 291"	"560 of 561"	45.80548
1.688976E9	"291 of 291"	"561 of 561"	45.84134

Benzer şekilde netcdf dosyaları her bir piksel için; PSFC (surface pressure) - yüzey basıncı, Q2 (2-meter specific humidity)- özgül nem, T2 (2-meter temperature)- sıcaklık ve RAINNC-yağış ve diğer parametrik verileri içermektedir. Her bir veri boyutu ayrı bir sütunda bulunmaktadır (Tablo 4.6., Tablo 4.7., Tablo 4.8. ve Tablo 4.9).

Tablo 4.6. WRF verileri PSFC örneği

Time	south_north	west_east	PSFC
1.688976E9	"1 of 291"	"1 of 561"	101604.984
1.688976E9	"1 of 291"	"2 of 561"	101596.95
1.688976E9	"1 of 291"	"3 of 561"	101588.875
1.688976E9	"1 of 291"	"4 of 561"	101580.99
...	...	...	...
1.688976E9	"291 of 291"	"560 of 561"	73093.79
1.688976E9	"291 of 291"	"561 of 561"	71717.07

Tablo 4.7. WRF verileri Q2 örneği

Time	south_north	west_east	Q2
1.688976E9	"1 of 291"	"1 of 561"	0.015427874
1.688976E9	"1 of 291"	"2 of 561"	0.015344282
1.688976E9	"1 of 291"	"3 of 561"	0.01547767
1.688976E9	"1 of 291"	"4 of 561"	0.0155869825
1.688976E9	"1 of 291"	"5 of 561"	0.015401753
...	...	...	...
1.688976E9	"291 of 291"	"560 of 561"	0.009937457
1.688976E9	"291 of 291"	"561 of 561"	0.010224369

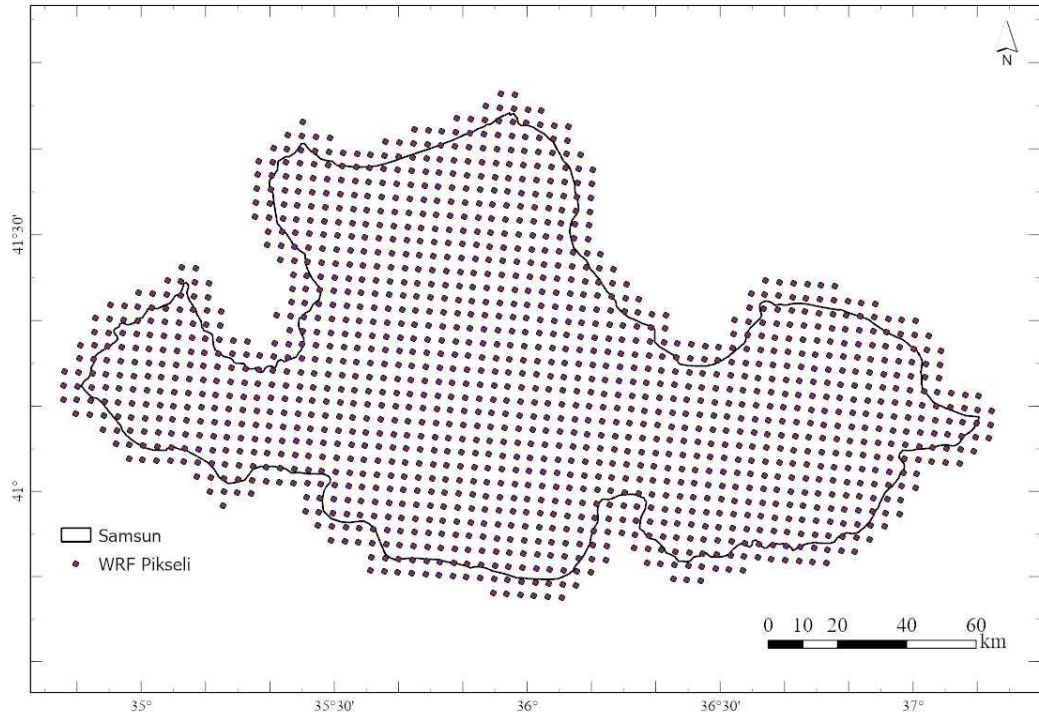
Tablo 4.8. WRF verileri T2 örneği

Time	south_north	west_east	T2
1.688976E9	"1 of 291"	"1 of 561"	298.42758
1.688976E9	"1 of 291"	"2 of 561"	298.45657
1.688976E9	"1 of 291"	"3 of 561"	298.42645
1.688976E9	"1 of 291"	"4 of 561"	298.4302
1.688976E9	"1 of 291"	"5 of 561"	298.4995
...	...	...	...
1.688976E9	"291 of 291"	"560 of 561"	284.66922
1.688976E9	"291 of 291"	"561 of 561"	283.57574

Tablo 4.9. WRF verileri RAINNC örneği

Time	south_north	west_east	RAINNC
1.688976E9	"1 of 291"	"1 of 561"	0.0
1.688976E9	"1 of 291"	"2 of 561"	0.0
1.688976E9	"1 of 291"	"3 of 561"	0.0
1.688976E9	"1 of 291"	"4 of 561"	0.0
1.688976E9	"1 of 291"	"5 of 561"	0.0
...	...	...	...
1.688976E9	"291 of 291"	"560 of 561"	0.13456051
1.688976E9	"291 of 291"	"561 of 561"	0.20271593

MGM'den temin edilen veriler tüm Türkiye kapsamında olup 163251 noktadan meydana gelmektedir. Veriler çalışma alanı ve yakın çevresini kapsayacak şekilde kesilerek 1427 adet nokta çalışmada kullanılmıştır. Kullanılan nokta verisi CBS ortamına aktarılmıştır (Şekil 4.10.). Birden çok boyuta sahip verileri (multidimensional raster layer) CBS ortamında işleyebilmek için farklı boyutları öznitelik tablosu içerisinde barındıran nokta veri katmanı üretilmiştir (Tablo 4.10.).



Şekil 4.10. WRF verileri

Tablo 4.10. WRF nokta verileri öznitelik tablosu örneği

ID	west_east	south_north	PSFC	Q2	RAINNC	T2
1	1	1	101501,7656	0,01515976	0	298,1362
2	2	1	101495,5078	0,015155484	0	298,1361694
3	3	1	101487,5703	0,015157134	0	298,1478882
4	4	1	101478,9063	0,015164819	0	298,1643066
5	5	1	101470,5	0,015175918	0	298,177887
...	...	...	...	...	...	...
1426	294	237	100831	0,014073	0	294,5893
1427	293	237	100838,9	0,01410047	0	294,6167

Veri tabanı içerisine aktarılan veri sınıfları (feature class) öznitelik tablosunda yer alan veriler (farklı bilgiler içeren sütunlar) kullanılarak enterpolasyon yöntemlerinden ters mesafe ağırlıklandırma analizi (IDW) ile istenilen veriler raster formatında üretilip, ardından çalışma alanı boyutlarında kesilmiştir.

4.2.1. Nem Verilerinin Hazırlanması

MGM'den temin edilen WRF verileri içerisinde Q2, PSFC, T2 verilerini içermektedir. MGM tarafından sağlanan formüle göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak nem verisi hesaplanmaktadır.

$$f_{rh_2} = q_2 / ((pq_0 / psfc) * \exp(a_2 * (t_2 - a_3) / (t_2 - a_4))) \quad (4.1)$$

Göreceli nem, bir hava kümesindeki su buharı miktarının o hava kümesinin doymuş su buharı miktarına oranını ifade eder. Yukardaki formül ile çeşitli meteorolojik değişkenler kullanarak göreceli nem hesaplamasını yapar.

q_2 : WRF (Weather Research and Forecasting) modelinin Q_2 değişkeninden gelen su buharı miktarını temsil eder.

t_2 : WRF modelinin T_2 değişkeninden gelen sıcaklık değerini temsil eder.

$psfc$: WRF'den gelen yüzey basınç değerini ifade eder.

pq_0 : 379.90516 su buharının doymuş buhar basıncını temsil eder.

a_2 : 17.2693882 sabit değeri, su buharının doymuş buhar basıncının sıcaklıkla nasıl değiştiğini gösterir.

a_3 : 273.16 sabit değeri, kelvin cinsinden mutlak sıcaklık olan 0 derece Celsius'a karşılık gelir.

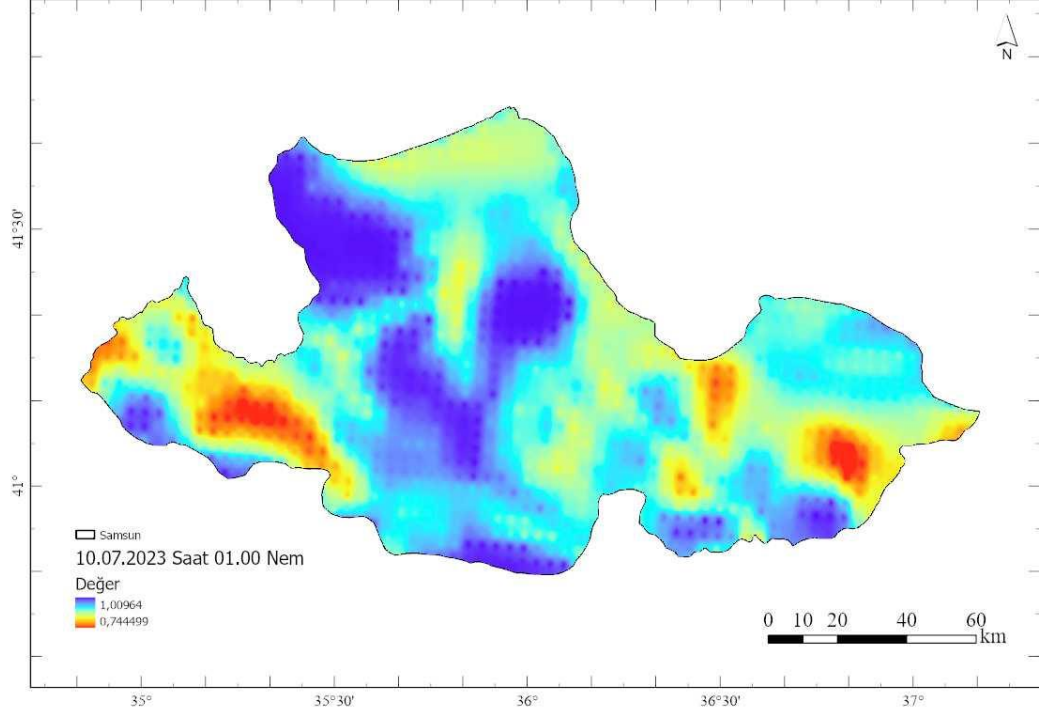
a_4 : 35.86 sabit değeri, su buharının doymuş buhar basıncının sıcaklıkla değişimini belirlemek için kullanılır.

Sonuç olarak, WRF modeli tarafından sağlanan su buharı, sıcaklık ve yüzey basınç verilerini kullanarak belirli bir zamanda ve konumda göreceli nem değerini hesaplanmıştır. Hesaplanan nem verisi öznitelik tablosunda “nem” adında oluşturulan sütuna kaydedilmiştir (Tablo 4.11.).

Tablo 4.11. Öznitelik tablosunda nem sütunu hesaplanması

ID	west_east	south_north	PSFC	Q2	RAINNC	T2	nem
1	300	201	87452,66	0,011082	0	288,0978	0,917414
2	299	201	87337,8	0,010806	0	287,4855	0,929397
3	298	201	86168,87	0,010621	0	286,9927	0,930493
4	297	201	84929,43	0,010547	0	286,7908	0,922796
...	...	...	...	...	...	...	...
1426	294	237	100831	0,014073	0	294,5893	0,893564
1427	293	237	100838,9	0,01410047	0	294,6167	0,893857

Üretilen “nem” sütunundaki veriler kullanılarak IDW yöntemi ile saatlik nem haritası oluşturulmuştur. Bu işlem her bir saate ait veri için tekrarlanmış her saate ait nem haritası elde edilmiştir (Şekil 4.11.).



Şekil 4.11. 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 nem tahmin haritası

4.2.2. Yağış Verilerinin Hazırlanması

WRF verileri içerisindeki RAINNC sütunundaki veriler kümülatif yağış değerini vermektedir. Saatlik yağış değerini elde etmek için WRF içerisindeki RAINNC verilerinden bir önceki saate ait WRF içerisindeki RAINNC verilerini çıkartarak 1 saatlik yağış verisi elde edilmiştir.

Bu işlem için öncelikle her bir saate ait wrf verisi öznitelik tablosunda “yagis” sütunu oluşturulmuştur. Ardından sütun hesaplayıcı modülü ile o saate ait RAINNC sütunu ve bir önceki saate ait RAINNC sütunlarının farkı alınarak saatlik yağış sütunu hesaplanmıştır (Tablo 4.12.). Elde edilen saatlik yağış sütunu kullanılarak IDW analizi ile ilgili saate ait yağış haritası üretilmiştir.

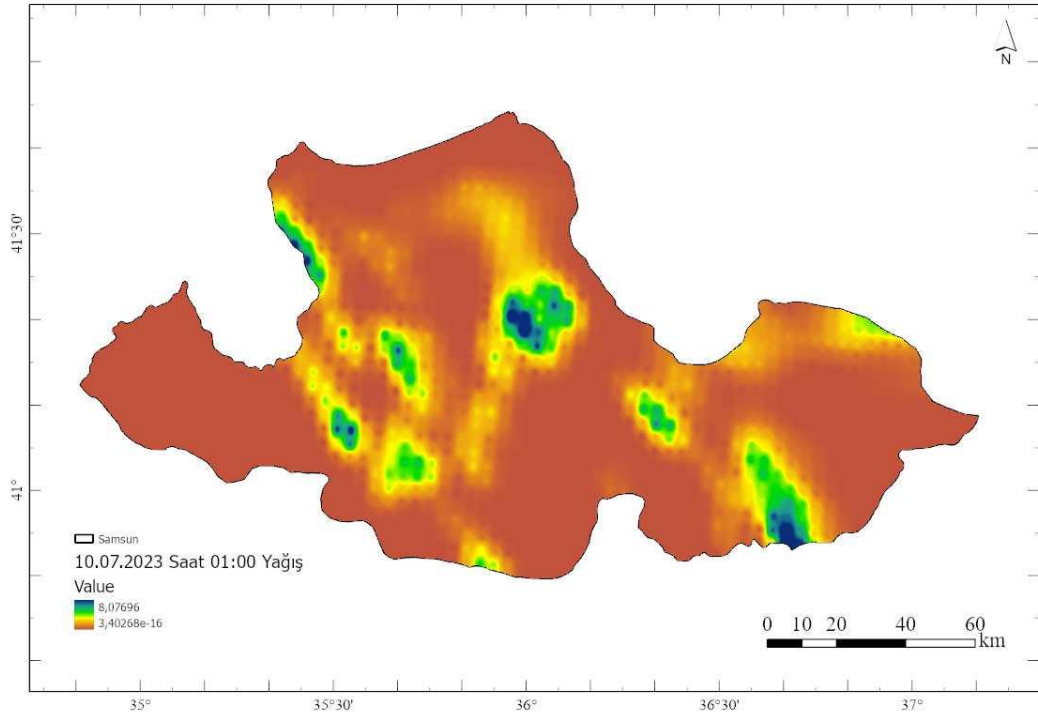
Tablo 4.12. 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 saatlik yağış tahmin veri tabanı örneği

ID	west _east	south_ north	PSFC	Q2	RAINNC	T2	nem	yagis
1	300	201	87631,59	0,011527	3,333055	289,98	0,847747	1,098269
2	299	201	87479,77	0,01134	5,428213	289,4336	0,862005	1,049406

3	298	201	86303,14	0,011088	7,637543	287,8717	0,91914	0,732646
4	297	201	85093,18	0,010803	11,29254	286,3243	0,976226	0,953127
5	296	201	84270,7	0,010561	15,35933	285,4683	0,999673	0,700513
...	...	...	...	...	...	...	...	...
1426	294	237	100831	0,014073	0	294,5893	0,893564	0
1427	293	237	100838,9	0,0141004	0	294,6167	0,893857	0

7

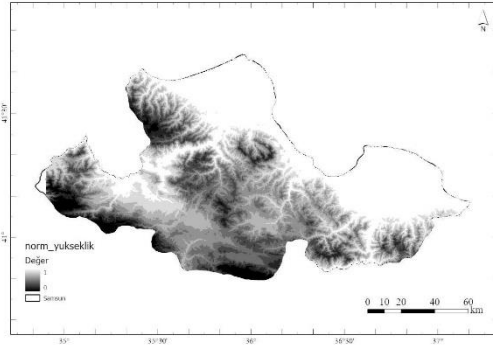
Üretilen “yağış” sütunundaki veriler kullanılarak IDW yöntemi ile saatlik nem haritası oluşturulmuştur. Bu işlem her bir saate ait veri için tekrarlanmış her saate ait yağış haritası üretilip veri tabanına kaydedilmiştir (Şekil 4.12.).



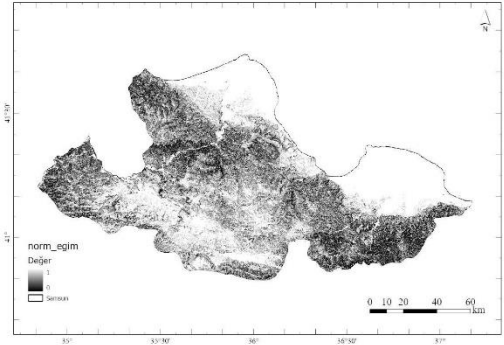
4.3. Verilerin Normalizasyonu

Normalizasyon, değerlendirme için kullanılan kriterlerin karşılaştırılabilir bir ölçekte olmasını sağladığı için çok kriterli çalışmalarda kriterlerin birlikte değerlendirilmesinde önemli bir adımdır. Çalışma kapsamında kullanılan veriler raster veri modeline dönüştürülmüş, ancak farklı piksel değeri aralığına sahiptir. Bu nedenle tüm verilerin birlikte kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla tümü 0-1 aralığına indirgenmiştir (Şekil 4.13.). Veriler normalize edilirken 0 en düşük etkiyi gösteren, 1 en yüksek etkiyi gösteren olacak şekilde hesaplanmıştır. Yükseklik verisi için; 0 en düşük etkiyi gösteren en yüksek yükseklikken, en yüksek etkiyi göstereceği düşünülen

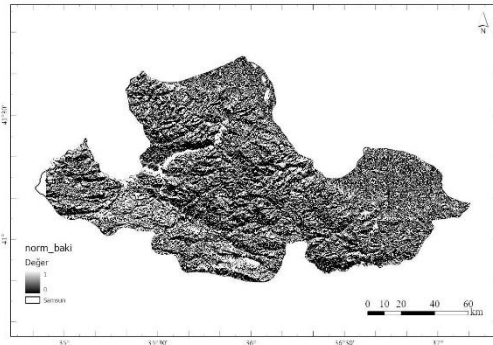
en düşük yükseklik 1 olarak hesaplanmıştır. Eğim verisi için; en yüksek eğim 0, en düşük eğim 1 olarak hesaplanmıştır. Bölgenin topoğrafyası göz önüne alınarak bakı verisi için; güney cepheler 0, kuzey cepheler 1 olarak hesaplanmıştır. Akarsuya yakınlık verisi için; en uzak nokta 0, en yakın nokta 1 olarak hesaplanmıştır. Jeoloji, toprak ve arazi kullanımı verileri için; özneteliklerin gösterecekleri etki değerlerine göre düşükten yükseğe 0-1 aralığında hesaplanmıştır. Dinamik veriler olan nem ve yağış için; en düşük değer 0, en yüksek değer 1 olacak şekilde hesaplanmıştır.



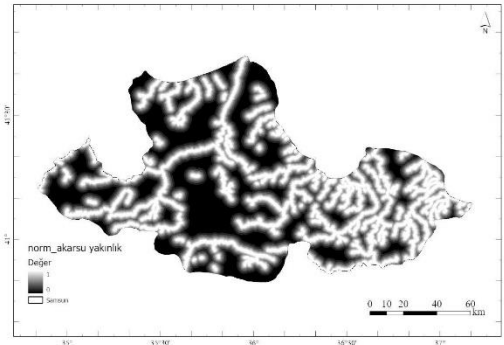
a) Yükseklik



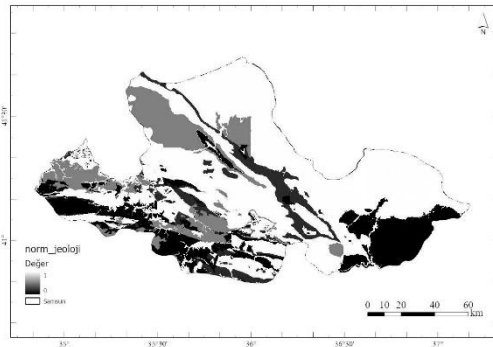
b) Eğim



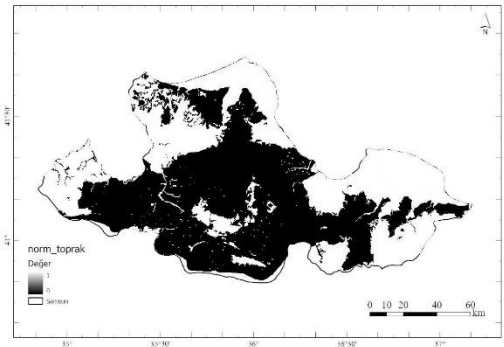
c) Bakı



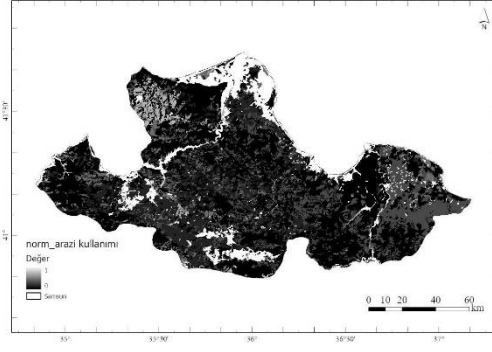
d) Akarsuya Yakınlık



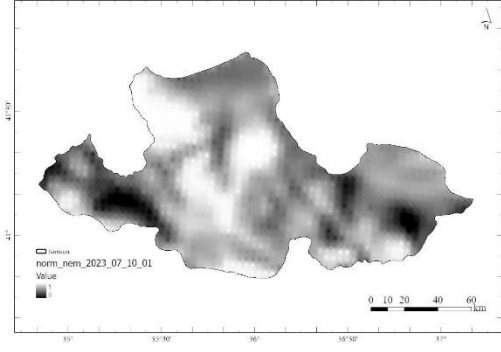
e) Jeoloji



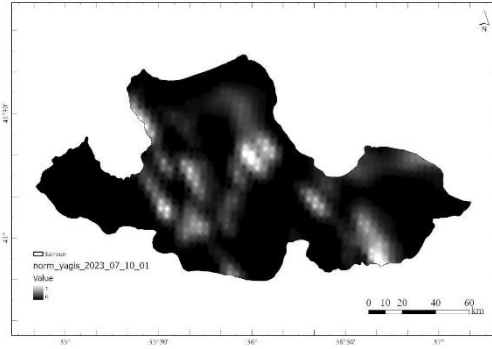
f) Toprak



g) Arazi Kullanımı



h) Nem (dinamik veri)



i) Yağış (dinamik veri)

Şekil 4.13. Normalize edilmiş veriler

4.4. Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Çalışma kapsamında kriter ağırlıklarını belirlemek için, farklı disiplinlerde çalışan, alanında uzman 5 KV belirlenmiştir. AHP ve KBDTS yöntemlerinde aynı uzman KV'lerin görüşlerine başvurulmuştur, bu sayede uzman görüşünden kaynaklanacak farklılıkların önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

4.4.1. AHP ile Ağırlıkların Belirlenmesi

AHP ile kriter ağırlıklarını belirlemek için uzmanlar ile yapılan görüşmelerde problem, amaç ve kriterler açıklanmış, uzman görüşlerine başvurularak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur. Uzmanlar Saaty ikili karşılaştırma ölçeği'ne göre kararlarını iletmişlerdir.

Uzman görüşleriyle elde edilen ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 4.13.'deki gibidir.

Tablo 4.13. AHP İkili karşılaştırma matrisleri

	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-1	1-Yükseklik	1	1/7	1/2	1/8	1/4	1/6	1/3	1/3	1/5
	2-Eğim	7	1	6	2	4	2	4	6	3
	3-Bakı	2	1/6	1	1/7	1/4	1/5	1/3	1/3	1/5
	4-Yağış	8	1/2	7	1	5	4	6	6	4
	5-Nem	4	1/4	4	1/5	1	1/2	2	3	1/2
	6-A.K.	6	1/2	5	1/4	2	1	3	3	1/2
	7-Toprak	3	1/4	3	1/6	1/2	1/3	1	2	1/3
	8-Jeoloji	3	1/6	3	1/6	1/3	1/3	1/2	1	1/4
	9-Akarsu Y.	5	1/3	5	1/4	2	2	3	4	1
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-2	1-Yükseklik	1	1/7	5	1/5	3	1/3	1/5	3	1/7
	2-Eğim	7	1	7	2	5	3	5	3	5
	3-Bakı	1/5	1/7	1	1/7	2	1/5	1/5	1/3	1/7
	4-Yağış	5	1/2	7	1	7	5	5	7	3
	5-Nem	1/3	1/5	1/2	1/7	1	1/4	1/3	3	1/5
	6-A.K.	3	1/3	5	1/5	4	1	3	4	3
	7-Toprak	5	1/5	5	1/5	3	1/3	1	5	1/3
	8-Jeoloji	1/3	1/3	3	1/7	1/3	1/4	1/5	1	1/5
	9-Akarsu Y.	7	1/5	7	1/3	5	1/3	3	5	1
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-3	1-Yükseklik	1	1/6	3	1/6	3	1/3	1/5	1/4	1/3
	2-Eğim	6	1	5	2	7	2	3	2	1/4
	3-Bakı	1/3	1/5	1	1/7	1	1/6	1/3	1/4	1/5
	4-Yağış	6	1/2	7	1	8	5	3	4	3
	5-Nem	1/3	1/7	1	1/8	1	1/4	1/5	1/4	1/5
	6-A.K.	3	1/2	6	1/5	4	1	3	2	1/2
	7-Toprak	5	1/3	3	1/3	5	1/3	1	2	1/2
	8-Jeoloji	4	1/2	4	1/4	4	1/2	1/2	1	1/3
	9-Akarsu Y.	3	4	5	1/3	5	2	2	3	1
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-4	1-Yükseklik	1	1/5	1/3	1/9	1/6	1/4	1/4	1/3	1/7
	2-Eğim	5	1	8	2	6	5	5	4	3
	3-Bakı	3	1/8	1	1/9	1/3	1/4	1/4	1/3	1/7
	4-Yağış	9	1/2	9	1	8	7	7	6	5
	5-Nem	6	1/6	3	1/8	1	1/2	1/3	1/2	1/5
	6-A.K.	4	1/5	4	1/7	2	1	2	3	1/4
	7-Toprak	4	1/5	4	1/7	3	1/2	1	3	1/2
	8-Jeoloji	3	1/4	3	1/6	2	1/3	1/3	1	1/5
	9-Akarsu Y.	7	1/3	7	1/5	5	4	2	5	1
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-5	1-Yükseklik	1	1/7	1/3	1/7	1/6	1/3	1/4	1/4	1/6
	2-Eğim	7	1	8	1/2	6	7	6	6	3
	3-Bakı	3	1/8	1	1/7	1/6	1/5	1/4	1/4	1/7
	4-Yağış	7	2	7	1	6	7	6	6	4
	5-Nem	6	1/6	6	1/6	1	4	5	5	1/3
	6-A.K.	3	1/7	5	1/7	1/4	1	3	2	1/4
	7-Toprak	4	1/6	4	1/6	1/5	1/3	1	2	1/4
	8-Jeoloji	4	1/6	4	1/6	1/5	1/2	1/2	1	1/4
	9-Akarsu Y.	6	1/3	7	1/4	3	4	4	4	1

İkili karşılaştırma matrisleri oluşturulduktan sonra matrislerin geometrik ortalaması alınmıştır. Bu sayede A matrisi elde edilmiştir (Tablo 4.14.).

Tablo 4.14. İkili karşılaştırma matrisleri geometrik ortalaması (A) matrisi

	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
A	1-Yükseklik	1,00	0,16	1,83	0,15	1,32	0,28	0,25	0,83	0,20
	2-Eğim	6,29	1,00	6,80	1,70	5,60	3,80	4,60	4,20	2,85
	3-Bakı	0,55	0,17	1,00	0,14	0,75	0,20	0,27	0,30	0,17
	4-Yağış	6,71	0,50	7,00	1,00	6,80	5,60	5,40	5,80	3,80
	5-Nem	0,76	0,25	4,00	0,20	1,00	1,10	1,57	2,35	0,29
	6-A.K.	3,53	0,50	5,00	0,25	2,00	1,00	2,80	2,80	0,90
	7-Toprak	4,05	0,25	3,00	0,17	0,50	0,36	1,00	2,80	0,38
	8-Jeoloji	1,20	0,17	3,00	0,17	0,33	0,36	0,36	1,00	0,25
	9-Akarsu Y.	5,07	0,33	5,00	0,25	2,00	1,11	2,61	4,05	1,00

$$a_{ij}' = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.2)$$

eşitliği kullanılarak ikili karşılaştırma matrisi normalize edilmiştir (Tablo 4.15.).

Tablo 4.15. Normalize ikili karşılaştırma matrisi

	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
	1-Yükseklik	0,03	0,05	0,05	0,04	0,06	0,02	0,01	0,03	0,02
	2-Eğim	0,22	0,30	0,19	0,42	0,28	0,28	0,24	0,17	0,29
	3-Bakı	0,02	0,05	0,03	0,03	0,04	0,01	0,01	0,01	0,02
	4-Yağış	0,23	0,15	0,19	0,25	0,33	0,41	0,29	0,24	0,39
	5-Nem	0,03	0,08	0,11	0,05	0,05	0,08	0,08	0,10	0,03
	6-A.K.	0,12	0,15	0,14	0,06	0,10	0,07	0,15	0,12	0,09
	7-Toprak	0,14	0,08	0,08	0,04	0,02	0,03	0,05	0,12	0,04
	8-Jeoloji	0,04	0,05	0,08	0,04	0,02	0,03	0,02	0,04	0,03
	9-Akarsu Y.	0,17	0,10	0,14	0,06	0,10	0,08	0,14	0,17	0,10

$$w_i = \left(\frac{1}{n} \right) \sum_{i=1}^n a_{ij}', \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4.3)$$

eşitliği, normalize ikili karşılaştırma matrisi üzerinde hesaplanarak öz vektör (öncelik vektörü) elde edilmiştir (Tablo 4.16.).

Tablo 4.16. Öz vektör

w_i
0,04
0,26
0,03
0,27
0,07
0,11
0,07
0,04
0,12

$$w' = Aw = \begin{bmatrix} w_1' \\ w_2' \\ \dots \\ \dots \\ w_n' \end{bmatrix} \quad (4.4)$$

eşitliği ile w' özdeğer hesaplanır.

Tablo 4.17. Özdeğer vektörü

w'_i
0,36
2,74
0,25
2,91
0,68
1,10
0,62
0,36
1,16

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\sum_{j=1}^n a_{ij} w_j}{w_i} \right) \quad (4.5)$$

eşiliği ile $\lambda_{\max}$ hesaplanır.

$\lambda_{\max} = 10,14510235$ olarak hesaplanmıştır.

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (4.6)$$

eşitliğinde $\lambda_{\max}$ yerine koyulur. n kriter sayısı 9 alınır.

$CI = 0,143137794$ olarak hesaplanmıştır.

Tablo 4.18. Çalışmada kullanılan RI değeri

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0.52	0.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

Tabloya göre RI değeri n=9 için 1.45 olarak seçilir.

$CR = \frac{CI}{RI}$ eşitliği ile CR hesaplanır.

$CR = 0,09871572$ olarak hesaplanmıştır.

CR değeri 0,10'dan küçük çıktığı için hesaplamalar tutarlı kabul edilmiştir (Saaty, 2004). Hesaplama tutarlı olduğu için önceki adımlarda hesaplanan ağırlık vektörü, öz vektör AHP yönteminde elde edilen ağırlıklar olarak kullanılır (Tablo 4.19.).

Tablo 4.19. AHP yöntemiyle elde edilen ağırlıklar

Kriter	W_i
1-Yükseklik	0,035
2-Eğim	0,264
3-Bakı	0,025
4-Yağış	0,274
5-Nem	0,066
6-A.K.	0,110
7-Toprak	0,066
8-Jeoloji	0,038
9-Akarsu Y.	0,117

4.4.2. KBDTS ile Ağırlıkların Belirlenmesi

KBDTS yönteminde AHP'de olduğu gibi KV'lerin tercihlerine başvurulmuştur. Ancak KV'lerden kriter değerlendirmesi için tek bir rakam yerine dilsel bir terim seti içerisinde seçim yapması ve seçim yaparken bulanıklık olması durumunda tekli terim, ikili terim ve bağlaç gibi serbest içerikli terim seti kullanmasına müsaade edilir. Bu sayede KV bir karar verirken 1, 3, 5, 7 yada 9 puanlaması gibi tek bir seçenek yerine, önemsiz, çok düşük önemli, düşük önemli, orta düzey önemli, yüksek önemli, çok yüksek önemli ve kesinlikle önemli gibi dilsel terimlerin yanında en fazla düşük önemde, yüksek önem ve çok yüksek önem arasında, en az yüksek önemli, düşük önemden daha düşük, yüksek önemden daha yüksek yada orta düzey önem ve yüksek önem gibi çok daha alternatifli bir seçim alternatiflerine sahiptir. Dilsel terimlerle oluşturulan karşılaştırmalar çeşitli hesaplarla ağırlık hesabında kullanılmaktadır.

Tablo oluşturulurken kullanılan kısaltmalar; önemsiz (öz), çok düşük önem (çdö), düşük önem (dö), orta düzey önem (odö), yüksek önem (yö), çok yüksek önem (çyö), kesinlikle önemli (kö)'dir.

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 4.20.'de verilmiştir.

Tablo 4.20. KBDTS ikili karşılaştırma matrisi

	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-1	1-Yükseklik	-	çdö	çyö	en fazla çdö	odö	dö	dö-odö arası	çyö	dö-odö arası
	2-Eğim	çyö	-	en az çyö	odö	odö	en fazla odö	yö	en az yö	odö
	3-Bakı	çdö	en fazla çdö	-	en fazla çdö	dö	çdö	en fazla odö	odö	dö
	4-Yağış	en az çyö	odö	en az çyö	-	yö	yö	en az çyö	çyö	yö
	5-Nem	odö	odö	yö	dö	-	dö	dö-odö arası	odö	dö-odö arası
	6-Arazi Kullanımı	yö	en az odö	çyö	dö	yö	-	odö-yö arası	yö-çyö arası	odö
	7-Toprak	odö-yö arası	dö	en az odö	en fazla çdö	odö-yö arası	dö-odö arası	-	dö-odö arası	dö
	8-Jeoloji	çdö	en fazla dö	odö	odö	odö	çdö-dö arası	odö-yö arası	-	çdö
	9-Akarsu Yak.	odö-yö arası	odö	yö	yö	odö-yö arası	odö	yö	çyö	-
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-2	1-Yükseklik	-	dö	çyö	dö	yö	dö-odö arası	dö-odö arası	çyö	çdö-dö arası
	2-Eğim	yö	-	çyö	odö-yö arası	çyö	yö-çyö arası	yö	yö-çyö arası	yö
	3-Bakı	çdö	çdö	-	çdö	yö	dö	dö	odö	çdö
	4-Yağış	yö	dö-odö arası	çyö	-	çyö	yö-çyö arası	yö	yö-çyö arası	odö
	5-Nem	dö	çdö	dö	çdö	-	dö	odö-yö arası	yö-çyö arası	çdö
	6-Arazi Kullanımı	odö-yö arası	çdö-dö arası	yö	çdö-dö arası	yö	-	odö-yö arası	yö-çyö arası	odö-yö arası
	7-Toprak	odö-yö arası	dö	yö	dö	odö	dö-odö arası	-	yö	dö
	8-Jeoloji	çdö	çdö-dö arası	odö	çdö-dö arası	dö	dö	dö	-	çdö-dö arası
	9-Akarsu Yak.	yö-çyö arası	dö	çyö	odö	çyö	dö-odö arası	yö	yö-çyö arası	-
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-3	1-Yükseklik	-	çdö	dö	öz	yö	çdö-dö arası	öz	dö-odö arası	dö
	2-Eğim	çyö	-	çyö	odö	en az çyö	yö	yö	yö	odö-yö arası
	3-Bakı	yö	çdö	-	çdö	dö	en fazla çdö	dö	dö	dö
	4-Yağış	kö	odö	çyö	-	kö	yö	yö-çyö arası	yö	odö-yö arası
	5-Nem	dö	en az çyö	yö	öz	-	çdö	dö	dö	çdö
	6-Arazi Kullanımı	yö-çyö arası	dö	en az çyö	dö	çyö	-	odö-yö arası	odö	dö-odö arası
	7-Toprak	çyö	dö	yö	çdö-dö arası	yö	dö-odö arası	-	odö	odö-yö arası
	8-Jeoloji	odö-yö arası	dö	yö	dö	yö	odö	odö	-	dö
	9-Akarsu Yak.	yö	dö-odö arası	yö	dö-odö arası	çyö	odö-yö arası	dö-odö arası	yö	-

Tablo 4.20. (devamı);

	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-4	1-Yükseklik	-	çdö-dö arası	çdö	öz	öz-çdö arası	dö	dö	dö-odö arası	en fazla çdö
	2-Eğim	yö-çyö arası	-	kö	odö-yö arası	yö-çyö arası	yö	yö	odö-yö arası	odö
	3-Bakı	çyö	öz	-	öz	dö	çdö-dö arası	çdö-dö arası	dö	öz-çdö arası
	4-Yağış	kö	dö-odö arası	kö	-	en az çyö	çyö-kö arası	çyö	yö-çyö arası	çyö
	5-Nem	çyö-kö	çdö-dö arası	yö	en fazla çdö	-	dö-odö arası	dö	dö-odö arası	çdö
	6-Arazi Kullanımı	yö	dö	yö-çyö arası	öz-çdö arası	odö-yö arası	-	odö-yö arası	yö	çdö-dö arası
	7-Toprak	yö	dö	yö-çyö arası	çdö	yö	dö-odö arası	-	yö	dö-odö arası
	8-Jeoloji	odö-yö arası	dö-odö arası	yö	odö-yö arası	odö-yö arası	dö	dö	-	çdö
	9-Akarsu Yak.	en az çyö	odö	çyö-kö arası	çdö	çyö	yö-çyö arası	odö-yö arası	çyö	-
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-Arazi Kullanımı	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-5	1-Yükseklik	-	çdö	dö	en fazla çdö	çdö	dö	çdö-dö arası	çdö-dö arası	çdö
	2-Eğim	çyö	-	çyö	dö-odö arası	yö	yö-çyö arası	çyö	çyö	odö-yö arası
	3-Bakı	yö	çdö	-	öz-çdö arası	çdö	dö	çdö-dö arası	çdö-dö arası	çdö
	4-Yağış	en az çyö	odö-yö arası	çyö-kö arası	-	yö	çyö	en az yö	en az yö	odö-yö arası
	5-Nem	çyö	dö	çyö	dö	-	yö	odö-yö arası	odö-yö arası	dö
	6-Arazi Kullanımı	yö	çdö-dö arası	yö	çdö	dö	-	odö-yö arası	odö-yö arası	çdö-dö arası
	7-Toprak	yö-çyö arası	çdö	yö-çyö arası	en fazla dö	dö-odö arası	dö-odö arası	-	odö	çdö-dö arası
	8-Jeoloji	yö-çyö arası	çdö	yö-çyö arası	en fazla dö	dö-odö arası	dö-odö arası	odö	-	çdö
	9-Akarsu Yak.	çyö	dö-odö arası	çyö	dö-odö arası	yö	yö-çyö arası	yö-çyö arası	çyö	-

Dilsel ikili karşılaştırma matrisleri elde edildikten sonra bir sonraki adımda bu dilsel terimler zarflanmıştır (Tablo 4.21.).

Tablo 4.21. Zarflanmış ikili karşılaştırma matrisleri

	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-1	1-Yükseklik	-	[çdö,çdö]	[çyö,çyö]	[öz,çdö]	[odö,odö]	[dö,dö]	[dö,odö]	[çyö,çyö]	[dö,odö]
	2-Eğim	[çyö,çyö]		[çyö,kö]	[odö,odö]	[odö,odö]	[öz,odö]	[yö,yö]	[yö,kö]	[odö,odö]
	3-Bakı	[çdö,çdö]	[öz,çdö]		[öz,çdö]	[dö,dö]	[çdö,çdö]	[öz,odö]	[odö,odö]	[dö,dö]
	4-Yağış	[çyö,kö]	[odö,odö]	[çyö,kö]		[yö,yö]	[yö,yö]	[çyö,kö]	[çyö,çyö]	[yö,yö]
	5-Nem	[odö,odö]	[odö,odö]	[yö,yö]	[dö,dö]		[dö,dö]	[dö,odö]	[odö,odö]	[dö,odö]
	6-Arazi Kullanımı	[yö,yö]	[odö,kö]	[çyö,çyö]	[dö,dö]	[yö,yö]		[odö,yö]	[yö,çyö]	[odö,odö]
	7-Toprak	[odö,yö]	[dö,dö]	[odö,kö]	[öz,çdö]	[odö,yö]	[dö,odö]		[dö,odö]	[dö,dö]
	8-Jeoloji	[çdö,çdö]	[öz,dö]	[odö,odö]	[odö,odö]	[odö,odö]	[çdö,dö]	[odö,yö]		[çdö,çdö]
	9-Akarsu Yak.	[odö,yö]	[odö,odö]	[yö,yö]	[yö,yö]	[odö,yö]	[odö,odö]	[yö,yö]	[çyö,çyö]	
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-2	1-Yükseklik		[dö,dö]	[çyö,çyö]	[dö,dö]	[yö,yö]	[dö,odö]	[dö,odö]	[çyö,çyö]	[çdö,dö]
	2-Eğim	[yö,yö]		[çyö,çyö]	[odö,yö]	[çyö,çyö]	[yö,çyö]	[yö,yö]	[yö,çyö]	[yö,yö]
	3-Bakı	[çdö,çdö]	[çdö,çdö]		[çdö,çdö]	[yö,yö]	[dö,dö]	[dö,dö]	[yö,çyö]	[çdö,çdö]
	4-Yağış	[yö,yö]	[dö,odö]	[çyö,çyö]		[çyö,çyö]	[yö,çyö]	[yö,yö]	[yö,çyö]	[odö,odö]
	5-Nem	[dö,dö]	[çdö,çdö]	[dö,dö]	[çdö,çdö]		[dö,dö]	[odö,yö]	[yö,çyö]	[çdö,çdö]
	6-Arazi Kullanımı	[odö,yö]	[çdö,dö]	[yö,yö]	[çdö,dö]	[yö,yö]		[odö,yö]	[yö,çyö]	[odö,yö]
	7-Toprak	[odö,yö]	[dö,dö]	[yö,yö]	[dö,dö]	[odö,odö]	[dö,odö]		[yö,yö]	[dö,dö]
	8-Jeoloji	[çdö,çdö]	[çdö,dö]	[odö,odö]	[çdö,dö]	[dö,dö]	[dö,dö]	[dö,dö]		[çdö,dö]
	9-Akarsu Yak.	[yö,çyö]	[dö,dö]	[çyö,çyö]	[odö,odö]	[çyö,çyö]	[dö,odö]	[yö,yö]	[yö,çyö]	
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-3	1-Yükseklik		[çdö,çdö]	[dö,dö]	[öz,öz]	[yö,yö]	[çdö,dö]	[öz,öz]	[dö,odö]	[dö,dö]
	2-Eğim	[çyö,çyö]		[çyö,çyö]	[odö,odö]	[çyö,kö]	[yö,yö]	[yö,yö]	[yö,yö]	[odö,yö]
	3-Bakı	[yö,yö]	[çdö,çdö]		[çdö,çdö]	[dö,dö]	[çdö,çdö]	[dö,dö]	[dö,dö]	[dö,dö]
	4-Yağış	[kö,kö]	[odö,odö]	[çyö,çyö]		[kö,kö]	[yö,yö]	[yö,çyö]	[yö,yö]	[odö,yö]
	5-Nem	[dö,dö]	[çyö,kö]	[yö,yö]	[öz,öz]		[çdö,çdö]	[dö,dö]	[dö,dö]	[çdö,çdö]
	6-Arazi Kullanımı	[yö,çyö]	[dö,dö]	[çyö,kö]	[dö,dö]	[çyö,çyö]		[odö,yö]	[odö,odö]	[dö,odö]
	7-Toprak	[çyö,çyö]	[dö,dö]	[yö,yö]	[çdö,dö]	[yö,yö]	[dö,odö]		[odö,odö]	[odö,yö]
	8-Jeoloji	[odö,yö]	[dö,dö]	[yö,yö]	[dö,dö]	[yö,yö]	[odö,odö]	[odö,odö]		[dö,dö]
	9-Akarsu Yak.	[yö,yö]	[dö,odö]	[yö,yö]	[dö,odö]	[çyö,çyö]	[odö,yö]	[dö,odö]	[yö,yö]	

Tablo 4.21. (devamı);

	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-4	1-Yükseklik		[çdö,dö]	[çdö,çdö]	[öz,öz]	[öz,çdö]	[dö,dö]	[dö,dö]	[dö,odö]	[öz,çdö]
	2-Eğim	[yö,çyö]		[kö,kö]	[odö,yö]	[yö,çyö]	[yö,yö]	[yö,yö]	[odö,yö]	[odö,odö]
	3-Bakı	[çyö,çyö]	[öz,öz]		[öz,öz]	[dö,dö]	[çdö,dö]	[çdö,dö]	[dö,dö]	[öz,çdö]
	4-Yağış	[kö,kö]	[dö,odö]	[kö,kö]		[çyö,kö]	[çyö,kö]	[çyö,çyö]	[yö,çyö]	[çyö,çyö]
	5-Nem	[çyö,kö]	[çdö,dö]	[yö,yö]	[öz,çdö]		[dö,odö]	[dö,dö]	[dö,odö]	[çdö,çdö]
	6-Arazi Kullanımı	[yö,yö]	[dö,dö]	[yö,çyö]	[öz,çdö]	[odö,yö]		[odö,yö]	[yö,yö]	[dö,odö]
	7-Toprak	[yö,yö]	[dö,dö]	[yö,çyö]	[çdö,çdö]	[yö,yö]	[dö,odö]		[yö,yö]	[dö,odö]
	8-Jeoloji	[odö,yö]	[dö,odö]	[yö,yö]	[odö,yö]	[odö,yö]	[dö,dö]	[dö,dö]		[çdö,çdö]
	9-Akarsu Yak.	[çyö,kö]	[odö,odö]	[çyö,kö]	[çdö,çdö]	[çyö,çyö]	[yö,çyö]	[odö,yö]	[çyö,çyö]	
	Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
KV-5	1-Yükseklik		[çdö,çdö]	[dö,dö]	[öz,çdö]	[çdö,çdö]	[dö,dö]	[çdö,dö]	[çdö,dö]	[çdö,çdö]
	2-Eğim	[çyö,çyö]		[çyö,çyö]	[dö,odö]	[yö,yö]	[yö,çyö]	[çyö,çyö]	[çyö,çyö]	[odö,yö]
	3-Bakı	[yö,yö]	[çdö,çdö]		[öz,çdö]	[çdö,çdö]	[dö,dö]	[çdö,dö]	[çdö,dö]	[çdö,çdö]
	4-Yağış	[çyö,kö]	[odö,yö]	[çyö,kö]		[yö,yö]	[çyö,çyö]	[yö,kö]	[odö,yö]	[odö,yö]
	5-Nem	[çyö,çyö]	[dö,dö]	[çyö,çyö]	[dö,dö]		[yö,yö]	[odö,yö]	[odö,yö]	[dö,dö]
	6-Arazi Kullanımı	[yö,yö]	[çdö,dö]	[yö,yö]	[çdö,çdö]	[dö,dö]		[odö,yö]	[odö,yö]	[çdö,dö]
	7-Toprak	[yö,çyö]	[çdö,çdö]	[yö,çyö]	[öz,dö]	[dö,odö]	[dö,odö]		[odö,odö]	[çdö,dö]
	8-Jeoloji	[yö,çyö]	[çdö,çdö]	[yö,çyö]	[öz,dö]	[dö,odö]	[dö,odö]	[odö,odö]		[çdö,çdö]
	9-Akarsu Yak.	[çyö,çyö]	[dö,odö]	[çyö,çyö]	[dö,odö]	[yö,yö]	[yö,çyö]	[yö,çyö]	[çyö,çyö]	

Zarflanmış ikili karşılaştırma matrisleri kullanılarak kötümser ve iyimser tercih ortalamaları matrisi oluşturulur. Zarflama aşamasında Tablo 4.22.'deki değerlere başvurulur.

Tablo 4.22. Dilsel terim önem seviyeleri

Dilsel terim	Değer
Önemsiz (öz)	0
Çok düşük önem (çdö)	1
Düşük önem (dö)	2
Orta düzey öneme sahip (odö)	3
Yüksek önem (yö)	4
Çok yüksek önem (çyö)	5
Kesinlikle önemli (kö)	6

$$P_{c_{31}}^- = \Delta\left(\frac{1}{3}(\Delta^{-1}(y\ddot{o},4) + \Delta^{-1}(od\ddot{o},3) + \Delta^{-1}(od\ddot{o},3))\right) = \left(\frac{1}{3}(4 + 3 + 3)\right) = \Delta(3.33) = (od\ddot{o},0.33)$$

(4.7)

Eşitliği örneğinden yola çıkarak kötümser tercih ortalamaları matrisi elde edilir (Tablo 4.23. ve Tablo 4.24.).

Tablo 4.23. Kötümser toplu tercih ortalamaları matrisi

Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
1-Yükseklik	-	0,67	1,67	0,22	1,33	1,00	0,78	2,22	0,67
2-Eğim	2,56	-	1,67	1,56	2,33	1,78	2,33	2,22	1,78
3-Bakı	1,67	0,33	-	0,22	1,22	0,78	0,67	1,33	0,67
4-Yağış	2,89	1,44	2,89	-	2,56	2,44	2,44	2,22	2,00
5-Nem	1,89	1,33	2,11	0,56	-	1,22	1,33	1,56	0,78
6-Arazi Kullanımı	2,11	1,00	2,44	0,67	2,11	-	1,67	2,00	1,22
7-Toprak	2,11	1,00	2,11	0,44	1,78	1,11	-	1,78	1,11
8-Jeoloji	1,33	0,67	2,00	1,00	1,56	1,11	1,44	-	0,67
9-Akarsu Yak.	2,33	1,33	2,56	1,33	2,44	1,78	1,89	2,56	-

Tablo 4.24. Dilselleştirilmiş kötümser toplu tercih ortalamaları

Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
1-Yükseklik	-	(yö, -0.33)	(dö,0)	(yö,0)	(kö,-0.33)	(çyö,0.33)	(kö,-0.33)	(yö,0)	(odö,0.33)
2-Eğim	(dö,0)	-	(dö,-0.33)	(odö,0.33)	(çyö,0)	(çyö,-0.33)	(çyö,0.33)	(odö,0)	(odö,0)
3-Bakı	(odö,0)	(çyö,0)	-	(dö,0.33)	(yö,0.33)	(kö,-0.33)	(çyö,0)	(odö,0.33)	(odö,0)
4-Yağış	(çdö,0)	(dö,0)	(dö,-0.33)	-	(yö,0)	(yö,0)	(yö,0.33)	(dö,0)	(dö,-0.33)
5-Nem	(öz,0.33)	(dö,-0.33)	(dö,-0.33)	(çdö,0.33)	-	(odö,0)	(odö,0)	(öz,0)	(öz,0.33)
6-Arazi Kullanımı	(öz,0)	(öz,0)	(öz,0)	(çdö,0.33)	(odö,-0.33)	-	(odö,-0.33)	(öz,0.33)	(öz,0)
7-Toprak	(öz,0)	(öz,0)	(öz,0)	(çdö,0)	(dö,0.33)	(yö,-0.33)	-	(öz,0.33)	(çdö,-0.33)
8-Jeoloji	(dö,0.33)	(dö,0.33)	(dö,0)	(odö,0.33)	(çyö,0)	(çyö,0.33)	(çyö,-0.33)	-	(dö,0)
9-Akarsu Yak.	(dö,0)	(dö,0.33)	(dö,0)	(odö,0.33)	(çyö,0)	(çyö,0)	(çyö,0)	(odö,-0.33)	-

$$P_{c_{31}}^+ = \Delta\left(\frac{1}{3}(\Delta^{-1}(k\ddot{o},6) + \Delta^{-1}(\çy\ddot{o},5) + \Delta^{-1}(\çy\ddot{o},5))\right) = \left(\frac{1}{3}(6 + 5 + 5)\right) = \Delta(5.33) = (\çy\ddot{o},0.33)$$

(4.8)

Eşitliği örneğinden yola çıkarak kötümser tercih ortalamaları matrisi elde edilir (Tablo 4.25. ve Tablo 4.26.).

Tablo 4.25. İyimser toplu tercih ortalamaları matrisi

Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
1-Yükseklik	-	0,78	1,67	0,44	1,44	1,22	1,11	2,00	1,00
2-Eğim	2,67	-	3,00	1,89	2,56	2,33	2,33	2,67	2,00
3-Bakı	1,67	0,44	-	0,44	1,22	0,89	1,22	1,56	0,78
4-Yağış	3,11	1,78	3,11	-	2,78	2,67	2,89	2,56	2,22
5-Nem	2,00	1,56	2,11	0,67	-	1,33	1,67	1,89	0,89
6-Arazi Kullanımı	2,33	1,56	2,67	0,89	2,11	-	2,22	2,33	1,67
7-Toprak	2,44	1,00	2,67	0,89	2,00	1,67	-	1,89	1,44
8-Jeoloji	1,67	1,11	2,11	1,44	1,78	1,33	1,56	-	0,78
9-Akarsu Yak.	2,67	1,56	2,67	1,56	2,56	2,11	2,22	2,67	-

Tablo 4.26. Dilselleştirilmiş iyimser toplu tercih ortalamaları

Kriter	1-Yükseklik	2-Eğim	3-Bakı	4-Yağış	5-Nem	6-A.K.	7-Toprak	8-Jeoloji	9-Akarsu Yak.
1-Yükseklik	-	(yö,0)	(odö,0)	(çyö,0)	(kö,-0.33)	(kö,0)	(kö,0)	(odö,0.33)	(yö,-0.33)
2-Eğim	(dö,0.33)	-	(çdö,0)	(yö,0)	(çyö,0.33)	(kö,0)	(kö,0)	(yö,-0.33)	(yö,-0.33)
3-Bakı	(yö,0)	(çyö,0.33)	-	(çyö,-0.33)	(kö,-0.33)	(kö,0)	(kö,0)	(yö,0)	(yö,0)
4-Yağış	(dö,0)	(odö,-0.33)	(odö,-0.33)	-	(çyö,-0.33)	(çyö,-0.33)	(çyö,0)	(odö,-0.33)	(odö,-0.33)
5-Nem	(öz,0.33)	(çdö,0)	(dö,-0.33)	(dö,0)	-	(odö,0.33)	(yö,-0.33)	(çdö,0)	(çdö,0)
6-Arazi Kullanımı	(çdö,-0.33)	(çdö,0.33)	(öz,0.33)	(dö,0)	(odö,0)	-	(yö,-0.33)	(çdö,-0.33)	(çdö,0)
7-Toprak	(öz,0.33)	(çdö,-0.33)	(çdö,0)	(dö,-0.33)	(odö,0)	(odö,0.33)	-	(çdö,0.33)	(çdö,0)
8-Jeoloji	(yö,0.33)	(odö,0)	(odö,-0.33)	(yö,0)	(kö,0)	(kö,-0.33)	(kö,-0.33)	-	(odö,0.33)
9-Akarsu Yak.	(odö,0)	(odö,0)	(odö,0)	(yö,0.33)	(kö,-0.33)	(kö,0)	(çyö,0.33)	(yö,0)	-

$$K_1 = \left[\frac{((yö,0.33) + (yö,0) + (yö,0.33) + (çdö,0.33) + (öz,0.33)...) / 9}{\left[\frac{((kö,0) + (kö,-0.33) + (kö,-0.33) + (odö,0.33) + (dö,-0.33)...) / 9}{[(dö,-0.208);(odö,+0.208)]} \right]} \right]$$

(4.9)

Eşitliği örneğinde olduğu gibi her bir kriter için iyimser ve kötümser tercihlerin ortalaması alınarak dilsel aralık belirlenir. Dilsel aralık değeri ortalaması hesaplanır. Her bir kritere ait ortalama değer normalize edilerek kriterlerin ağırlıklarına ulaşılmış olur (Tablo 4.27.).

Tablo 4.27. KBDTS ile ağırlıkların belirlenmesi

Kriter	Dilsel Aralık	Aralık Değeri	Ortalama	Ağırlık (W_i)
1-Yükseklik	[(çdö,069);(çdö,0.208)]	[1.069; 1.208]	1,139	0,075
2-Eğim	[(dö,027);(dö,0.430)]	[2.027; 2.430]	2,229	0,147
3-Bakı	[(çdö,-0.139);(çdö,0.027)]	[0.861; 1.027]	0,944	0,062
4-Yağış	[(dö,0.361);(odö,-0.361)]	[2.361; 2.638]	2,500	0,165
5-Nem	[(çdö,0.347);(dö,-0.491)]	[1.347; 1.513]	1,431	0,095
6-Arazi Kul.	[(çdö,0.652);(dö,-0.003)]	[1.652; 1.972]	1,813	0,120
7-Toprak	[(çdö,0.430);(dö,-0.25)]	[1.430; 1.750]	1,590	0,105
8-Jeoloji	[(çdö,0.222);(dö,0.472)]	[1.222; 1.472]	1,347	0,089
9-Akarsu Yak.	[(dö,0.027);(dö,0.25)]	[2.027; 2.250]	2,139	0,141

4.5. Ağırlıklı Toplam Yöntemi ile Sel-Taşkın Risk Tahmin Haritası Oluşturulması

Çalışma kapsamında belirlenen kriterlerden yükseklik, eğim, bakı, jeoloji, toprak, akarsuya yakınlık statik kriter olarak kullanılmıştır. Arazi kullanımı kriteri sürekli değişken yapısıyla güncel çalışmalarda sıklıkla değişken/ dinamik bir veri olarak ele alınsa da arazi kullanım haritaları uzun süreli üretildiğinden ve değişim çok yavaş olmasından, yıllar almasından dolayı bu çalışma kapsamında sabit kriter olarak ele alınmıştır. Dinamik veriler olarak, meteorolojik değişkenler olan nem ve yağış verileri seçilmiştir.

Risk analizinde kullanılmak üzere hazırlanıp ön işleme tutulan tüm girdi verileri, birlikte kullanılabilirlik ve değerlendirilebilirlik adına 0-1 aralığına normalize edilmiştir. Hazırlanan tüm kriterlere ait verilerin birlikte değerlendirilebilmesi için başlık 4.4.1. ve 4.4.2.'de hesaplanan ağırlık değerleriyle ağırlıklandırılarak ağırlıklı toplam yöntemiyle birleştirilmiştir.

Ağırlıklı toplam yöntemi ile her bir kritere ait piksel değeri kriter ağırlığıyla çarpılarak toplama işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonucunda her bir piksel değeri aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır. Hücre boyutu olarak 100 m belirlenmiştir. Analiz sonucunda 100m x 100m pikseller oluşturulmuştur.

$$\text{Ağırlıklı Toplam} = (A_1 \cdot W_1) + (A_2 \cdot W_2) + \dots + (A_n \cdot W_n) \quad (4.10)$$

AHP için her bir hücre değeri;

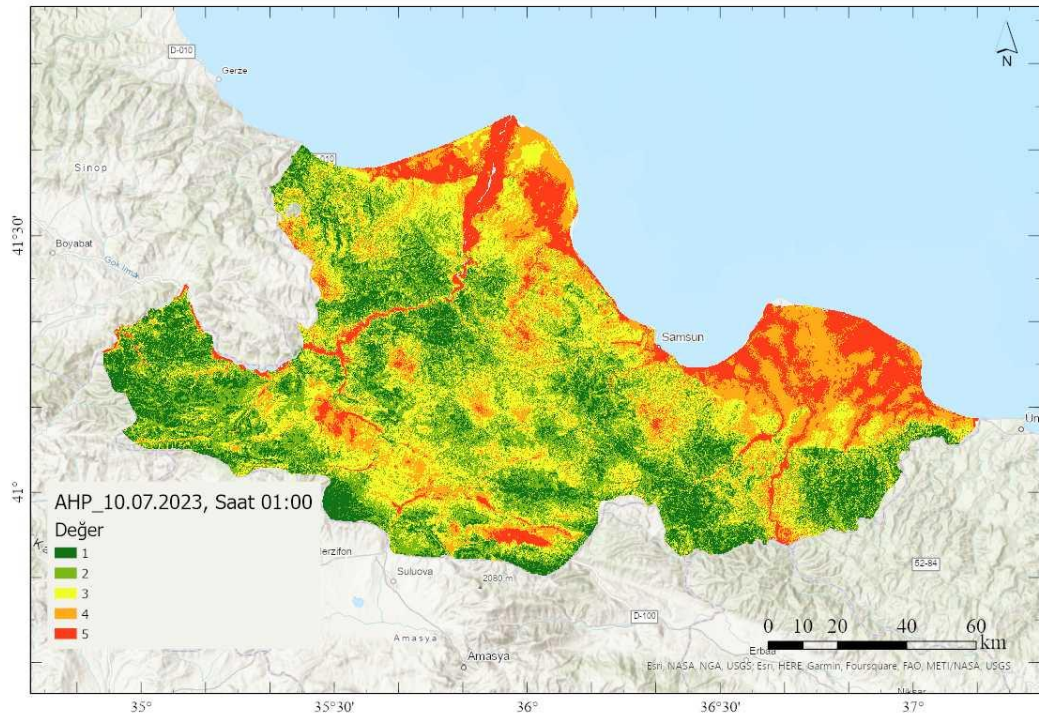
$$\text{Ağırlıklı Toplam} = (\text{yukseklik} \cdot 0.035) + (\text{egim} \cdot 0.264) + (\text{baki} \cdot 0.025) + (\text{akarsu yakınlık} \cdot 0.141) + (\text{arazi kullanımı} \cdot 0.119) + (\text{jeoloji} \cdot 0.038) + (\text{toprak} \cdot 0.066) + (\text{yağış} \cdot 0.274) + (\text{nem} \cdot 0.066)$$

KBDTS için her bir hücre değeri;

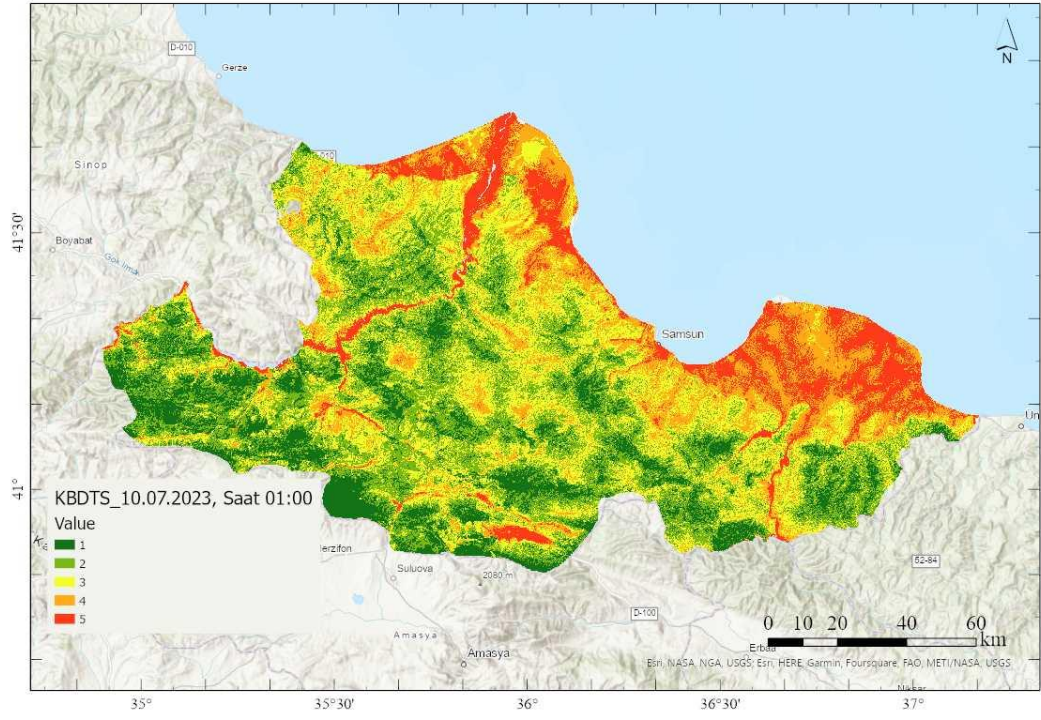
$$\text{Ağırlıklı Toplam} = (\text{yukseklik} \cdot 0.075) + (\text{egim} \cdot 0.147) + (\text{baki} \cdot 0.062) + (\text{akarsu yakınlık} \cdot 0.117) + (\text{arazi kullanımı} \cdot 0.110) + (\text{jeoloji} \cdot 0.089) + (\text{toprak} \cdot 0.105) + (\text{yağış} \cdot 0.165) + (\text{nem} \cdot 0.094)$$

eşitlikleriyle elde edilmektedir.

Dinamik olarak saatlik değişen yağış ve nem verilerine göre her saat için ilgili saate ait nem ve yağış verileri alınarak sabit kriterler ile ağırlıklı toplam işlemi yapılmıştır. WRF verilerine göre şiddetli yağış beklenen 2023_07_10 01:00 saatine ait yağış ve nem verileriyle AHP ve KBDTS ile üretilen saatlik risk tahmin haritaları örnek olarak Şekil 4.14. ve Şekil 4.15.'dedir. Üretilen haritalar 0-1 piksel değerleri arasındadır. Riski görselleştirmek adına haritalar bilimsel çalışmalarda sıklıkla kullanılan 5 sınıfa ayrılarak sembolize edilmiştir. Sınıflar; çok düşük, düşük, orta, yüksek ve çok yüksek risk olarak planlanmıştır.



Şekil 4.14. AHP ile ağırlıklandırılan 10 Temmuz 2023, Saat 01:00 sel-taşkın tahmin haritası



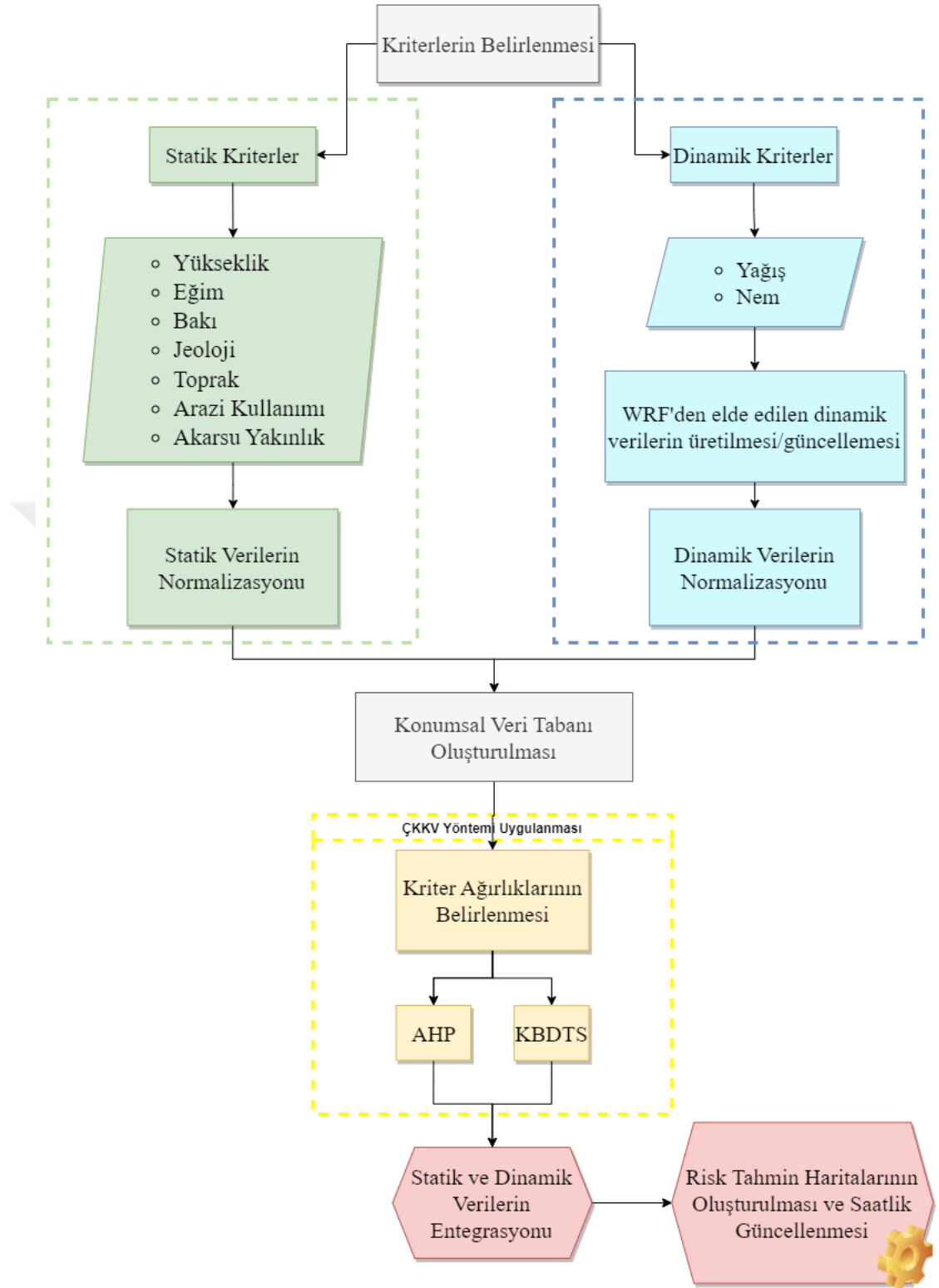
5. YARI DİNAMİK SEL-TAŞKIN RİSK TAHMİN MODELİ

Çalışmanın önceki kısımlarında sel-taşkın risk analizinde kullanılacak statik ve dinamik veriler belirlenmiş, veriler ön işlemlere tabi tutularak birlikte kullanıma hazır hale getirilmiş, ağırlıklı toplam yöntemi ile birleştirilerek her bir saat için risk tahmin haritaları oluşturulmuş, örneklerle gösterilmiştir.

Yarı dinamik risk tahmin modeli ile amaçlanan akıllı kentler kapsamında üretilen ve üretilmesi planlanan anlık, değişken, sürdürülebilir verilerin statik veriler ile birlikte kullanılarak sürekli risk analizi tahmininde bulunmasıdır. Klasik risk analizlerinde sabit girdiler ve önceki gerçekleşen meteorolojik olaylar vb. veriler alınarak bir anlamda geçmiş modellenmektedir. Yarı dinamik risk tahmin modeli ile gelişen teknolojik altyapı ve akıllı kent paydaşlarından gelecek veriler ile geleceğe yönelik gerçekleştirilen ve her geçen gün hassasiyeti ve doğruluğu artan tahmin verilerini kullanarak risk analizi tahminleri yapılması planlanmıştır.

Bu tez kapsamında örnek veri olarak MGM'den 3 günlük saatlik tahmin verisi (WRF) temin edilmiştir. WRF'den elde edilen yağış ve nem verileri, sabit kriter verileriyle ağırlıklı toplam yöntemiyle birleştirilerek her bir saat için risk analizi tahmini gerçekleştirilmiştir. Model kapsamında MGM'den sürekli tahmin verileri elde edilerek her saat için risk analizinin tekrarlanması, risk olduğu durumlarda karar vericilere riskin hangi bölgelere etki edeceğini bilimsel yollarla gösterilmesi amaçlanmıştır.

Gelişen teknoloji ile WRF verileri bir çok farklı model birlikte kullanılarak mikrodalga ve kızılötesi uydu verileri, yersel gözlem istasyon verileri ve radar verileri kullanılarak gerçek zamanlı hata düzeltilmesi ardından hassas ve güvenilir şekilde üretilmektedir. Temin edilen her WRF verisi için saatlik değişen dinamik ve statik kriterler birlikte kullanılarak risk analizi tahmin edecek model CBS ortamında ArcGIS programında python kodlama dilinde geliştirilmiştir. Modele ait iş akış şeması Şekil 5.1.' de verilmiştir.



Şekil 5.1. Yarı Dinamik Sel-Taşkın Risk Tahmin Modeli akış şeması

5.1. CBS-Python İle Model Geliştirilmesi

Model saatlik WRF verisi geldikçe yeniden çalışıp şiddetli yağış var ise işlemleri tamamlayıp risk haritası oluşturabilecek, şiddetli yağış yok ise risk göstermeyecek şekilde üretilen kodların CBS ortamında çalışabilirliğini sağlamak amacıyla ArcGIS programı içerisinde Python kodlama diliyle Python IDE eklentisinde geliştirilmiştir.

1. ADIM: Sabitler belirlenir. Bu adımda gerekli kütüphaneler çağırılır. Çalışma alanı ve ilerleyen aşamalarda kullanılması gereken sabit dosya yolları belirlenir.

```
import arcpy
import os
import arcpy.mp as mp
from arcpy import env
from arcpy.sa import *
import time

# Başlangıç zamanını kaydedin
baslangic_zamani = time.time()

env.workspace = r"D:\tez_ver_10\tez_ver_10.gdb"

# Geçerli proje belgesini açın
proj = mp.ArcGISProject("CURRENT")

# Proje içerisindeki tüm haritaları alın
haritalar = proj.listMaps()

# NetCDF dosyalarının bulunduğu klasörün yolu
netcdf_klasor_yolu = r"D:\tez_ver_10\WRF_NC"

# Kesme işlemi yapılacak polygon katmanının yolu
polygon_katman_yolu = r"D:\tez_ver_10\tez_ver_10.gdb\Samsun_Buffer5k"

# Kırpma alanı olarak kullanılacak polygon verisinin yolu
kırpma_alanı_yolu = r"D:\tez_ver_10\tez_ver_10.gdb\Samsun"

def contents_temizle():
```

```

for harita in haritalar:
    veriler = harita.listLayers()

    # Contents panelinde "f_" ve "p_" ile başlayan verileri kaldır
    for veri in veriler:
        if veri.name.startswith("f_") or veri.name.starts...("n_")
        or veri.name.startswith("s_") or veri.name.starts...("p_")
        or veri.name.startswith("normalized_")
        or veri.name.startswith("out_"):
            harita.removeLayer(veri)

print("Contents temizlendi.")

```

2. ADIM: WRF bilgilerini içeren netcdf dosyalarının okunması ve veri sınıfı olarak kaydedilmesi sağlanır. WRF verilerini içeren dosya içerisindeki her bir netcdf dosyası alınır, içerisindeki veriler veri katmanına yazılır, veri katmanı netcdf dosyasıyla aynı isimlendirme ile veri sınıfı olarak veri tabanına kaydedilir.

```

# NetCDF dosyalarının listesi
netcdf_dosya_listesi = [dosya for dosya in os.listdir(netcdf_klasor_yolu)
if dosya.endswith(".nc")]

# NetCDF dosyalarını açmak ve belirtilen veri türlerini almak için döngü
for netcdf_dosya in netcdf_dosya_listesi:
    netcdf_dosya_yolu = os.path.join(netcdf_klasor_yolu, netcdf_dosya)

    # NetCDF veri kümesini aç
    netcdf_veri_kumesi = arcpy.NetCDF...Properties(netcdf_dosya_yolu)

    # NetCDF dosyasının adını al (uzantısı olmadan)
    dosya_adi = os.path.splitext(netcdf_dosya)[0]
    dosya_adi_kisa = dosya_adi[-13:].replace("-", "_")
    export_gdb_dosya_adi = "p_{}".format(dosya_adi_kisa)

    # Veri tabanında yeni bir Feature Class oluştur
    cikti_feature_class = arcpy.CreateFeature...management(env.workspace,
export_gdb_dosya_adi, "POINT")

```

```

print(f"{export_gdb_dosya_adi} gdb'de oluşturuldu.")

# Belirtilen veri türlerini seçmek için döngü
#for veri_turu in secilen_veri_turleri:
    # Çıktı dosyasının adını NetCDF dosyasının adı ve veri türü
kombinasyonu olarak belirle
    cikti_dosya_adi = "f_{}".format(dosya_adi_kisa)

    # NetCDF veri katmanını oluştur ve çıktı adını belirle
    arcpy.md.MakeNetCDF...Layer(netcdf_dosya_yolu, "PSFC;Q2;RAINNC;T2",
"XLONG", "XLAT", cikti_dosya_adi, "west_east;south_north", '', '', None,
"BY_VALUE")
    #print(cikti_dosya_adi)
    #print(f"{cikti_dosya_adi} başarıyla Contents'e eklendi.")
print(f"{cikti_dosya_adi} layerleri eklendi.")

# Oluşturulan veri katmanını çıktı Feature Class'a kopyala
arcpy.Copy...management(cikti_dosya_adi, cikti_feature_class)
print(f"{export_gdb_dosya_adi} gdb'ye export edildi.")

# Kesme işlemi
cikti_feature_class_kesilmis = ....analysis.Clip(export_gdb_dosya_adi,
polygon_katman_yolu, f"s_{export_gdb_dosya_adi}")
print(f"{export_gdb_dosya_adi} gdb'de kesildi.")

contents_temizle()
print("İşlem tamamlandı.")

print("ADIM_1: Tüm wrf dosyaları işlendi.")

contents_temizle()

```

- ADIM: Kaydedilen netcdf veri sınıfları içerisinde “nem” sütunu oluşturulup gerekli formül kullanılarak her bir netcdf dosyası veri sınıfı için nem verisi ilgili sütun içerisinde hesaplanır.

```

# Veritabanı yolunu ve deseni belirleyin (örneğin, veritabanı yolunuzu
ve FC başlangıç adınızı ayarlayın)

```

```

baslangic_adi = "s_" # Eklemek istediğiniz FC başlangıç adı

# Eklemek istediğiniz sütunun özelliklerini belirleyin (örneğin, yeni
sütun adı ve veri tipi)
yeni_sutun_adi = "nem"
yeni_sutun_veri_tipi = "DOUBLE" # Değiştirebilirsiniz, örneğin
"DOUBLE", "LONG" vb.

# İşlemi gerçekleştirmek için kullanılacak ifadeyi belirleyin
hesaplama_ifadesi = "!Q2! /
((379.90516/!...!)*math.exp(17.2693882*(!T2!-273.16)/(!T2!-
35.86)))".format(yeni_sutun_adi)

# Veritabanındaki tüm feature class'ları listele
feature_class_listesi = arcpy.ListFeatureClasses(feature_dataset=None,
wild_...=f"{baslangic_adi}*")
print(feature_class_listesi)

# Her bir feature class için döngü oluşturun ve yeni sütunu ekleyin
for fc in feature_class_listesi:
    try:
        # Var olan sütunların listesini alın
        existing_fields = [field... for field in arcpy.ListFields(fc)]

        # Eğer NEM sütunu yoksa, ekleyin
        if yeni_sutun_adi not in existing_fields:
            arcpy.Add..._management(fc, yeni_sutun_adi,
yeni_sutun_veri_tipi)
            print(f"{yeni_sutun_adi} sütunu {fc} feature class'ına
başarıyla eklendi.")

        else:
            print(f"{yeni_sutun_adi} sütunu {fc} feature class'ında zaten
mevcut.")

        # Hesaplamayı uygula
        arcpy.Calculate..._management(fc, yeni_sutun_adi,
hesaplama_ifadesi, "PYTHON")

```

```
print(f"{yeni_sutun_adi} sütunu {fc} feature class'ında başarıyla hesaplandı.")
```

```
except Exception as e:  
    print(f"Hata: {e}")
```

```
print("ADIM_2: Nem verileri hesaplandı.")
```

4. ADIM: Üretilen her bir veri sınıfında “yagis” adında bir sütun oluşturulur.

```
# Veritabanı yolunu belirle
```

```
baslangic_adi = "s_" # Eklemek istediğiniz FC başlangıç adı
```

```
# Eklemek istediğiniz sütunun özelliklerini belirleyin (örneğin, yeni  
sütun adı ve veri tipi)
```

```
yeni_sutun_adi = "yagis"
```

```
yeni_sutun_veri_tipi = "DOUBLE" # Değiştirebilirsiniz, örneğin  
"DOUBLE", "LONG" vb.
```

```
# Veritabanındaki tüm feature class'ları listele
```

```
feature_class_listesi = arcpy.ListClasses(feature_dataset=None,  
wild_card=f"{baslangic_adi}*")
```

```
print(feature_class_listesi)
```

```
# Her bir feature class için döngü oluşturun ve yeni sütunu ekleyin
```

```
for fc in feature_class_listesi:
```

```
    try:
```

```
        # Var olan sütunların listesini alın
```

```
        existing_fields = [field.name for field in
```

```
arcpy.ListFields(fc)]
```

```
        # Eğer NEM sütunu yoksa, ekleyin
```

```
        if yeni_sutun_adi not in existing_fields:
```

```
            arcpy.Add_management(fc, yeni_sutun_adi,  
yeni_sutun_veri_tipi)
```

```
            print(f"{yeni_sutun_adi} sütunu {fc} feature class'ına  
başarıyla eklendi.")
```

```
            arcpy.Calculate_management(fc, yeni_sutun_adi, 0,  
"PYTHON")
```

```

        else:
            print(f"{yeni_sutun_adi} sütunu {fc} feature class'ında
zaten mevcut.")

    except Exception as e:
        print(f"Hata: {e}")

print("ADIM_3: yagis sütunu eklendi hesaplandı.")

```

5. ADIM: “yagis” sütunu içerisinde kümülatif yağış verisini barındıran RAINNC sütunları kullanılarak bir önceki saat verisiyle farkını almak suretiyle saatlik yağış verisi hesaplanır.

```

# Hesaplama yapmak istediğiniz hedef feature class'ların adlarını bir
listeye ekleyin
baslangic_adi = "s_"
hedef_feature_classes = arcpy.FeatureClasses(feature_dataset=None,
wild_card=f"{baslangic_adi}*")

# Hedef ve kaynak sütunların adları
hedef_sutun = "RAINNC"
kaynak_sutun = "RAINNC"

# Hesaplama yapmak istediğiniz kaynak feature class'ın adı
kaynak_feature_class = "kaynak_feature_class"

# Hedef feature class'ları döngüde işlemek için
for i, hedef_feature_class in enumerate(hedef_feature_classes):
    if i > 0:
        # Önceki feature class'ı seçmek için indeksi bir azaltın
        kaynak_feature_class = hedef_feature_classes[i - 1]

        # Hedef feature class'ı döngüde işlemek için UpdateCursor
kullanın
        with arcpy.da.Update...(hedef_feature_class, [hedef_sutun,
"yagis"]) as cursor_hedef:
            # Kaynak feature class'ı döngüde işlemek için SearchCursor
kullanın

```

```

        with arcpy.da.SearchCursor(kaynak_feature_class,
[kaynak_sutun]) as cursor_kaynak:
            # Hedef ve kaynak verileri sırayla döngüde işleyin
            for row_hedef, row_kaynak in zip(cursor_hedef,
cursor_kaynak):
                # Hesaplama yapmak istediğiniz işlemi burada
gerçekleştirin

                hesaplanan_deger = (row_hedef[0] - row_kaynak[0])

                # Hesaplanan değeri "yagis" sütununa yazın
                row_hedef[1] = hesaplanan_deger
                cursor_hedef.updateRow(row_hedef)

    print(f"{hedef_feature_class} içerisinde saatlik yağış
hesaplandı.")

print("ADIM_4: Tüm hesaplamalar tamamlandı.")

```

6. ADIM: Hesaplanan “nem” ve “yağış” sütunlarındaki veriler kullanılarak her bir saate ait veri sınıfı için IDW analizi yapılarak nem ve yağış haritalarının elde edilir.

```

# Piksel boyutunu ayarlayın
#0.00586192321 #piksel boyutunu yapınca IDW 500m çözünürlüklü olacak
arcpy.env... = 0.00117238464 ##piksel boyutunu 0,001 yapınca IDW 100m
çözünürlüklü olacak

baslangic_adi = "s_"

#Yağış verileri IDW işlemi
# IDW analizi için kullanılacak sütun adını belirleyin
analiz_sutunu = "yagis"

# Veritabanındaki tüm feature class dosyalarını listele
#feature_class_listesi = arcpy.ListFeatureClasses(feature_dataset=None)
feature_class_listesi = arcpy.ListFeatureClasses(feature_dataset=None,
wild_card=f"{baslangic_adi}*")

```

```

# Her bir feature class için IDW analizi yapın
for fc in feature_class_listesi:
    try:
        # Çıkış dosyasının adını oluşturun
        cikti_ad = "yagis_" + fc.replace(" ", "_")

        # IDW analizi yap
        arcpy.sa.Idw(fc,
analiz_sutunu).save(f"{env.workspace}/{cikti_ad}")

        print(f"{fc} için IDW_RAINNC analizi başarıyla tamamlandı.
gdb'ye kaydedildi.")
    except Exception as e:
        print(f"Hata: {e}")

#Nem verileri IDW işlemi
# IDW analizi için kullanılacak sütun adını belirleyin
analiz_sutunu = "NEM"

# Veritabanındaki tüm feature class dosyalarını listele
#feature_class_listesi = arcpy.ListFeatureClasses(feature_dataset=None)
feature_class_listesi = arcpy.ListFeatureClasses(feature_dataset=None,
wild_card=f"{baslangic_adi}*")

# Her bir feature class için IDW analizi yapın
for fc in feature_class_listesi:
    try:
        # Çıkış dosyasının adını oluşturun
        cikti_ad = "nem_" + fc.replace(" ", "_")

        # IDW analizi yap
        arcpy.sa.Idw(fc,
analiz_sutunu).save(f"{env.workspace}/{cikti_ad}")

        print(f"{fc} için IDW_NEM analizi başarıyla tamamlandı. gdb'ye
kaydedildi.")
    except Exception as e:
        print(f"Hata: {e}")

```

```
print("ADIM_5: IDW WRF çıktıları üretildi.")
```

7. ADIM: Oluşturulan nem ve yağış haritaları çalışma alanına göre kesilir.

```
baslangic_adi = "nem_"
raster_listesi = arcpy.ListRasters(wild_card=f"{baslangic_adi}*")

# Raster dosyalarını ekrana yazdırın
for raster in raster_listesi:
    print(f"Raster dosyası adı: {raster}")

    # Çıktı raster dosyasının adını oluşturun (örneğin, başlangıç adı
    # + orijinal isim + "_clipped")
    dosya_adi = os.path.splitext(raster)[0]

    cikti_raster_adi = "s_{}".format(dosya_adi)

    # Çıktı raster dosyasının yolu ve adı
    cikti_raster_yolu = os.path.join(env.workspace, cikti_raster_adi)

    # Raster kırpma işlemini gerçekleştir
    out_raster = Extract...(raster, kırpma_alanı_yolu)

    # Kırpılmış raster dosyasını kaydet
    out_raster.save(cikti_raster_yolu)
    print(f"{cikti_raster_adi} dosyası kesildi")

# İşlem tamamlandı mesajı ver
print("ADIM_6: NEM Raster kırpma işlemi tamamlandı.")

###ADIM_7 Oluşturulan yağış haritalarının çalışma alanına göre
kesilmesi

# Raster dosyalarını ekrana yazdırın
baslangic_adi = "yagis_"
raster_listesi = arcpy.ListRasters(wild_card=f"{baslangic_adi}*")

# Raster dosyalarını ekrana yazdırın
for raster in raster_listesi:
```

```

print(f"Raster dosyası adı: {raster}")

# Çıktı raster dosyasının adını oluşturun (örneğin, başlangıç adı
# + orijinal isim + "_clipped")
dosya_adi = os.path.splitext(raster)[0]

cikti_raster_adi = "s_{}".format(dosya_adi)

# Çıktı raster dosyasının yolu ve adı
cikti_raster_yolu = os.path.join(env.workspace, cikti_raster_adi)

# Raster kırpma işlemini gerçekleştir
out_raster = ExtractByMask(raster, kırpma_alanı_yolu)

# Kırpılmış raster dosyasını kaydet
out_raster.save(cikti_raster_yolu)
print(f"{cikti_raster_adi} dosyası kesildi.")

print("ADIM_7: YAGIS Raster kırpma işlemi tamamlandı.")

```

8. ADIM: Çalışma alanı boyutunda kesilen nem ve yağış haritaları 0-1 aralığında normalize edilir.

```

# Yağış için Normalize etmek istediğiniz raster dosyalarını belirtin
baslangic_adi = "s_yagis_"
raster_listesi = arcpy.ListRasters(wild_card=f"{baslangic_adi}*")

# Normalizasyon aralığını belirtin (0 ile 1 arası)
min_value = 0
max_value = 1

# Normalizasyon işlemini uygulayın ve yeni rasterları kaydedin
for raster in raster_listesi:
    # Raster'ı açın
    in_raster = Raster(raster)

    dosya_adi = os.path.splitext(raster)[0]

    cikti_raster_adi = "norm_{}".format(dosya_adi)

```

```

# Normalizasyon işlemini uygulayın
normalized_raster = (in_raster - in_raster.minimum) / (96.7)

# Normalized raster'ı kaydedin
normalized_raster.save(cikti_raster_adi)

print("Yağış Normalizasyon işlemi tamamlandı.")

# Yağış için Normalize etmek istediğiniz raster dosyalarını belirtin
baslangic_adi = "s_nem_"
raster_listesi = arcpy.ListRasters(wild_card=f"{baslangic_adi}*")

# Normalizasyon aralığını belirtin (0 ile 1 arası)
min_value = 0
max_value = 1

# Normalizasyon işlemini uygulayın ve yeni rasterları kaydedin
for raster in raster_listesi:
    # Raster'ı açın
    in_raster = Raster(raster)

    dosya_adi = os.path.splitext(raster)[0]

    cikti_raster_adi = "norm_{}".format(dosya_adi)

    # Normalizasyon işlemini uygulayın
    normalized_raster = (in_raster - in_raster.minimum) /
(in_raster.maximum - in_raster.minimum)

    # Normalized raster'ı kaydedin
    normalized_raster.save(cikti_raster_adi)
print("Nem Normalizasyon işlemi tamamlandı.")
print("ADIM_8: Normalizasyon işlemleri tamamlandı")

```

9. ADIM: Bu adıma kadar üretilen tüm sabit kriter verileri, nem ve yağış verileri kullanarak her bir saate ait ağırlıklı toplam haritası oluşturulur.

#Kriterlerin HFLTS yöntemiyle hesaplanan ağırlıkları

```
#yagis_weight = 0.165213401
#egim_weight = 0.147315282
#akarsu_weight = 0.141349243
#ak_weight = 0.119779715
#nem_weight = 0.094538779
#toprak_weight = 0.10509408
#jeoloji_weight = 0.089031666
#yukseklık_weight = 0.075263883
#baki_weight = 0.062413951
```

#Kriterlerin AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlıkları

```
yagis_weight = 0.27487649
egim_weight = 0.264867894
akarsu_weight = 0.117766046
ak_weight = 0.110783599
nem_weight = 0.066558585
toprak_weight = 0.066233803
jeoloji_weight = 0.038041881
yukseklık_weight = 0.035812175
baki_weight = 0.025059528
```

#Sabit kriterler

```
yukseklık = "norm_s_yukseklık"
egim = "norm_s_egim"
baki = "norm_s_baki"
akarsu = "norm_s_akarsu"
ak = "norm_s_ak"
jeoloji = "norm_s_jeoloji"
toprak = "norm_s_toprak"
```

```
proj_string = '''PROJCS['WGS_1984_UTM_Zone_36N',
GEOGCS['GCS_WGS_1984',
DATUM['D_WGS_1984',
SPHEROID['WGS_1984',6378137.0,298.257223563]],
PRIMEM['Greenwich',0.0],
```

```

UNIT['Degree',0.0174532925199433]],
PROJECTION['Transverse_Mercator'],
PARAMETER['False_Easting',500000.0],
PARAMETER['False_Northing',0.0],
PARAMETER['Central_Meridian',33.0],
PARAMETER['Scale_Factor',0.9996],
PARAMETER['Latitude_Of_Origin',0.0],
UNIT['Meter',1.0]]'''

```

Bu işlem adımında her bir saate ait yağış verisi seçilir, yağış saatiyle aynı saate ait nem verisi eşleştirilerek ağırlıklı toplam işleminde veri tabanındaki aynı saate ait yağış ve nem verisiyle işlem yapılır.

```

def calculate():

    #rain_rasters
    yagis_baslangic_adi = "norm_s_yagis_s"
    yagis_raster_listesi =
    arcpy...Rasters(wild_card=f"{yagis_baslangic_adi}*")

    nem_baslangic_adi = "norm_s_nem_s"
    nem_raster_listesi =
    arcpy.ListRasters(wild_card=f"{nem_baslangic_adi}*")
    #nem in nem_raster_listesi:

    # Her bir yağış verisi için Weighted Sum işlemi yapın
    for yagis in yagis_raster_listesi:
        print(f"Yağış dosyası: {yagis}")

        if not arcpy.Exists(yagis):
            print(f"{yagis} dosyası bulunamadı.")
            continue

        # Yağış verisinin son 5 hanesini alın
        yagis_ad_son13 = yagis[-13:]

        # Eşleşen bir nem verisini bulun
        matched_nem = None
        for nem in nem_raster_listesi:

```

```

        if nem...with(yagis_ad_son13):
            print(f"Eşleşen Nem dosyası: {nem}")
            matched_nem = nem
            break # İlk eşleşen nem verisini kullan

if matched_nem is None:
    print(f"Eşleşen bir Nem dosyası bulunamadı.")
    continue

# Çıktı raster dosyasının yolu ve adı
cikti_raster_adi = "SUM" + '_' + yagis[-13:].replace(" ", "_")
cikti_raster_yolu = os.path.join(env..., cikti_raster_adi)

# Lokal parametreler ayarlanır

WSumTableObj = WTable([[yagis, "VALUE", yagis_weight],
                        [matched_nem, "VALUE", nem_weight],
                        [yukseklık, "VALUE", yukseklik_weight],
                        [egim, "VALUE", egim_weight],
                        [baki, "VALUE", baki_weight],
                        [akarsu, "VALUE", akarsu_weight],
                        [ak, "VALUE", ak_weight],
                        [jeoloji, "VALUE", jeoloji_weight],
                        [toprak, "VALUE", toprak_weight]])

# Execute WeightedSum
outWeightedSum = WeightedSum(WSumTableObj)

# Save the output
outWeightedSum.save(cikti_raster_adi)
print(f"{cikti_raster_adi} {yagis}, {nem} ve sabitler ile
oluşturuldu.")

calculate()

print("ADIM_9: Weighted Sum işlemi tamamlandı. ")
contents_temizle()

```

10. ADIM: Her bir saat için oluşturulan ağırlıklı toplam haritalarının ekranda ardışık gösterilmesi için raster veriler ile mozaik raster veri seti oluşturulur. Oluşturulan veri seti içerisine ağırlıklı toplam haritaları eklenir ve mozaik verisine zaman sütunu eklenip veri isimlerinden elde edilen saat bilgisi sütuna işlenir.

```
# Mosaic Dataset adını ve yolu belirtin
mosaic_dataset_adi = "MosaicDataset"
mosaic_dataset_yolu = arcpy.env.workspace

# Mosaic Dataset oluşturun
arcpy.CreateMosaic..._management(mosaic_dataset_yolu, mosaic_dataset_adi,
proj_string)

# Mosaic Dataset'ı açın
md = arcpy.management.AddRastersToMosaicDataset(mosaic_dataset_adi,
"Raster Dataset", arcpy.ListRasters("SUM_*"))

print("Mosaic Dataset oluşturuldu ve rastreler eklendi.")

###ADIM_11: Oluşturulan Mosaic verisine Time sütunun eklenmesi

# Mosaic Dataset adını belirtin
mosaic_dataset_adi = "MosaicDataset"

# Yeni "Time" sütununu ekleyin
arcpy....Field_management(mosaic_dataset_adi, "Time", "DATE")

# Başlangıç tarihini tanımlayın
baslangic_tarihi = datetime.datetime(2023, 7, 10, 0, 0, 0) # Yıl, ay,
gün, saat, dakika, saniye

# Saatlik zaman hesaplaması için işlevi tanımlayın
def saatlik_zaman_hesapla(OBJECTID):
    if OBJECTID == 0:
        return baslangic_tarihi
    else:
```

```

        zaman_farki = datetime.timedelta(hours=OBJECTID - 1) #
Başlangıcı 1 saat geriye alın
        yeni_zaman = baslangic_tarihi + zaman_farki
        return yeni_zaman

# Mosaic Dataset'teki "Time" sütununu güncelleyin
with arcpy.da.UpdateCursor(mosaic_dataset_adi, ["OBJECTID", "Time"]) as
cursor:
    for row in cursor:
        object_id = row[0]
        yeni_zaman = saatlik_zaman_hesapla(object_id)
        row[1] = yeni_zaman
        cursor.updateRow(row)
print("Time sütunu eklenip güncellendi.")

```

11. ADIM: Mozaik oluşturulan raster veri seti içerdiği bir çok rasterı aynı formatta gösterebilmesi adına veri seti optimize edilir. İşlem sonunda tamamlanma süresi hesaplanır.

```

arcpy.management.BuildOverviews(mosaic_dataset_adi, '',
"DEFINE_MISSING_TILES", "GENERATE_OVERVIEWS",
"GENERATE_MISSING_IMAGES", "REGENERATE_STALE_IMAGES")

print("Mosaic Overview işlemi tamamlandı.")

# Bitiş zamanını kaydedin
bitis_zamani = time.time()

# Toplam süreyi hesaplayın (dakika cinsinden)
toplam_sure_saniye = bitis_zamani - baslangic_zamani
toplam_sure_dakika = toplam_sure_saniye / 60

print(f"İşlem {toplam_sure_dakika:.2f} dakikada tamamlandı.")

print("Tüm Risk Haritaları Üretildi. İşlemler Bitti")

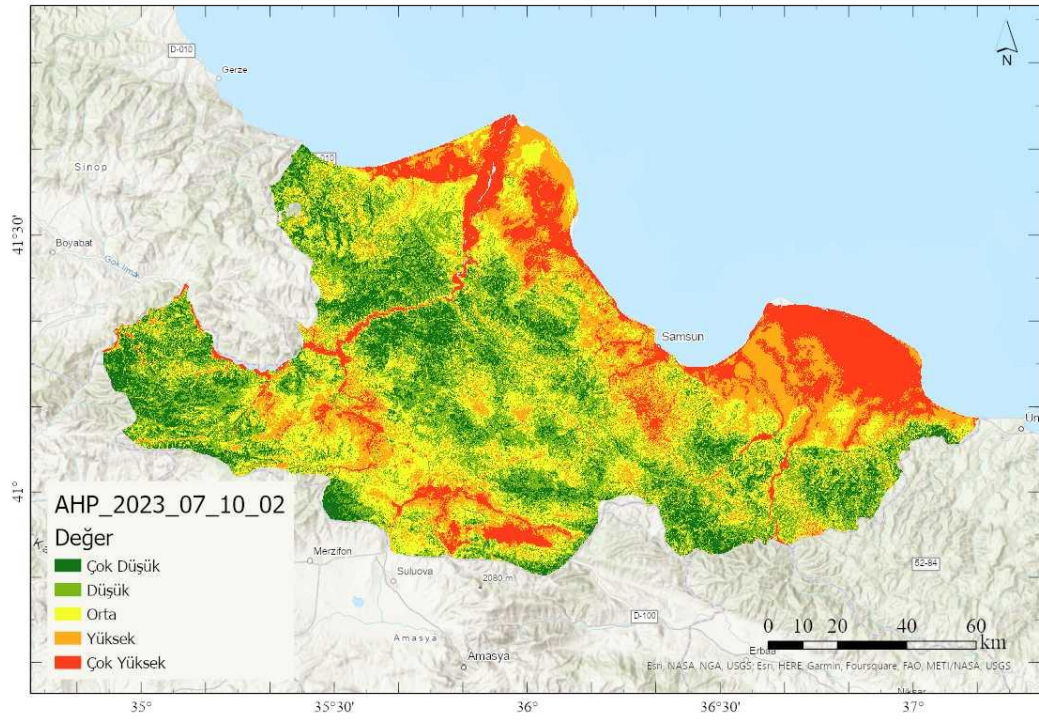
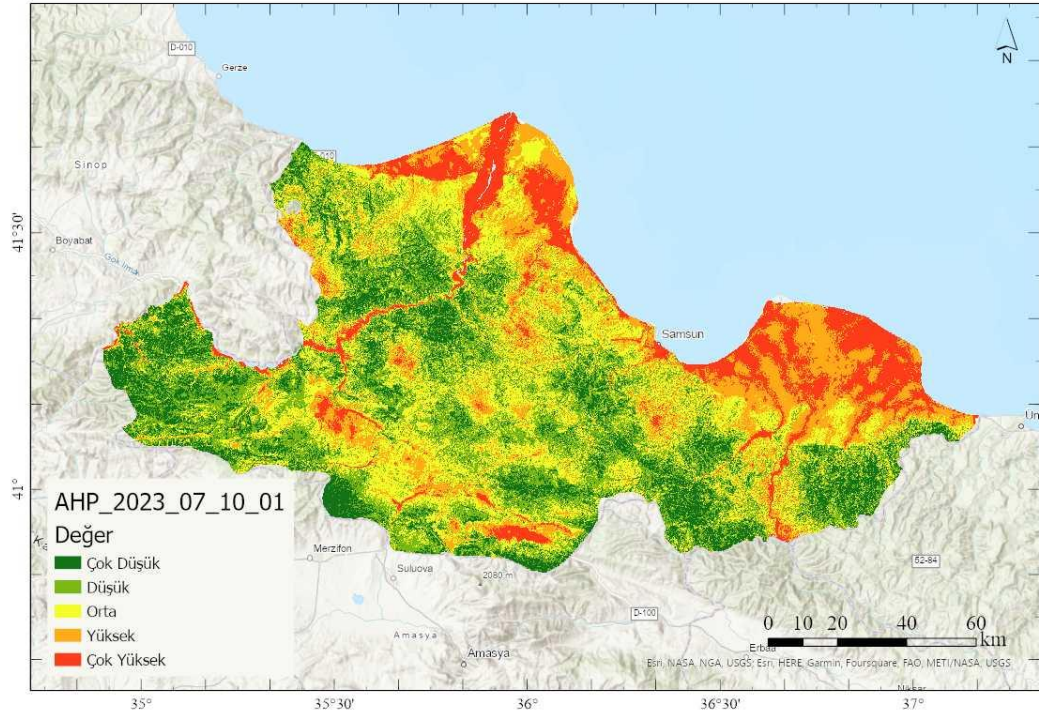
```

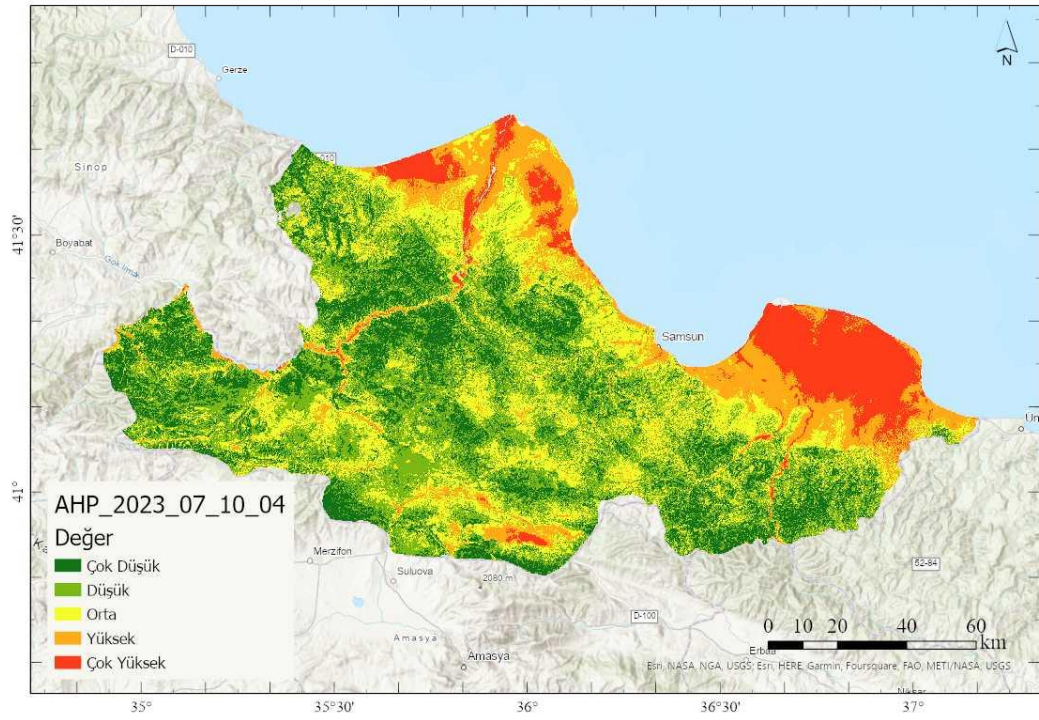
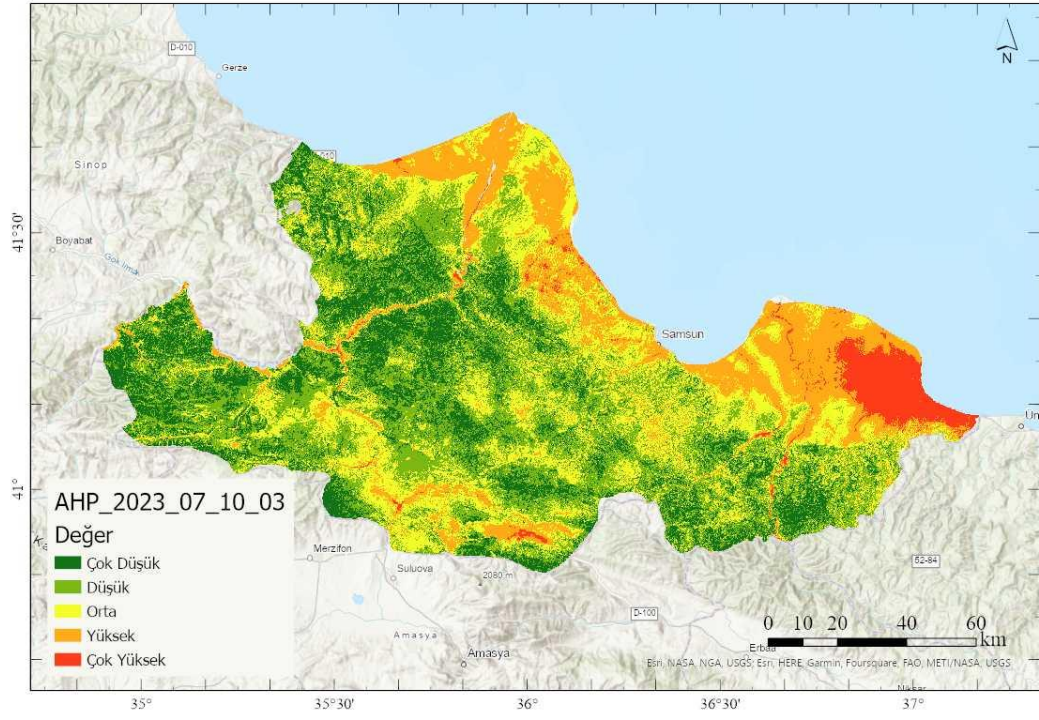
6. BULGULAR VE İRDELEME

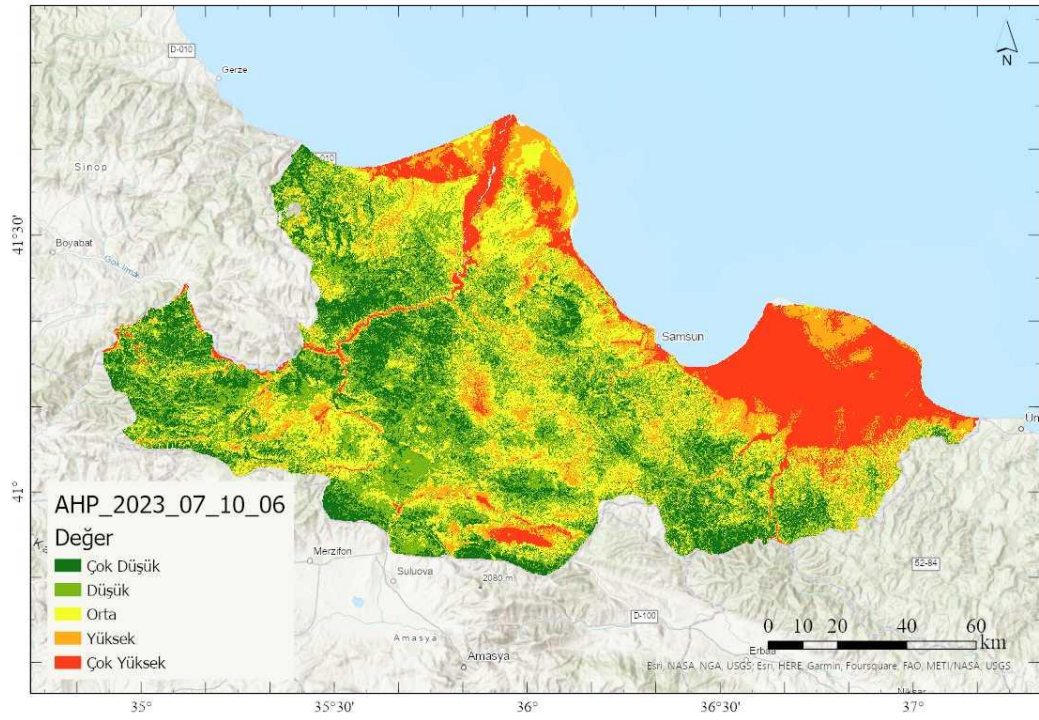
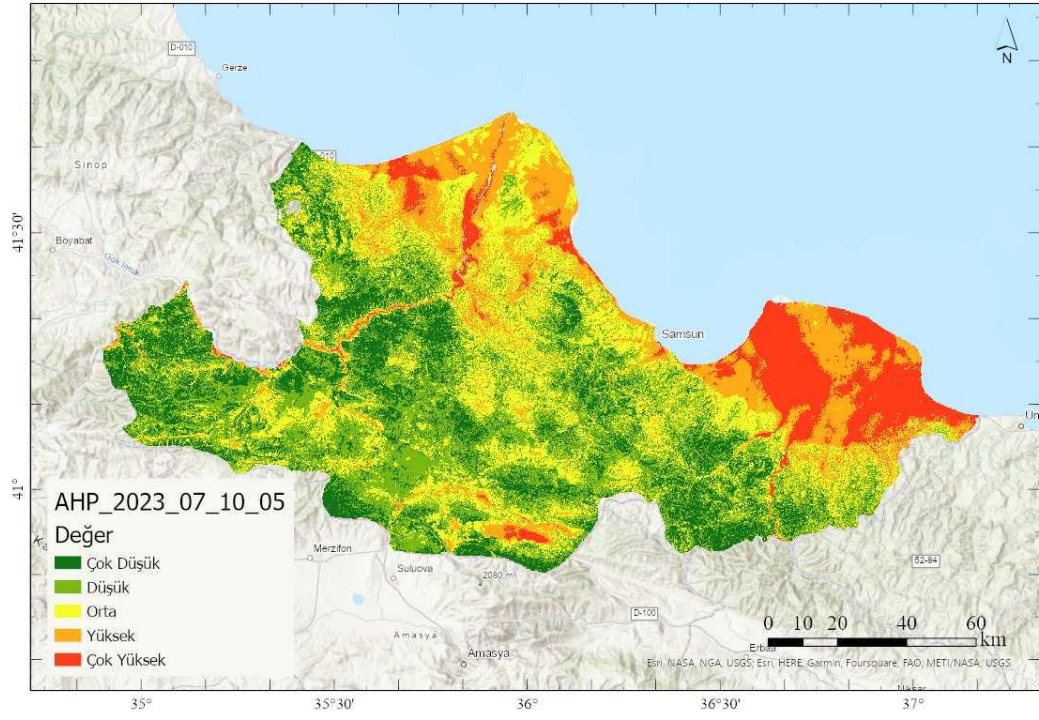
Sürekli güncellenen hava tahmin verisini işleyerek sonuç üretmesi planlanan model, geliştirilen python kodları ile çalıştırılmış, gerçekleştirilen işlem adımları sonucunda döngüsel olarak her bir saat için risk tahmin haritaları üretilmiştir. Düşük yağış tahmini olan günlerde model risk tespit etmemiştir. MGM ya da dinamik veri tedarikçileri tarafından veri sağlandığı sürece geliştirilen model, verileri işleyip risk tahmini yapmaya devam edecektir.

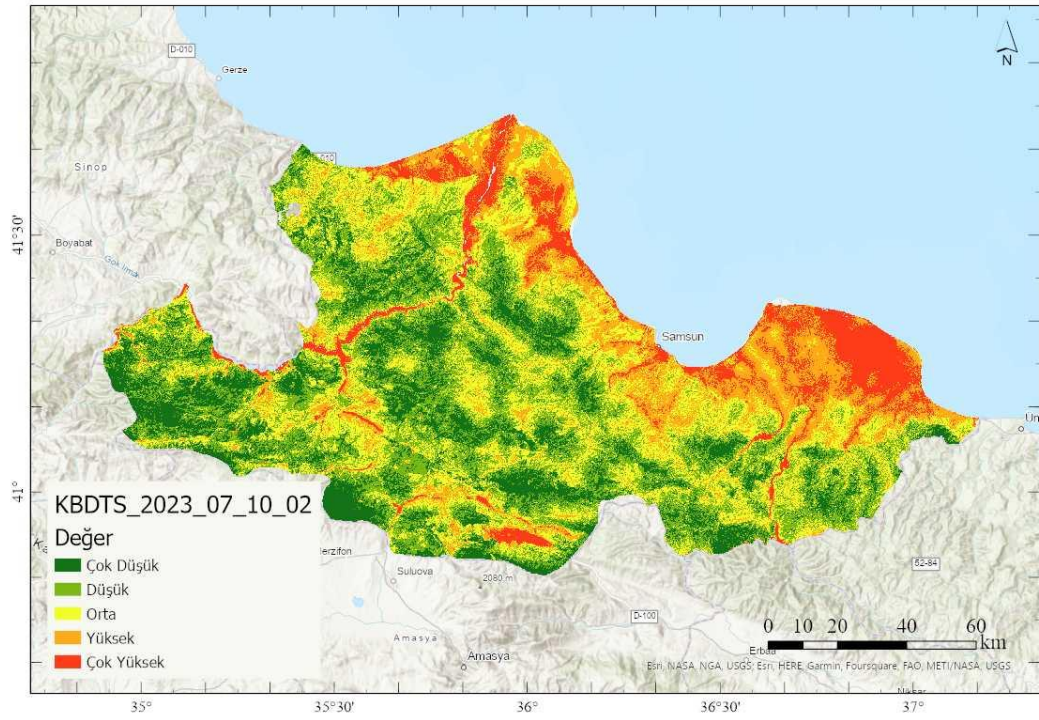
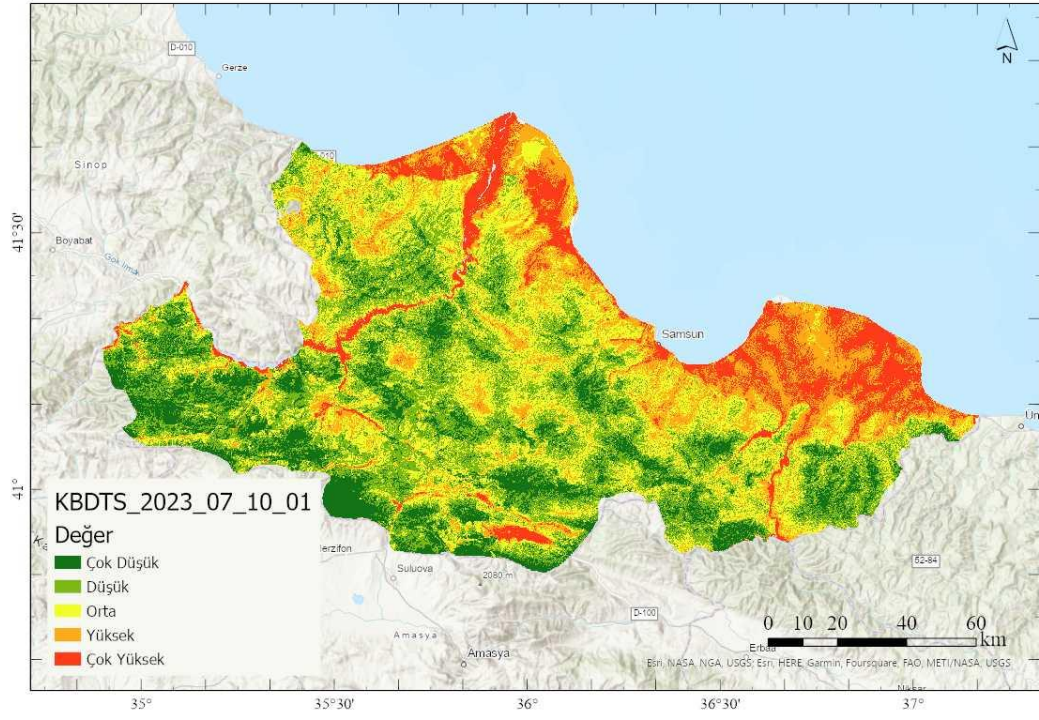
Temin edilen 72 saatlik veriye ait risk tahmini, geliştirilen yarı dinamik model ile gerçekleştirilmiştir. Yoğun yağış tahmini olan 10 Temmuz 2023, 00:00 ve 06:00 saatleri arasında 6 saat için üretilen model çıktıları; AHP ile elde edilen tahmin haritaları Şekil 6.1. - Şekil 6.6., aynı tarih-saat aralığına sahip KBDTS yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmış veriler ile üretilen haritalar ise Şekil 6.7.- Şekil 6.12.'de örnek olarak aşağıda verilmiştir.

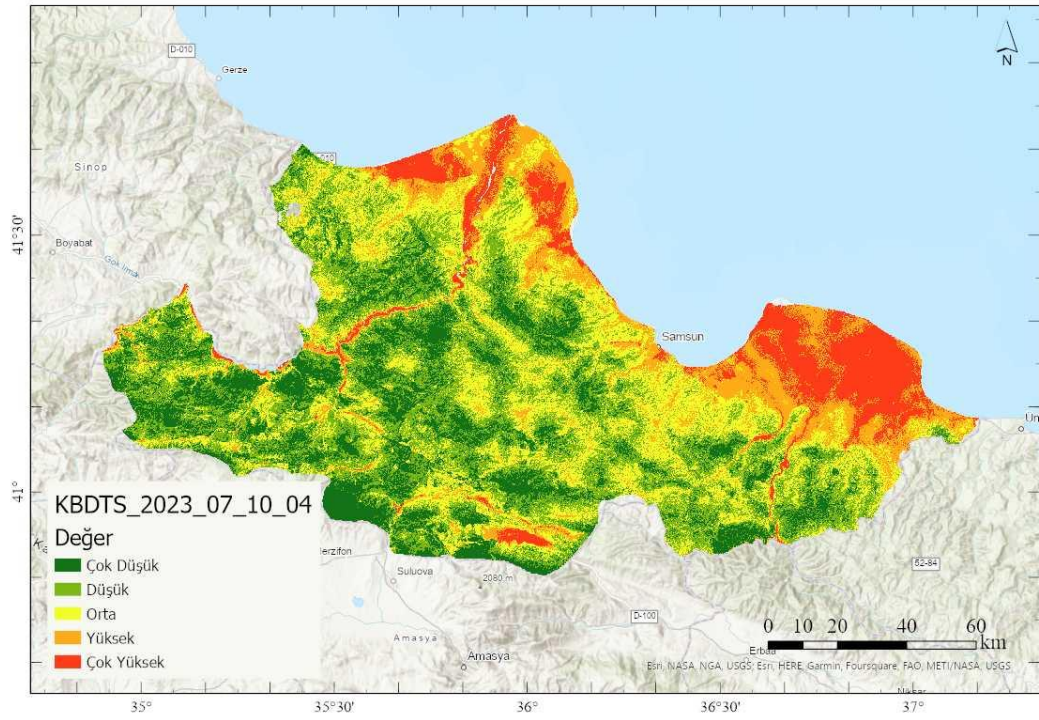
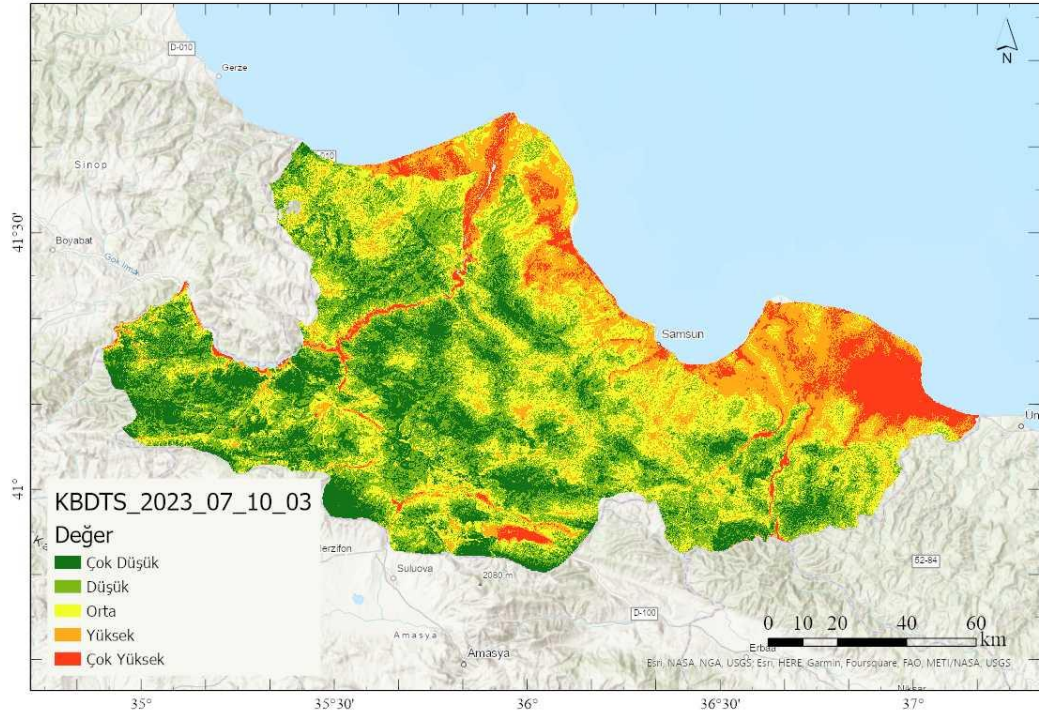
Model sonucunda üretilen haritaların farklı disiplinlerden kullanıcılara hitap edeceği ön görülerek harita çıktıları üzerinde coğrafi koordinat gridleri, kuzey oku, lejant ve ölçek gösterilmiştir. Lejant içeriğinde isimlendirmeler WRF veri ismine bağlı olarak kodlar tarafından otomatik olarak üretildiğinden AHP yöntemi ile üretilen çıktıların lejantlarında “AHP_yıl_ay_gün_saat”, KBDTS yöntemi ile üretilen çıktıların lejantlarında “KBDTS_yıl_ay_gün_saat” şeklinde isimlendirilmiştir.

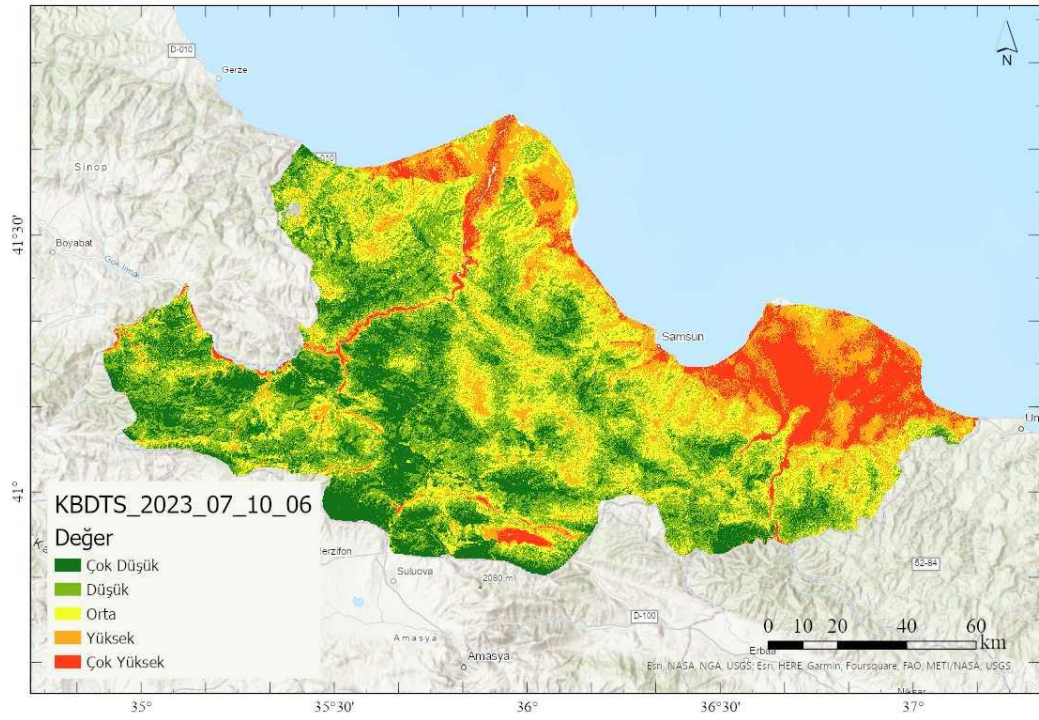
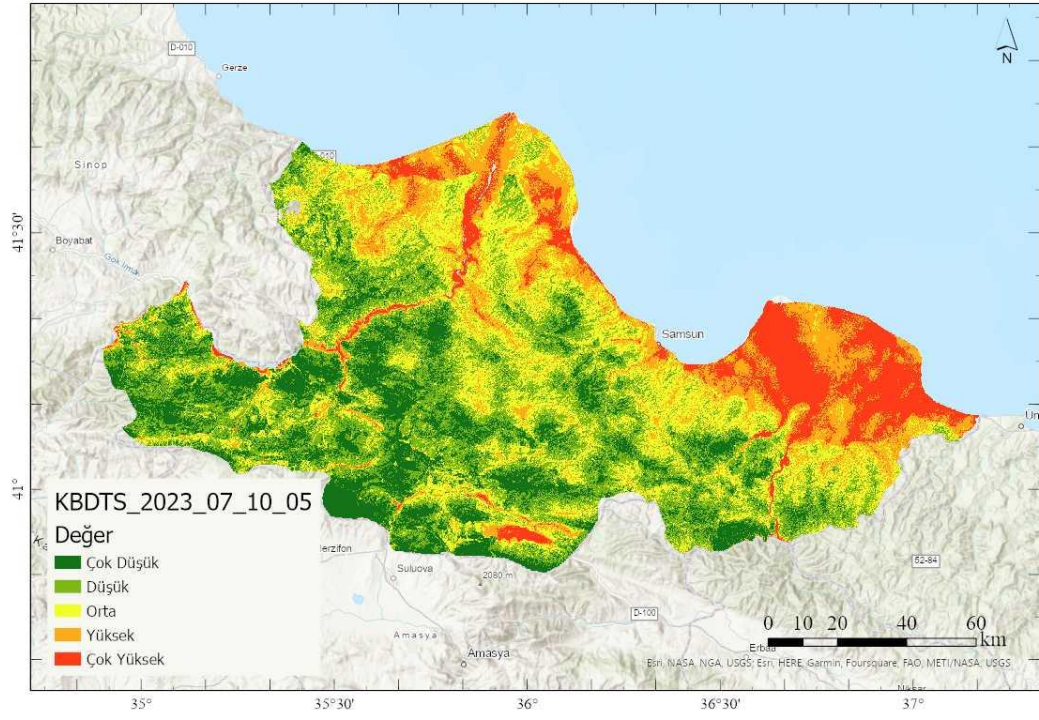








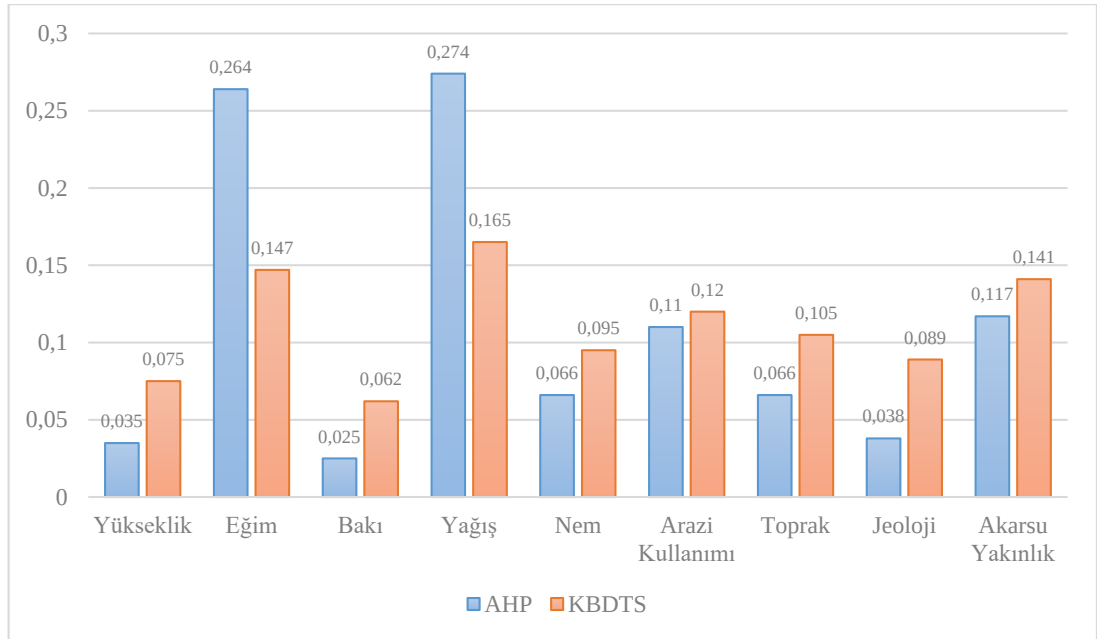




Çıktılar incelendiğinde oluşturulan sel-taşkın tahmin haritalarının dinamik yağış ve nem verilerine göre değişkenlik gösterdiği görülmektedir. Bu haritalarda 5. sınıf yüksek riskli bölgeleri temsil eden kırmızı piksellerin genellikle eğimin az olduğu sahil şeridine yakın, yoğun yapılaşmanın olduğu alanlara denk geldiği görülmektedir. Çalışma alanında yüksek rakımlı bölgeler eğim, bakı, yükseklik, akarsuya yakınlık, jeoloji, toprak yapısı ve ilişkili saat içerisinde aldığı yağış ve nem değerlerine göre genellikle düşük risk sınıfında çıktığı görülmektedir.

6.1. AHP ve KBDTS Yöntemleri Sonuçlarının Kıyaslanması

İki farklı ÇKKV yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları aşağıdaki grafikte verilmiştir (Şekil 6.13.). KV'ler AHP yönteminde kriterler arasında daha somut tespitlerde bulunabildikleri için yağış ve eğim sel-taşkın risk haritası üretiminde açık ara en etkili faktörler olarak belirlenmiştir. Buna karşın KBDTS'de bulanık dilsel terim setleri kullanıldığı için KV'lerin kullandığı dilsel terim setleri kriterler arasında belirgin farkların oluşmasını engellediği gözlemlenmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürle kıyaslandığında yağış, eğim ve akarsuya yakınlığın en yüksek ağırlığa sahip kriterler, jeoloji, bakı ve arazi kullanımının sıralaması değişiklik göstermekle birlikte düşük ağırlık değerine sahip olan kriterler olduğu görülmektedir (Akın ve Karaca, 2021; Oğuz vd., 2022; Özcan, 2017; Tanrıverdi, 2019). Tez kapsamında belirlenen kriter ağırlıklarının literatürle tutarlı olduğu sonucuna varılmıştır.



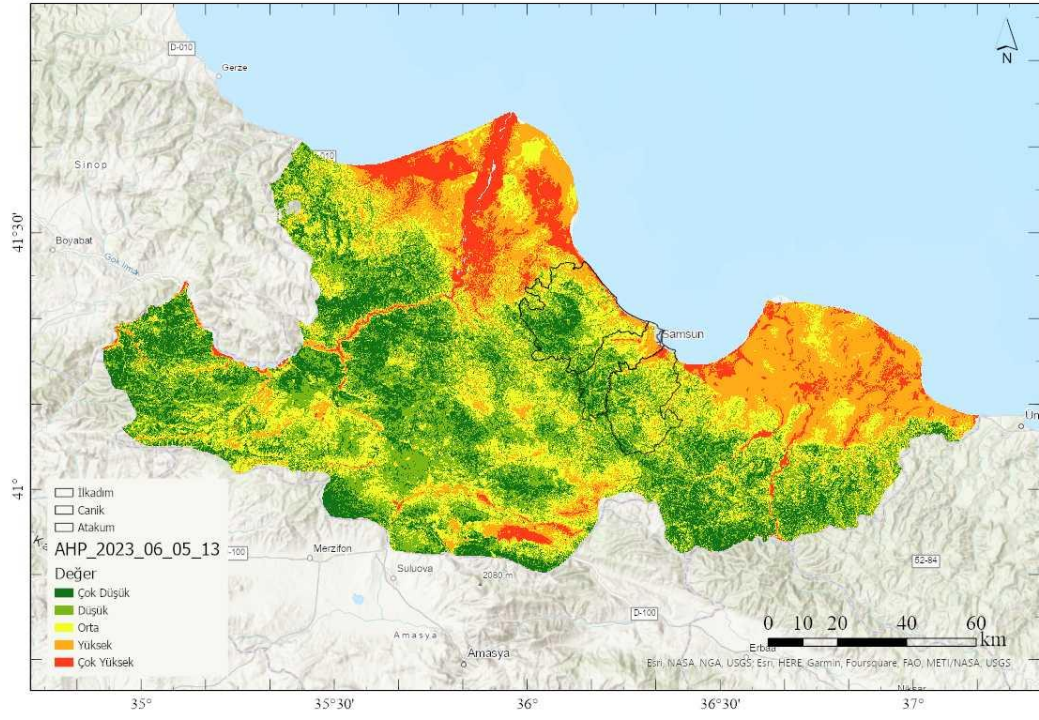
Şekil 6.13. AHP ve KBDTS kriter ağırlıkları

6.2. Model Doğruluğunun İrdelenmesi

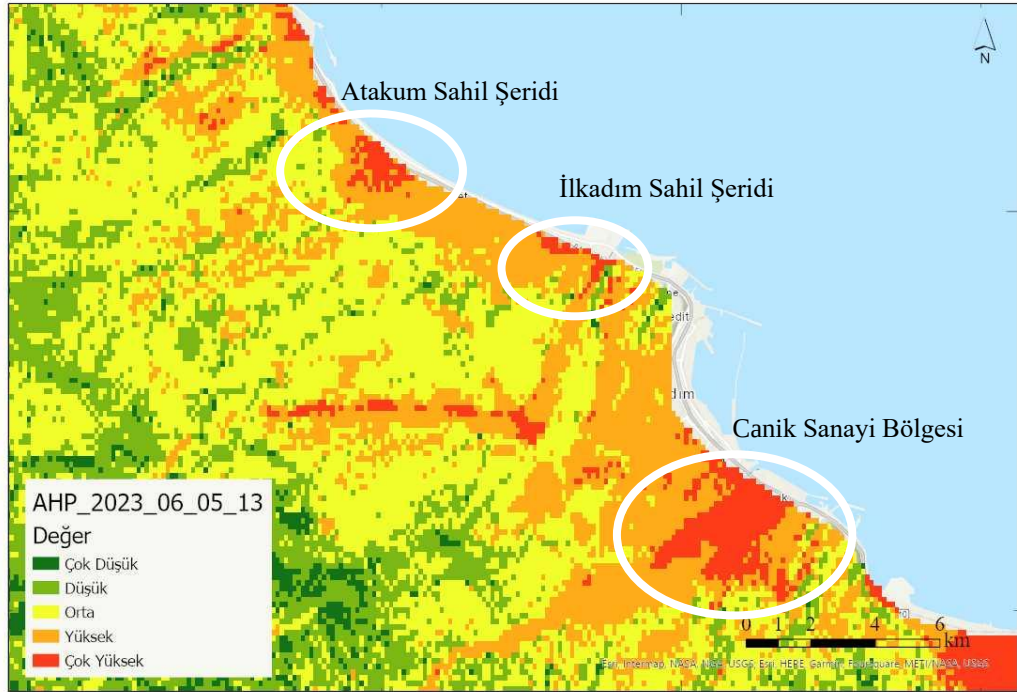
Geliştirilen modeli diğer uygulamalardan ayıran en önemli özellik olan dinamik verilerin kullanılması sebebiyle sel-taşkın riskinin saatlik olarak üretilebilme kabiliyetidir. WRF verileri MGM tarafından aktif olarak 2018 yılından itibaren üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır. Bu nedenle 2018 yılı öncesine ait yüksek çözünürlüklü (3x3km piksel boyutlu) veriye ulaşmak mümkün olmamaktadır. WRF verileri saatlik üretilen ve bindirmeli olarak yinelenen veriler olması nedeniyle haftalık periyotlarda MGM’de dijital ortamlarda arşivlenmektedir.

Çalışma alanının sel-taşkın envanteri incelendiğinde en dikkat çeken sel-taşkın olayının 4 Temmuz ve 6 Ağustos 2012 tarihlerinde meydana geldiği, bu sel-taşkın olaylarında 12 can kaybı yaşandığı, 1111 konut, 1507 işyeri, 36 kamu binasının zarar gördüğü belirlenmiştir (Bahadır, 2014). Ancak yüksek çözünürlüklü WRF verileri 2018’den sonra üretilmeye başlandığı için ilgili tarihteki olay irdelenememiştir. Yakın geçmişte gerçekleşen sel-taşkın olayları incelendiğinde 5 Haziran 2023 tarihine ait arşiv kayıtlarına ulaşılmış ve bu tarihe ait WRF verileri geliştirilen model üzerinde irdelenmiştir.

Haberler ve raporlara göre 5 Haziran 2023 tarihinde, özellikle Canik ilçesi sanayi bölgesinde sel-taşkın olaylarının gerçekleştiği görülmektedir ve bu alanların tahmin verileri kullanılarak model sonuçlarında da sel-taşkın riskinin tespit edilebildiği görülmektedir (Şekil 6.14. ve Şekil 6.15.). Şekil üzerinde Atakum, İlkadım ve Canik ilçe sınırları da sunulmuştur.



Şekil 6.14. 5 Haziran 2023, Saat: 13:00 sel-taşkın tahmin haritası



Şekil 6.15. 5 Haziran 2023 , Saat: 13:00 sel-taşkın beklenen bölgelerin tespiti

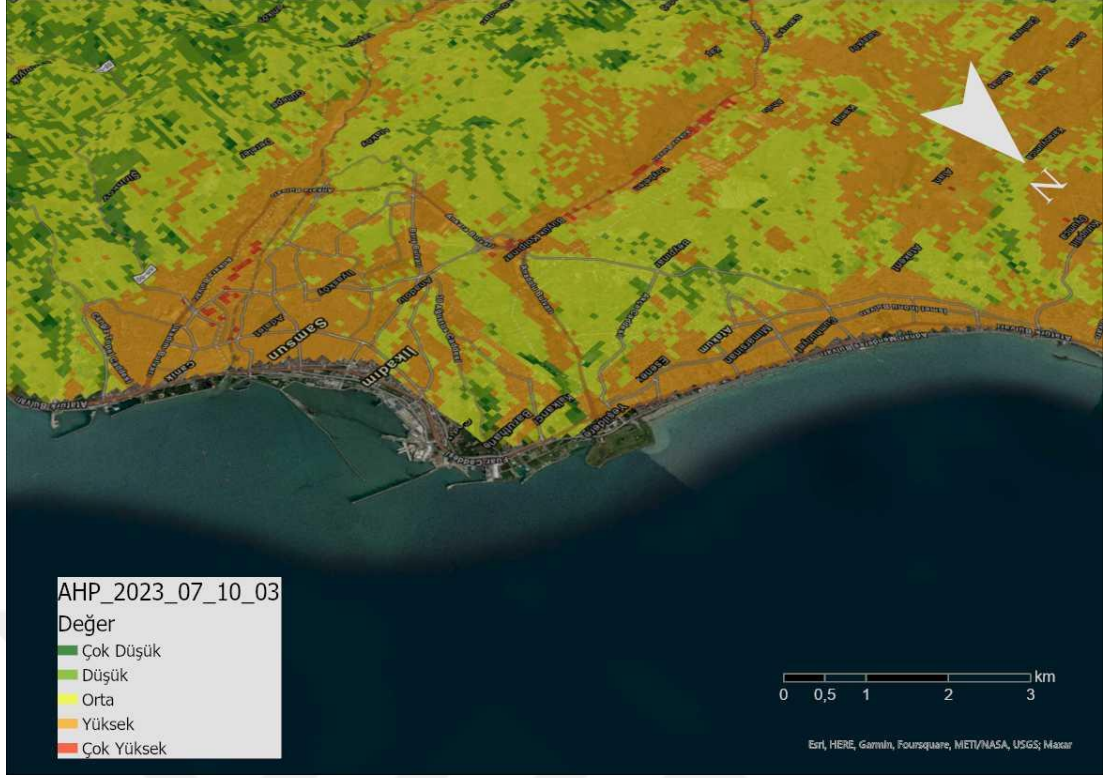
6.3. Model Çıktılarının 3B Kent Modeli İle İlişkilendirilmesi

3B kent modelleri, dijital ikiz gibi teknolojik gelişmeler kentlerin izlenmesi, takip edilmesi ve yönetilebilmesi için kritik öneme sahiptir. Model sonucunda elde edilen risk tahmin haritalarının 3B kent modeli üzerinde gösterilmesi ile etkilenecek alanların daha detaylı tespit edilebilmektedir (Şekil 6.16.).

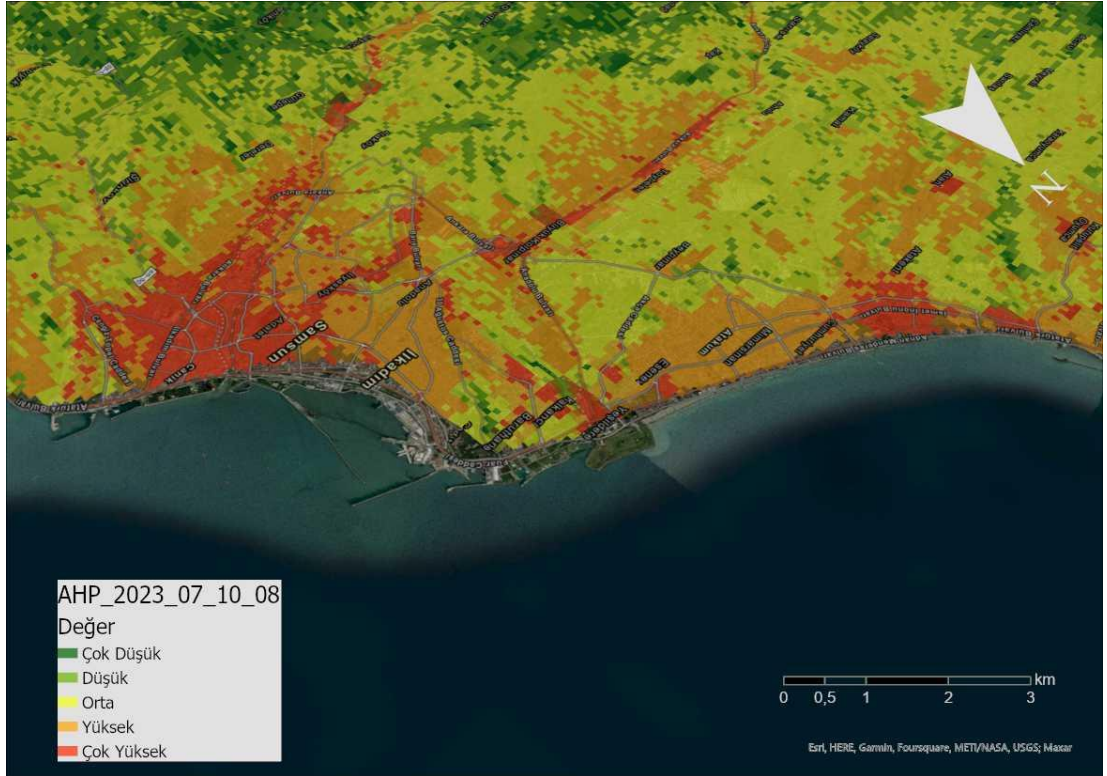


Şekil 6.16. Atakum, İlkadım ve Canik ilçelerinin 3B görünümü

Kentsel nüfusun yüksek olduğu yerleşim bölgelerinin yağış tahmin verilerine göre sel-taşkın riski altında kalan bölgeleri modelden elde edilen çıktılarda açıkça görülmektedir. Her bir saat için sel-taşkın tahmin haritaları incelendiğinde beklenen yağışın hangi bölgeleri yüksek derecede etkileyeceği gözlemlenebilmektedir. Dinamik verilere bağlı olarak farklı saatler için farklı sonuçlar elde edildiğinden dolayı genel olarak orta ve yüksek risk tahmin edilen bir saat aralığı ve yüksek ve çok yüksek risk tahmin edilen bir saat aralığı'na ait tahmin haritası örnekleri sırasıyla Şekil 6.17. ve Şekil 6.18.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.17. 10 Temmuz 2023, Saat 03:00 tahmin haritası



Şekil 6.18. 10 Temmuz 2023, Saat 08:00 tahmin haritası

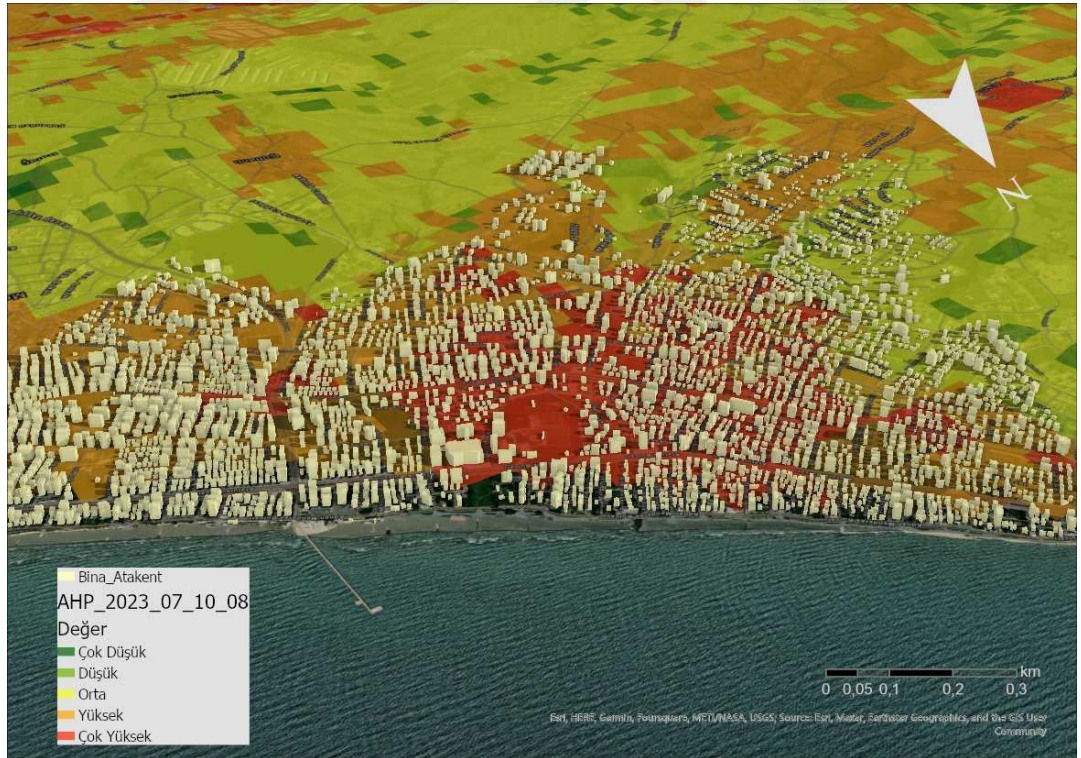
3B kent modelleri ile sel-taşkın risk tahmin haritaları çakıştırılarak riskli bölgelere düşen binalar tespit edilmiştir. Örnek bir mahalle bazında (Şekil 6.19.) LOD1 detay seviyesinde üretilen 3B kent modellemesi ile belirlenen saat dilimi için üretilen tahmin haritasına göre bölgedeki risk altında olan binalar 3B olarak gösterilmiştir. Kırmızı ile temsil edilen çok yüksek risk sınıfına düşen binalar açıkça tespit edilebilmektedir. Risk tahmin haritası dinamik verilere göre bir saatlik periyotlarda değişikçe risk altında olan bölgelerdeki değişim tespit edilebilmektedir. Orta ve yüksek risk tahmin edilen bir saate ait örnek tahmin haritası Şekil 6.20.'de, yüksek ve çok yüksek risk tahmin edilen bir saate ait örnek tahmin haritası Şekil 6.21.'de gösterilmiştir.



Şekil 6.19. Çalışma alanının bir kısmına ait LOD1 seviye 3B model



Şekil 6.20. 10 Temmuz 2023, Saat 03:00 risk altında kalan 3B binalar



Şekil 6.21. 10 Temmuz 2023, Saat 08:00 risk altında kalan 3B binalar



Şekil 6.23. 5 Haziran 2023, Saat 13:00 risk altında kalan 3B binalar

Çalışma alanında MGM tarafından şiddetli yağış tahmini yapılan ve 10-11-12 Temmuz 2023 tarihlerinde gerçekleşen yağışlara ait 72 saatlik WRF verileri MGM'den temin edilmiştir. Bu veriler geliştirilen modelde kullanılmış ve her bir saat için risk haritası üretilmiştir. Özellikle şiddetli yağış gerçekleşen 10 Temmuz 2023 tarihi 00:00-12:00 saatleri arasındaki verilere dayanarak üretilen risk haritaları yüksek riskli alanları ortaya çıkarmıştır.

Geliştirilen model ile 7 statik ve 2 dinamik olmak üzere toplam 9 kriter farklı iki yöntem ile ağırlıklandırılmış ve ağırlıklı toplam yöntemi ile sel-taşkın tahmin haritaları üretilmiştir. Üretilen haritalar incelendiğinde yüksek rakımlı alanlarda risk gözlemlenmediği, riskin yoğunlaştığı kentsel alanların yanı sıra Yeşilırmak ve Kızılırmak ovalarının çoğunlukla yüksek riskli bölgeler olarak tahmin edildiği görülmektedir. Ancak bu ovaların sık ve yoğun yağış alan sulak bölgeler olduğu, kullanılan kriterlere bağlı olarak düşük eğimli olması, suya doymuş toprak yapısına sahip olması, yer yer bataklık olmakla birlikte bir çok akarsu yatağı barındırması sebepleriyle ağırlıklı toplam değerlerinin yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Buna karşın bölgenin tarımsal arazi olması nedeniyle bölgedeki sulama ve drenaj kanalları sayesinde sel-taşkın olaylarının sık gözlemlenmediği belirlenmiştir.

Kentsel bölgeler incelendiğinde genellikle akarsu alt havzası olan dere ya da kuru dere yatakları ve yakın çevresi yüksek riskli olarak çıkmaktadır. Atakum ilçesinde mevcut dere ve kuru derelerin yer aldığı (Şekil 3.11.) vadilerde gerçekleşen yapılaşma arazi kullanımını değiştirerek bu bölgeler yüksek riske maruz kalan yerler olarak gözlemlenmiştir. Atakum ilçesinde yaşanan sel-taşkın olaylarında dere ve kuru dere yataklarına yakın bölgelerin ilk etkilenen yerler olduğu belirlenmiştir.

İlkadım ve Canik ilçelerinin topoğrafik yapısı kıyıdağlından itibaren yükselmeye başladığı için sahil kesimleri ve iki ilçe sınırını oluşturan Mert ırmağı çevresindeki bölgeler çok yüksek riskli alanlar olarak belirlenmiştir.



7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsan yaşamını olumsuz etkileyen olayların ilk sıralarında afetler gelmektedir. Hazırlanan tez kapsamında, dünya genelinde en sık yaşanan meteorolojik kökenli afetlerden sel-taşkın olaylarında riski azaltmak, can ve mal kayıplarının önüne geçmek için sel-taşkın olayları üzerinde etkili olan kriterler belirlenmeye çalışılmış ve bu kriterlere ait farklı kaynaklardan temin edilen statik ve dinamik verilerin birlikte değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Statik ve dinamik veriler farklı iki ÇKKV yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. Kullanılan yöntemlerden AHP pek çok çalışmada kullanılmış, yaygın bir ağırlıklandırma yöntemidir. Diğer yöntem olarak görece yeni olan ve karmaşık problemlerin çözümünde dilsel ifadeler kullanılarak kriter ağırlıklandırma yöntemi olan KBDTS kullanılmıştır. İki ÇKKV yönteminde de aynı kriterler aynı KV'ler tarafından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 9 kriterden AHP'ye göre en yüksek ağırlık %27.4 ile yağış, onu takiben %26.4 ile eğim olarak hesaplanmıştır. Bu yöntemde en düşük ağırlık %2.5 ile bakı olarak hesaplanmıştır. KBDTS yöntemine göre en yüksek ağırlık %16.5 ile yağış ve onu takiben %14.7 ile eğim olarak hesaplanmıştır. Bu yöntemde de en düşük ağırlık %6.2 ile bakı olarak hesaplanmıştır. Her iki yöntemde de sel-taşkın olayına en çok etki eden ilk iki faktör yağış ve eğim olarak belirlenmiştir.

9 adet kritere ait verilerin haritaları gerekli konumsal analizler kullanılarak üretilmiştir. Elde edilen haritalar ağırlıklı toplam yöntemi ile birleştirilmiştir.

Sel-taşkın risk tahmin haritaları incelendiğinde;

- Çalışma alanının kıyı kesimlerinde ve kentsel yoğunluk ve yapılaşmanın fazla olduğu Atakum, İlkadım ve Canik ilçelerinde yüksek ve çok yüksek riski temsil eden sınıfların yoğunlaştığı görülmektedir.
- Kırsal kesimlerde risk gözlemlenmemiştir. Kırsal arazilerin genelde yüksek rakımlarda bulunması ve arazinin yapılarının toprak olması sebebiyle, analizler sonucu sel-taşkın olaylarında riskli bölgeler tespit edilmemiştir.
- Analizler sonucu elde edilen haritalarda; kentsel alanların yanı sıra Yeşilirmak ve Kızılırmak ovalarının da çoğunlukla yüksek riskli bölgeler olarak işaretlendiği gözlemlenmiştir. Ancak bu durumun, ovaların düşük eğimli ve tarımsal

alan olması sebepleriyle ağırlıklı toplam değerlerinin yüksek çıkmasından kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan örnek 72 saatlik meteorolojik tahmin verileri, gerçekleştikleri tarihlerde Karadeniz genelinde Bartın, Düzce, Ordu, Samsun ve Zonguldak başta olmak üzere bir çok ilde sel-taşkınlara sebep olmuştur. Samsun özelinde Atakum kıyı şeridinde, İlkadım ve Canik ilçelerinde, özellikle Mert ırmağının düşük kotlu bölgelerinde sel-taşkınlar yaşanmıştır. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, AFAD koordinasyonunda valilikler, belediyeler ve çeşitli STK'lar afete müdahalede bulunmuştur.

Hazırlanan tez kapsamında elde edilen sel-taşkın tahmin haritaları yukarıda bahsedilen bölgelerdeki riski ortaya koymuştur. Hazırlanan Sel-taşkın tahmin haritalarının piksel boyutu 100 m olması dolayısıyla riskleri 100 m'ye kadar hassas bir şekilde ortaya koyabilme kabiliyeti vardır.

Tez kapsamında statik veriler ile birlikte dinamik olarak yağış ve nem haritası alınmıştır. Ancak özellikle kentsel alanlarda taşkın ve sel üzerinde kritik etkiye sahip olan çok önemli yapay etkenler mevcuttur. Bu etkenler risk azaltma çalışmaları kapsamında inşa edilen sel kapanı, dere ıslahı vb. sanat yapıları olabildiği gibi riski arttıran köprü, hemzemin geçit, yol/refüj, tren/tramvay hatları gibi altyapı tesisleri de olabilmektedir. Sosyal donatı olarak inşa edilen bu yapılar, doğal afetler karşısında eğim ve akış yönüne etki ederek olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Bunun yanı sıra kuru dere yataklarının kentleşmeye açılması, bazı dere yataklarının ıslah edilerek yine kentleşmeyle iç içe kalması gibi hatalı kentleşme uygulamaları şiddetli yağışlar halinde anormal sonuçlar ortaya çıkartmaktadır. Normalde deşarj olarak akıp gidecek su kütlesi engeller karşısında takılıp hacmini arttırarak yıkıcı bir güç haline gelmektedir. Kentlerin mevcut drenaj altyapıları halkın kullanım alışkanlıkları, düzenli bakıma alınmamaları ve artan nüfusa karşın yetersiz kalmaları vb. sebepler dolayısıyla şiddetli yağışlarda fonksiyonlarını tam olarak yerine getirememektedir. Ayrıca kentleşmeyle birlikte geçirimsiz yüzeylerin artışı ve yeşil alanların-toprak alanların azlığı da yüzey akışının artmasında çok büyük bir etkindir.

Hazırlanan model statik ve dinamik verileri birlikte kullanarak dinamik verilerin etkisi sebebiyle 24 saatlik periyotlar için hassas risk tahmin haritası üretmektedir. Ancak bunun dışında yüksek risk üretecek değerde sanal dinamik verilerle model simüle edilerek çalışma alanı için geleceğe yönelik risk tahmin haritaları üretilebilir.

Bu haritalar da riskli olarak gözlenen yerlerde kentsel planlarda gerekli değişiklikler yapılması, altyapı iyileştirilmesi vb. bir takım tedbirlerle sel-taşkın olaylarına dirençli hale getirilebilir. Ayrıca yeni yerleşim yerleri planlanırken modelin simüle edilmesiyle elde edilecek sonuçların dikkate alınması oluşacak bir takım olayların baştan engellenmesini sağlayabilecektir.

Model halen geliştirmeye açık potansiyele sahiptir. Kriterler değiştirilebilir ya da yapay engeller gibi yeni veri katmanları eklenebilir. Çalışma alanı ve o alana ait sabit kriter verileri değiştirilerek farklı alanlara uygulanabilir. Aynı zamanda tez kapsamında belirlenen kriterlerle sel-taşkın risk analizinde kullanılmak üzere oluşturulan bu model, afet türüne göre kullanılacak kriterler değiştirilip, kriterlere ait ağırlıklar hesaplanarak heyelan, yangın vb. diğer afet türlerinin risk analizinde de etkili olarak kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Abid, S. K., Sulaiman, N., Chan, S. W., Nazir, U., Abid, M., Han, H., Ariza-Montes, A., & Vega-Muñoz, A. (2021). Toward an Integrated Disaster Management Approach: How Artificial Intelligence Can Boost Disaster Management. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su132212560>
- Adnan, M. S. G., Abdullah, A. Y. M., Dewan, A., & Hall, J. W. (2020). The Effects of Changing Land Use and Flood Hazard on Poverty in Coastal Bangladesh. *Land Use Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104868>
- AFAD (2021). *Stratejik plan 2019-2023*. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Planlar/AFAD_2019_2023_STRATEJIK_PLAN.pdf
- AFAD (2022). *Türkiye Afet Risk Azaltma Planı*. https://www.afad.gov.tr/kurumlar/afad.gov.tr/e_Kutuphane/Planlar/28032022-TARAP-kitap_V6.pdf
- Akdamar, E. (2017). The Role of Big Data in Reaching Smart City Ideal. *Kent Akademisi*, 10(30), 200-215. <https://dergipark.org.tr/en/pub/kent/issue/34451/382494>
- Akın, G., & Karaca, Ö. (2021). Çerçi ve Murt Deresi (Fethiye-Muğla) taşkın duyarlılık alanlarının CBS ile çok kriterli karar verme analizi kullanılarak haritalanması. *Yerbilimleri*, 42(1), 121-143.
- Akıncı, H., & Cömert, Ç. (2009). TUCBS ve INSPIRE teknik mimarisi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 12, 11-15.
- Akyel, R. (2005). Türkiye kamu yönetiminde afet yönetimi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 14(1), 15-29.
- Al Awadhi, S., Aldama-Nalda, A., Chourabi, H., Gil-Garcia, J. R., Leung, S., Mellouli, S., Nam, T., Pardo, T. A., Scholl, H., & Walker, S. (2012). Building Understanding of Smart City Initiatives. *International Conference on Electronic Government* https://doi.org/10.1007/978-3-642-33489-4_4
- Alazawi, Z., Abdljabar, M. B., Altowaijri, S. M., Vegni, A. M., & Mehmood, R. (2012). ICDMS: An Intelligent Cloud Based Disaster Management System for Vehicular Networks. *Proceedings of the 4th international conference on Communication Technologies for Vehicles*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29667-3_4
- Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3-21. <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>
- Alkin, R. C. (2021). Afet Yönetiminde Sivil Toplum: İzmir Depremi Sonrası Müdahale Ve İyileştirme Aşamaları Üzerine Bir İnceleme. *Karadeniz Araştırmaları*, 18(70), 313-334.
- Alsamhi, S. H., Almalki, F. A., Al-Dois, H., Shvetsov, A. V., Ansari, M. S., Hawbani, A., Gupta, S. K., & Lee, B. (2021). Multi-Drone Edge Intelligence and SAR Smart Wearable Devices for Emergency Communication. *Wireless Communications and Mobile Computing*. <https://doi.org/10.1155/2021/6710074>
- Anbaroğlu, B. (2021). A Collaborative GIS Programming Course Using GitHub Classroom. *Transactions in Gis*. <https://doi.org/10.1111/tgis.12810>
- Anbaroğlu, B., Güllüoğlu, N., Bilgin, G., & Aydınoğlu, A. Ç. (2021). Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemi Ulaşım Veri Temasının Katılımcı Coğrafi Bilgi Yaklaşımıyla Güncellenmesi. *Geomatik*, 6(2), 115-123.

- Angelidou, M., Psaltoglou, A., Komninos, N., Kakderi, C., Tsarchopoulos, P., & Panori, A. (2017). Enhancing Sustainable Urban Development Through Smart City Applications. *Journal of Science and Technology Policy Management*. <https://doi.org/10.1108/jstpm-05-2017-0016>
- Arı, E. S., & Gencer, C. (2019). The Use and Comparison of a Deterministic, a Stochastic, and a Hybrid Multiple-Criteria Decision-Making Method for Site Selection of Wind Power Plants: An Application in Turkey. *Wind Engineering*. <https://doi.org/10.1177/0309524x19849831>
- Atila, Ü. (2013). *3B CBS Kapsamında Çok Katlı Bina Yangınlarına Yönelik Akıllı Bireysel Tahliye Modelinin Yapay Sinir Ağı İle Tasarlanması* [Doktora, Karabük Üniversitesi]. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Aydınoğlu, A. (2010). Coğrafi Veri Yönetiminde Standart Kavramı. *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 11 – 13 Ekim 2010, Gebze – KOCAELİ*
- Aydınoğlu, A. Ç., & Yomralıoğlu, T. (2007). Coğrafi/Konumsal Veri Altyapısına İlişkin Uluslar Arası Girişimler
- Bahadır, M. (2014). Samsun’da Meydana Gelen 4 Temmuz Ve 6 Ağustos 2012 Taşkınlarının Klimatik Analizi. *Coğrafya Dergisi*.
- Bandrova, T., Zlatanova, S., & Konecny, M. (2012). Three-dimensional maps for disaster management. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume I-2, XXII ISPRS Congress, August-September 2012, pp. 19-24*,
- Batty, M., Axhausen, K., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214, 481-518. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2012-01703-3>
- Bayraktar, H. V., Bayar, D. Y., Kara, B., & Bilgin, G. (2020). Leveraging Maturity Assessment to Choose the Right Applications for Smart Cities: Turkey’s Approach. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xliv-4-w3-2020-137-2020>
- Beiki, H., Seyedhosseini, S. M., Ghezavati, V., & Seyedaliakbar, S. M. (2020). A Location-Routing Model for Assessment of the Injured People and Relief Distribution Under Uncertainty. *International Journal of Engineering*. <https://doi.org/10.5829/ije.2020.33.07a.14>
- Bharosa, N., Lee, J.-K., & Janssen, M. (2009). Challenges and Obstacles in Sharing and Coordinating Information During Multi-Agency Disaster Response: Propositions From Field Exercises. *Information Systems Frontiers*. <https://doi.org/10.1007/s10796-009-9174-z>
- Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., & Çöltekin, A. (2015). Applications of 3D city models: State of the art review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(4), 2842-2889.
- Billa, L., Mansor, S., & Mahmud, A. R. (2004). Spatial Information Technology in Flood Early Warning Systems: An Overview of Theory, Application and Latest Developments in Malaysia. *Disaster Prevention and Management an International Journal*. <https://doi.org/10.1108/09653560410568471>
- Biyik, C., Abareshi, A., Paz, A., Ruiz, R. M. A., Battarra, R., Rogers, C. D. F., & Lizarraga, C. (2021). Smart Mobility Adoption: A Review of the Literature. *Journal of Open Innovation Technology Market and Complexity*. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020146>

- Borisoglebsky, D., & Varga, L. (2019). A Resilience Toolbox and Research Design for Black Sky Hazards to Power Grids. *Complexity*. <https://doi.org/10.1155/2019/1065419>
- Boschert, S., & Rosen, R. (2016). Digital Twin—The Simulation Aspect. *Mechatronic Futures*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-32156-1_5
- Boyacı, A. C., Solmaz, M. B., & Kabak, M. (2021). A model proposal for occupational health and safety risk assessment based on multi-criteria hesitant fuzzy linguistic term sets: An application in plastics industry. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(2), 1041-1053.
- Bozkurt, Ö., & Çiçekdağı, H. İ. (2022). İl Afet Risk Azaltma Planları (İRAP) Sonrası Yapılacak Risk Azaltma Yatırımlarında Best-Worst Metodu (BWM) ile Kriter Önceliklendirme. *Afet ve Risk dergisi*, 5(1), 109-121.
- Bromwich, D. H., Hines, K. M., & Bai, L. (2009). Development and Testing of Polar Weather Research and Forecasting Model: 2. Arctic Ocean. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*. <https://doi.org/10.1029/2008jd010300>
- Bulut, Y., & Aslan, M. (2021). Afet Yönetiminde Akıllı Kent Uygulamalarının Rolü. *Akıllı Kentler (Uygulamalar, Sorunlar ve Çözümler) (Pp. 1-16)*.
- Büyüksalih, G., Baskaraca, P., Bayburt, S., Büyüksalih, I., & Rahman, A. A. (2019). 3d City Modelling of Istanbul Based on Lidar Data and Panoramic Images – Issues and Challenges. *The International Archives of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-xlii-4-w12-51-2019>
- Caragliu, A., Bo, C. D., & Nijkamp, P. (2011). Smart Cities in Europe. *Journal of Urban Technology*. <https://doi.org/10.1080/10630732.2011.601117>
- Ceren, A. (2023). Türkiye’de afet yönetimi ve afetlerde teknoloji kullanımının önemi. *R&S-Research Studies Anatolia Journal*, 6(1), 78-106.
- Chen, Z.-S., Zhang, X., Pedrycz, W., Wang, X.-J., Chin, K.-S., & Martínez, L. (2021). K-means clustering for the aggregation of HFLTS possibility distributions: N-two-stage algorithmic paradigm. *Knowledge-Based Systems*, 227, 107230.
- Chinnammalu, P., None, N., Mahesh, R., Venkatesh, J., None, N., & None, N. (2019). Development of Quality Control Tools for ARCMAP Using Python. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*. <https://doi.org/10.35940/ijitee.k2461.0981119>
- Choubin, B., Moradi, E., Golshan, M., Adamowski, J., Sajedi-Hosseini, F., & Mosavi, A. (2019). An ensemble prediction of flood susceptibility using multivariate discriminant analysis, classification and regression trees, and support vector machines. *Sci Total Environ*, 651(Pt 2), 2087-2096. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.064>
- Commission, E. (2019)., INSPIRE Themes. *European Commission INSPIRE Knowledge Base*. Erişim Tarihi: 10.09.2019 from https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/tools/inspire-themes_en
- CRED (2023). Disasters in Numbers 2022. *Centre for Research on the Epidemiology of Disasters* <https://www.cred.be/publications>
- Çalış Boyacı, A., Şişman, A., & Sarıcaoğlu, K. (2021). Site selection for waste vegetable oil and waste battery collection boxes: a GIS-based hybrid hesitant fuzzy decision-making approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(14), 17431-17444. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-12080-5>

- ÇŞB (2018). TUCBS Coğrafi Veri Temaları. *Çevre Şehircilik ve İklim Bakanlığı*. Erişim Tarihi: 18.10.2022 <https://cbs.csb.gov.tr/cografi-veri-temalari-uygulama-semalari-i-86098>
- D'Amico, G., L'Abbate, P., Liao, W., Yigitcanlar, T., & Ioppolo, G. (2020). Understanding Sensor Cities: Insights From Technology Giant Company Driven Smart Urbanism Practices. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s20164391>
- Danilina, N., Slepnev, M., & Chebotarev, S. (2018). Smart city: automatic reconstruction of 3D building models to support urban development and planning. *MATEC Web of Conferences*, 251, 03047. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201825103047>
- Datta, A. (2015). New Urban Utopias of Postcolonial India. *Dialogues in Human Geography*. <https://doi.org/10.1177/2043820614565748>
- Davis, S., Pentakota, L., Saptarishy, N., & Mujumdar, P. P. (2022). A Flood Forecasting Framework Coupling a High Resolution WRF Ensemble With an Urban Hydrologic Model. *Frontiers in Earth Science*. <https://doi.org/10.3389/feart.2022.883842>
- Dayanır, H., Çınar, A. K., & Akgün, Y. (2022). Delphi yöntemi kullanarak afet sonrası geçici barınma alanı seçimi ve planlaması ölçütlerinin belirlenmesi: İzmir/seferihisar örneği. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 8(1), 87-102. <https://doi.org/10.21324/dacd.936585>
- Derse, O. Y., Emel (2020). SWARA-TOPSIS Yöntemi İle En Uygun Yenilenebilir Enerji Kaynağının Belirlenmesi [Research Articles]. *Journal of Industrial Engineering* 31(3), 389-410,, 31. <https://doi.org/https://dergipark.org.tr/en/pub/endustrimuhendisligi/issue/58347/798063>
- Diez, S., & Sorribas, J. (2017). Bedform Mapping: Multibeam Data Processing, Metadata and Spatial Data Services. *Atlas of Bedforms in the Western Mediterranean*, 3-6.
- Dinçer, H., Uzunkaya, S. Ş., & Yüksel, S. (2019). An IT2-Based Hybrid Decision-Making Model Using Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets for Selecting the Development Plan of Financial Economics. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. <https://doi.org/10.2991/ijcis.d.190312.001>
- Dogan, O., & Oztaysi, B. (2018). In-Store Behavioral Analytics Technology Selection Using Fuzzy Decision Making. *Journal of Enterprise Information Management*. <https://doi.org/10.1108/jeim-02-2018-0035>
- Doğru, Ş., & Seker, D. (2009). Coğrafi Bilgi Sistemlerinde 3B Kent Modelleme Olanaklarının İrdelenmesi. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir, Kasım*.
- Dube, E., Mtapuri, O., & Matunhu, J. (2018). Managing Flood Disasters on the Built Environment in the Rural Communities of Zimbabwe: Lessons Learnt. *Jambá Journal of Disaster Risk Studies*. <https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.542>
- Erdoğan, E. (2006). Çevre ve kent estetiği. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 8(9), 68-77.
- Erdoğan, G. (2019). Akıllı Kent Göstergeleri Ve Stratejileri. *Yönetim Bilişim Sistemleri Dergisi*, 4(2), 1-23. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ybs/issue/45507/541646>
- Ergünay, O., Derneği, D. M., & Sekreteri, G. (2009). Doğal Afetler ve Sürdürülebilir Kalkınma. *Deprem sempozyumu*, 11, 12.
- Erkal, T., & Değerliuyurt, M. (2009). Türkiye’de afet yönetimi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14(22), 147-164.
- ESRI. (2023). Weighted Sum (Spatial Analyst). *ESRI Documentations*. Erişim Tarihi: 03.05.2023, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/weighted-sum.htm>

- Fan, Y., Wen, Q., Wang, W., Wang, P., & Zhang, P. (2017). Quantifying Disaster Physical Damage Using Remote Sensing Data—A Technical Work Flow and Case Study of the 2014 Ludian Earthquake in China. *International Journal of Disaster Risk Science*. <https://doi.org/10.1007/s13753-017-0143-8>
- Fırat, U., Varlık, A., & Metin, A. (2018). Üç boyutlu kent modellerinde ayrıntı düzeyi kavramı İnce Minareli Medrese (Konya) örneği. *Geomatik*, 3(1), 74-83.
- Giardino, M., Perotti, L., Lanfranco, M., & Perrone, G. (2012). GIS and Geomatics for Disaster Management and Emergency Relief: A Proactive Response to Natural Hazards. *Applied Geomatics*. <https://doi.org/10.1007/s12518-011-0071-z>
- Glago, F. J. (2021). Flood Disaster Hazards; Causes, Impacts and Management: A State-of-the-Art Review. <https://doi.org/10.5772/intechopen.95048>
- Gröger, G., Kolbe, T. H., Czerwinski, A., & Nagel, C. (2008). OpenGIS city geography markup language (CityGML) encoding standard, version 1.0. 0.
- Gröger, G., & Plümer, L. (2012). CityGML—Interoperable semantic 3D city models. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 71, 12-33.
- Hammami, S., Zouhri, L., Souissi, D., Souei, A., Zghibi, A., Marzougui, A., & Dlala, M. (2019). Application of the GIS based multi-criteria decision analysis and analytical hierarchy process (AHP) in the flood susceptibility mapping (Tunisia). *Arabian Journal of Geosciences*, 12(21), 653. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4754-9>
- Hashmi, A., Ahmad, M., & Nawaz, M. A. (2021). The Role of Coordination, Decision Making and Special Data Infrastructure on the Disaster Management in Pakistan: Moderating Role of Information System. *Review of Applied Management and Social Sciences*. <https://doi.org/10.47067/ramss.v4i1.100>
- Hassan, W., Lu, L., Tariq, A., Li, Q., Baqa, M. F., Xing, J., & Sajjad, A. (2021). Flash Flood Susceptibility Assessment and Zonation Using an Integrating Analytic Hierarchy Process and Frequency Ratio Model for the Chitral District, Khyber Pakhtunkhwa, Pakistan. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w13121650>
- Irazábal, C., & Jirón, P. (2020). Latin American Smart Cities: Between Worlding Infatuation and Crawling Provincialising. *Urban Studies*. <https://doi.org/10.1177/0042098020945201>
- Işık, A. (2018). İlk Şehirler ve Yazılı Medeniyete Geçiş. *Mavi Atlas*, 6(2), 46-74. <https://doi.org/10.18795/gumusmaviatlas.449801>
- Janečka, K. (2019). Transformation of 3D Geospatial Data Into CityGML – A Case of Prague. *Reports on Geodesy and Geoinformatics*. <https://doi.org/10.2478/rgg-2019-0005>
- Julin, A., Jaalama, K., Virtanen, J. P., Pouke, M., Ylipulli, J., Vaaja, M., Hyypä, J., & Hyypä, H. (2018). Characterizing 3D City Modeling Projects: Towards a Harmonized Interoperable System. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. <https://doi.org/10.3390/ijgi7020055>
- Kadıoğlu, M. (2008). Modern, bütünleşik afet yönetimin temel ilkeleri. *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*, 1.
- Kadıoğlu, M. (2011). Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek. *En Kötüsünü Yönetmek, TC Marmara Belediyeler Birliği Yayını*, 65.
- Kahraman, C. (2008). Multi-Criteria Decision Making Methods and Fuzzy Sets. *Springer Optimization and Its Applications*. https://doi.org/10.1007/978-0-387-76813-7_1
- Kahraman, S., Polat, E., & Korkmazıyrek, B. (2021). Afet yönetim döngüsündeki ana terimler. *Avrasya Terim Dergisi*, 9(3), 7-14.

- Karaaslan, A. (2015). Amerika Birleşik Devletleri'ndeki afet yönetimi İle Türkiye'deki afet yönetiminin karşılaştırılması. *Sakarya Üniversitesi*.
- Karaş, İ. R., & Yeşil, E. (2011). 3B CBS Kapsamında, Çok katlı ve Büyük Yapılar İçin 3B Tampon Analizi Uygulaması. A 3D Buffer Analysis Application for Multistorey and Huge Buildings), *Akademik Bilişim Konferansı (Academic Informatics Conference), İnönü University*
- Kayı, G., & Yaman, M. (2021). Türkiye'de Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uygulaması. *Efe Akademi Yayınları*.
- Kemaloğlu, M. (2015). Türkiye'de afet yönetiminin tarihi ve yasal gelişimi. *Akademik Bakış Dergisi*, 52, 126-147.
- Khan, A., Gupta, S., & Gupta, S. K. (2020). Multi-hazard disaster studies: Monitoring, detection, recovery, and management, based on emerging technologies and optimal techniques. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101642. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101642>
- Khantong, S., Sharif, M. N. A., & Mahmood, A. K. (2020). An Ontology for Sharing and Managing Information in Disaster Response: An Illustrative Case Study of Flood Evacuation. *International Review of Applied Sciences and Engineering*. <https://doi.org/10.1556/1848.2020.00004>
- Khosravi, K., Shahabi, H., Pham, B. T., Adamowski, J., Shirzadi, A., Pradhan, B., Dou, J., Ly, H.-B., Gróf, G., Ho, H. L., Hong, H., Chapi, K., & Prakash, I. (2019). A comparative assessment of flood susceptibility modeling using Multi-Criteria Decision-Making Analysis and Machine Learning Methods. *Journal of Hydrology*, 573, 311-323. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.03.073>
- Koçkan, Ç. (2015). Doğal Afet Risk Yönetimi. *International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015) Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu*,
- Kolbe, T., Gröger, G., & Plümer, L. (2005). CityGML - Interoperable access to 3D city models. *Geo-information for Disaster Management*. https://doi.org/10.1007/3-540-27468-5_63
- Kolbe, T. H., Nagel, C., & Stadler, A. (2009). CityGML–OGC Standard for Photogrammetry?. *Photogrammetric week*, 265-277.
- Koyuncu, A. (2015). Sosyoloji Kuramlarında Kent. *Selçuk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 0(25), 31-56. <https://dergipark.org.tr/en/pub/sefad/issue/16467/171819>
- Kumlu, K. B. Y., & Tüdeş, Ş. (2019). Determination of Earthquake-Risky Areas in Yalova City Center (Marmara Region, Turkey) Using GIS-based Multicriteria Decision-Making Techniques (Analytical Hierarchy Process and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03583-7>
- Kutzner, T., Chaturvedi, K., & Kolbe, T. H. (2020). CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, 88(1), 43-61. <https://doi.org/10.1007/s41064-020-00095-z>
- Li, X., Yan, D., Wang, K., Weng, B., Qin, T., & Liu, S. (2019). Flood Risk Assessment of Global Watersheds Based on Multiple Machine Learning Models. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w11081654>
- Liao, H. C., Si, G. S., Xu, Z. S., & Fujita, H. (2018). Hesitant Fuzzy Linguistic Preference Utility Set and Its Application in Selection of Fire Rescue Plans. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(4), Article 664. <https://doi.org/10.3390/ijerph15040664>

- Liu, Y., Lu, X., Yao, Y., Ni, W., Guo, Y., Chunrong, J., & Xu, J. (2020). Mapping the Risk Zoning of Storm Flood Disaster Based on Heterogeneous Data and a Machine Learning Algorithm in Xinjiang, China. *Journal of Flood Risk Management*. <https://doi.org/10.1111/jfr3.12671>
- Loree, N., & Aros-Vera, F. (2018). Points of Distribution Location and Inventory Management Model for Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.05.003>
- Lumbroso, D., Mauro, M. D., Tagg, A., Vinet, F., & Stone, K. (2012). FIM FRAME: A Method for Assessing and Improving Emergency Plans for Floods. *Natural Hazards and Earth System Science*. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-1731-2012>
- Ma, N., & Liu, Y. (2020). Risk Factors and Risk Level Assessment: Forty Thousand Emergencies Over the Past Decade in China. *Jàmbá Journal of Disaster Risk Studies*. <https://doi.org/10.4102/jamba.v12i1.916>
- March, H., & Ribera-Fumaz, R. (2016). Smart Contradictions: The Politics of Making Barcelona a Self-Sufficient City. *European Urban and Regional Studies*. <https://doi.org/10.1177/0969776414554488>
- Mardani, A., Zavadskas, E. K., Khalifah, Z., Jusoh, A., & Nor, K. M. (2015). Multiple Criteria Decision-Making Techniques in Transportation Systems: A Systematic Review of the State of the Art Literature. *Transport*. <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1121517>
- Memiş, L., & Babaoğlu, C. (2020). Afet yönetimi ve teknoloji. *Farklı Boyutlarıyla Afet Yönetimi İçinde*, (Yaman M., Çakır E., Ed.), Nobel, Ankara, 163-174.
- MGM (2023). *Hava Tamin ve Araştırma (WRF) Modeli*. Erişim Tarihi: 10.02.2023 from https://www.mgm.gov.tr/FILES/arastirma/modeller/AtmosferModelleri_WRF.pdf
- Michel, G. R., Tapia, S. M., Aybar, F. M., Javier, V. G. G., & Cromptvoets, J. (2020). Identifying Users' Requirements for Emergency Mapping Team Operations in the Dominican Republic. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. <https://doi.org/10.3390/ijgi9030165>
- Montserrat-Adell, J., Agell, N., Sánchez, M., Prats, F., & Ruiz, F. J. (2017). Modeling Group Assessments by Means of Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. *Journal of Applied Logic*. <https://doi.org/10.1016/j.jal.2016.11.005>
- Mudashiru, R. B., Sabtu, N., Abustan, I., & Balogun, W. (2021). Flood hazard mapping methods: A review. *Journal of Hydrology*, 603, 126846. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126846>
- Munawar, H. S., Hammad, A. W. A., & Waller, S. T. (2022). Remote Sensing Methods for Flood Prediction: A Review. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22030960>
- Mülazimoğlu, E. (2017). Kent Bilgi Sistemi ve Yerel Yönetimler Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Örneği. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*.
- Namin, F. N., Askari, H., Ramesh, S., Hassani, S. M. M., Khanmohammadi, E., & Ebrahimi, H. (2019). Application of ANP Network Analysis Process Method in SWOT Model. *Civil Engineering Journal*. <https://doi.org/10.28991/cej-2019-03091260>
- Napolitano, E., Marchesini, I., Salvati, P., Donnini, M., Bianchi, C., & Guzzetti, F. (2018). LAND-deFeND—An innovative database structure for landslides and floods and their consequences. *Journal of environmental management*, 207, 203-218.
- Núñez-Andrés, M. A., Lantada Zarzosa, N., & Martínez-Llario, J. (2022). Spatial data infrastructure (SDI) for inventory rockfalls with fragmentation information. *Natural Hazards*, 112(3), 2649-2672.

- Ocak, F., & Bahadır, M. (2022). Örnek Taşkın Risk Modeli Oluşturulması Ve Ünye Şehrindeki Derelere Ait Taşkın Risk Analizleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 13, 499-524. https://doi.org/https://jasstudies.com/files/jass_makaleler/459dfd07-2957-4e8a-ba7e-21f1af8b4f0b.pdf
- Ocak, F., & Bahadır, M. (2020). Örnek Taşkın Risk Modeli Oluşturulması ve Ünye Şehrindeki Derelere Ait Taşkın Risk Analizleri. *Journal of Academic Social Science Studies*, 13(80).
- Oğuz, E., Oğuz, K., & Kurtuluş, Ö. (2022). Düzce bölgesi taşkın duyarlılık alanlarının belirlenmesi. *Geomatik*, 7(3), 220-234.
- Ou, Y., Liu, Y., Zou, B., & Pei, Z. (2018). The Linguistic Intuitionistic Fuzzy Set TOPSIS Method for Linguistic Multi-Criteria Decision Makings. *International Journal of Computational Intelligence Systems*. <https://doi.org/10.2991/ijcis.11.1.10>
- Ouma, Y. O., & Tateishi, R. (2014). Urban Flood Vulnerability and Risk Mapping Using Integrated Multi-Parametric AHP and GIS: Methodological Overview and Case Study Assessment. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w6061515>
- Özcan, O. (2017). Taşkın tespiti için farklı yöntemlerle değerlendirilmesi: Ayamama Deresi örneği. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 3(1), 9-27.
- Özcan, O., Musaoglu, N., Şeker, D. Z., & Tanık, A. (2008). Determination of flood risk in Sakarya sub basin using remotely sensed data and GIS. *Fresenius Environmental Bulletin*, 17(11b), 1964-1970.
- Özerbil, T., Gökten, E., Önder, M., Selçuk, O., Sarılar, N. Ç., Tekgöl, A., & Tütüneken, A. (2014). Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik (Oblique) Görüntü Alımı, 3 Boyutlu Kent Modeli ve 3 Boyutlu Kent Rehberi Projesi. *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 14-17.
- Özkan, B. (2018). Kentsel Katı Atık Tesisi Yer Seçimi ve Atık Toplama Sistemi için Coğrafi Bilgi Sistemi Tabanlı Çok Ölçütlü Karar Analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*
- Özşahin, E. (2016). Arnavutluk'ta Taşkın Risk Analizi. *International Journal of Eurasia Social Sciences*, 2013(12), 91-109.
- Özvan, E. E., Çetin, H., Özvan, A., & Akkaya, İ. (2021). Van bindirme fayı tampon zonunun il afet risk azaltma planı (İRAP) çerçevesinde değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(3), 1036-1046.
- Paiva, S., Ahad, M. A., Tripathi, G., Feroz, N., & Casalino, G. (2021). Enabling Technologies for Urban Smart Mobility: Recent Trends, Opportunities and Challenges. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s21062143>
- Papagiannaki, K., Diakakis, M., Kotroni, V., Lagouvardos, K., & Andreadakis, E. (2019). Hydrogeological and Climatological Risks Perception in a Multi-Hazard Environment: The Case of Greece. *Water*. <https://doi.org/10.3390/w11091770>
- Partigöç, N. S. (2022). Afet Risk Yönetiminde Yapay Zekâ Kullanımının Rolü *Bilişim Teknolojileri Dergisi* 15 (4) , , 401-411. <https://doi.org/DOI:10.17671/gazibtd.1067831>
- Paul, J. A., & Zhang, M. (2019). Supply Location and Transportation Planning for Hurricanes: A Two-Stage Stochastic Programming Framework. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.09.042>
- Perera, D., Agnihotri, J., Seidou, O., & Djalante, R. (2020). Identifying Societal Challenges in Flood Early Warning Systems. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101794>

- Perera, D., Seidou, O., Agnihotri, J., Mehmood, H., & Rasmy, M. (2020). Challenges and Technical Advances in Flood Early Warning Systems (FEWSs). <https://doi.org/10.5772/intechopen.93069>
- Pérez-Domínguez, L., Luviano-Cruz, D., Valles-Rosales, D. J., Hernández, J. I. H., & Borbón, M. I. R. (2019). Hesitant Fuzzy Linguistic Term and TOPSIS to Assess Lean Performance. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app9050873>
- Prasad, B., Rao, P. B., Ramamohanarao, P., & Sarathkumar, S. (2022). Flood Hazard Vulnerability Assessment by Using Geo Spatial Techniques: Krishna and Guntur Districts, Andhra Pradesh. *Current World Environment*. <https://doi.org/10.12944/cwe.17.2.20>
- Rafiei-Sardooi, E., Azareh, A., Choubin, B., Mosavi, A. H., & Clague, J. J. (2021). Evaluating urban flood risk using hybrid method of TOPSIS and machine learning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 66. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102614>
- Rahmati, O., Zeinivand, H., & Besharat, M. (2015). Flood hazard zoning in Yasooj region, Iran, using GIS and multi-criteria decision analysis. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 7(3), 1000-1017. <https://doi.org/10.1080/19475705.2015.1045043>
- Raikes, J., Smith, T. F., Baldwin, C., & Henstra, D. (2022). Disaster risk reduction and climate policy implementation challenges in Canada and Australia. *Climate Policy*, 22(4), 534-548. <https://doi.org/10.1080/14693062.2022.2048784>
- Rangarirai, W., Marnani, C. S., & Rahmat, A. (2023). Analyzing the Impact of Community-Based Approaches on Disaster Preparedness to the Risk of Tropical Cyclone Induced Flooding in Chimanimani District, Zimbabwe. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1173/1/012070>
- Rikalovic, A., Cosic, I., & Lazarevic, D. (2014). GIS Based Multi-Criteria Analysis for Industrial Site Selection. *Procedia Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.03.090>
- Rodríguez-Espíndola, O., Albores, P., & Brewster, C. (2016). GIS and Optimisation: Potential Benefits for Emergency Facility Location in Humanitarian Logistics. *Geosciences*. <https://doi.org/10.3390/geosciences6020018>
- Rodríguez, R. M., Martínez, L., & Herrera, F. (2012). Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets for Decision Making. *IEEE Transactions on Fuzzy Systems*. <https://doi.org/10.1109/tfuzz.2011.2170076>
- Rodríguez, R. M., Martínez, L., & Herrera, F. (2013). A Group Decision Making Model Dealing With Comparative Linguistic Expressions Based on Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets. *Information Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2013.04.006>
- Saaty, T. L. (2004). Decision making — the Analytic Hierarchy and Network Processes (AHP/ANP). *Journal of Systems Science and Systems Engineering*, 13(1), 1-35. <https://doi.org/10.1007/s11518-006-0151-5>
- Samanta, S., Pal, D. K., & Palsamanta, B. (2018). Flood Susceptibility Analysis Through Remote Sensing, GIS and Frequency Ratio Model. *Applied Water Science*. <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0710-1>
- Samsun Valiliği (2023). Samsun. Erişim Tarihi: 10.10.2023. <http://www.samsun.gov.tr/ilcelerimiz>
- Sarker, I. H. (2022). Smart City Data Science: Towards data-driven smart cities with open research issues. *Internet of Things*, 19, 100528. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100528>

- Schouten, R., Callahan, M. V., & Bryant, S. (2004). Community Response to Disaster: The Role of the Workplace. *Harvard Review of Psychiatry*. <https://doi.org/10.1080/10673220490509624>
- Selçuk, L., Selçuk, A. S., & Kasapoğlu, D. (2016). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi (Çkka) kullanılarak, Van ili merkez ilçelerinin kentsel taşkın duyarlılık değerlendirilmesi, Van/Türkiye. *Yerbilimleri*, 37(1), 1-18.
- Shi, Y., Zhai, G., Zhou, S., Lu, Y., Wei, C., & Deng, J. (2019). How Can Cities Respond to Flood Disaster Risks Under Multi-Scenario Simulation? A Case Study of Xiamen, China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph16040618>
- Shrestha, B. B. (2019). Approach for Analysis of Land-Cover Changes and Their Impact on Flooding Regime. *Quaternary*. <https://doi.org/10.3390/quat2030027>
- Sitna, H. H., Arief, A., & Asyarif, L. L. (2021). The Level of Achievement for Assessment of Smart City in Smart Technology: A Literature Review. *E3s Web of Conferences*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132804013>
- Souissi, D., Zouhri, L., Hammami, S., Msaddek, M. H., Zghibi, A., & Dlala, M. (2019). GIS-based MCDM – AHP modeling for flood susceptibility mapping of arid areas, southeastern Tunisia. *Geocarto International*, 35(9), 991-1017. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1566405>
- Srivastava, P., & Mondal, R. (2021). A Hesitant Fuzzy Envelope Based Expert System in Human Decision Making. *Nepal Journal of Mathematical Sciences*. <https://doi.org/10.3126/njmathsci.v2i1.36503>
- Stanganelli, M. (2008). A new pattern of risk management: The Hyogo Framework for Action and Italian practise. *Socio-economic planning sciences*, 42(2), 92-111.
- Sulaiman, N., Abdullah, N., Nazir, U., Ismail, M., Siti Kursiah Kamalia Abdul, L., & Mahmud, N. P. N. (2022). Geographical Information System (GIS) and Remote Sensing (RS) Applications in Disaster Risk Reduction (DRR) in Malaysia. *International Journal of Integrated Engineering*. <https://doi.org/10.30880/ijie.2022.14.05.003>
- Şahin, C. (2011). Taksim Cumhuriyet Meydanı Örneğinde Fotogrametri Ve Lazer Tarama Verileriyle Bütünleşik 3b Kent Modeli Üretimi *Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Şahin, Ş. (2019). Türkiye’de afet yönetimi ve 2023 hedefleri. *Türk Deprem Araştırma Dergisi*, 1(2), 180-196.
- Şahin, Ş., & Üçgül, İ. (2019). Türkiye’de afet yönetimi ve iş sağlığı güvenliği. *Afet ve Risk dergisi*, 2(1), 43-63.
- Tachi, K. (2015). Lessons learned from mega-disasters and future policy development on water-related disaster management in Japan. *Water Policy*, 17, 25-40. <https://doi.org/10.2166/wp.2015.002>
- Talari, S., Shafie-khah, M., Siano, P., Loia, V., Tommasetti, A., & Catalão, J. P. S. (2017). A Review of Smart Cities Based on the Internet of Things Concept. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en10040421>
- Tanrıverdi, M. (2019). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı çok ölçütlü karar analizi ile şanlıurfa il merkezi'nin taşkın alanlarının belirlenmesi. *Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*
- Tantane, S., Long, G., & Nusit, K. (2023). Development of Web-Based Spatial Decision Support System Using Landslide Hazard Mapping Outcomes: An Example of GIS-based Hazard Assessment. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1151/1/012030>

- Taştan, B. (2021). Bütünleşik Afet Risk Maruziyetine Yönelik Coğrafi Veri Modelinin Belirlenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi.Fen Bilimleri Enstitüsü*
- Taştan, B., & Aydınoglu, A. Ç. (2022). Afetlerde tetikleyen tehlikeler ve zarar görbilirlik. *International Journal of Geography and Geography Education*(47), 280-299.
- Tehrany, M. S., Pradhan, B., & Jebur, M. N. (2015). Flood susceptibility analysis and its verification using a novel ensemble support vector machine and frequency ratio method. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 29(4), 1149-1165. <https://doi.org/10.1007/s00477-015-1021-9>
- Tian, X., Niu, M., Ma, J., & Zhang, X. (2020). A Novel TODIM With Probabilistic Hesitant Fuzzy Information and Its Application in Green Supplier Selection. *Complexity*. <https://doi.org/10.1155/2020/2540798>
- TÜİK (2023). *Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sonuçları* <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- Uludağ, A. S., & Doğan, H. (2016). Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Karşılaştırılmasına Odaklı Bir Hizmet Kalitesi Uygulaması [Araştırma Makalesi]. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6. <https://doi.org/https://dergipark.org.tr/tr/pub/ckuiibfd/issue/32908/365616>
- Uray, F., Varlık, A., & Metin, A. (2018). Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi Kavramı İnce Minareli Medrese (Konya) Örneği. *Geomatik*, 3(1), 74-83.
- Vadrevu, K. P., Eaturu, A., & Badarinath, K. V. S. (2009). Fire Risk Evaluation Using Multicriteria Analysis—a Case Study. *Environmental Monitoring and Assessment*. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0997-3>
- Valachamy, M., Sahibuddin, S., Ahmad, N. A., & Bakar, N. A. A. (2022). Critical Success Factors for Geospatial Data Sharing in Disaster Management. *Iop Conference Series Earth and Environmental Science*. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1064/1/012038>
- Vitalis, S., Labetski, A., Ohori, G. A. K. A., Ledoux, H., & Stoter, J. E. (2019). A Data Structure to Incorporate Versioning in 3d City Models. *Isprs Annals of the Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-iv-4-w8-123-2019>
- Wang, K., & Du, F. (2019). The Classification and Mechanisms of Coal-Gas Compound Dynamic Disasters: A Preliminary Discussion. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*. <https://doi.org/10.1504/ijmme.2019.10019700>
- Wang, Q., & Taylor, J. E. (2016). Patterns and Limitations of Urban Human Mobility Resilience Under the Influence of Multiple Types of Natural Disaster. *Plos One*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147299>
- Wattegama, C. (2007). ICT for disaster management. *UN-APCICT/ESCAP*.
- Wells, J. A., Wilson, K. A., Abram, N. K., Nunn, M., Gaveau, D., Runting, R. K., Tarniati, N., Mengersen, K., & Meijaard, E. (2016). Rising Floodwaters: Mapping Impacts and Perceptions of Flooding in Indonesian Borneo. *Environmental Research Letters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/6/064016>
- Westen, C. J. v. (2013). 3.10 Remote Sensing and GIS for Natural Hazards Assessment and Disaster Risk Management. *Treatise on Geomorphology*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-374739-6.00051-8>
- WHO (2019). INSPIRE handbook: Action for implementing the seven strategies for ending violence against children. *World Health Organization*. Erişim Tarihi: 01.12.2019. <https://www.who.int/publications/i/item/inspire-handbook-action-for-implementing-the-seven-strategies-for-ending-violence-against-children>

- Widiachristy, L., & Rachmanto, A. S. (2021). The Effectiveness of Jakarta Smart City Application in Enhancing Community Resilience in Facing Flood Risk. *Journal of Architecture&environment*. <https://doi.org/10.12962/j2355262x.v20i1.a9034>
- Wu, J., Chen, X., & Lu, J. (2022). Assessment of long and short-term flood risk using the multi-criteria analysis model with the AHP-Entropy method in Poyang Lake basin. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 75. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102968>
- Wu, Z. Y., & Abdul-Nour, G. (2020). Comparison of Multi-Criteria Group Decision-Making Methods for Urban Sewer Network Plan Selection. *Civileng*. <https://doi.org/10.3390/civileng1010003>
- Xu, Y., Li, W., Tai, J., & Zhang, C. (2022). A Bibliometric-Based Analytical Framework for the Study of Smart City Lifeforms in China. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. <https://doi.org/10.3390/ijerph192214762>
- Yaprak, Ü. (2020). Afetler için yaygın savunmasızlık ve yerel afet endeksleri hesaplanması: Türkiye illeri örneği. *Gümüşhane Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*
- Yastıklı, N., Çetin, Z., Üçok, U., & Koçdemir, K. H. (2017). Fotogrametrik Harita ve LiDAR Verileri ile 3B Kent Modeli Üretimi. *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Türkiye, 03 Mayıs 2017, ss.1*
- Yu, M., Yang, C., & Li, Y. (2018). Big Data in Natural Disaster Management: A Review. *Geosciences*. <https://doi.org/10.3390/geosciences8050165>
- Yun, S., Kwon, J. W., & Kim, W.-T. (2022). A Novel Digital Twin Architecture With Similarity-Based Hybrid Modeling for Supporting Dependable Disaster Management Systems. *Sensors*. <https://doi.org/10.3390/s22134774>
- Zhang, J., & Chen, Y. (2019). Risk Assessment of Flood Disaster Induced by Typhoon Rainstorms in Guangdong Province, China. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su11102738>
- Zhang, Z. M., & Wu, C. (2014). Hesitant fuzzy linguistic aggregation operators and their applications to multiple attribute group decision making. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 26(5), 2185-2202. <https://doi.org/10.3233/ifs-130893>
- Zhu, S., Feng, H., & Shao, Q. (2023). Evaluating Urban Flood Resilience within the Social-Economic-Natural Complex Ecosystem: A Case Study of Cities in the Yangtze River Delta. *Land*, 12(6). <https://doi.org/10.3390/land12061200>
- Zou, Q., Zhou, J., Zhou, C., Song, L., & Guo, J. (2012). Comprehensive flood risk assessment based on set pair analysis-variable fuzzy sets model and fuzzy AHP. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(2), 525-546. <https://doi.org/10.1007/s00477-012-0598-5>

ÖZ GEÇMİŞ

Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM, Samsun Fen Lisesi'ni bitirdikten sonra Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünden 2013 yılında mezun oldu. Aynı yıl OMÜ LEE Harita Mühendisliği A.B.D. Yüksek Lisans programına girdi. 01.2016 tarihinde yüksek lisans programını bitirdi ve OMU LEE Harita Mühendisliği A.B.D. doktora programına başladı. 2014 yılından bu yana Araştırma Görevlisi olarak görev yapan Rıdvan Ertuğrul YILDIRIM, iyi derecede İngilizce bilmektedir. Temel ilgi alanları, coğrafi bilgi sistemleri, akıllı kentler, insansız hava araçları (2023).

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-2226-773X

Yayın Bilgileri

1. Yildirim, R.E. and Şişman, A. (2022). Determination of first take-off points for UAVs in case of a disaster. *4th Intercontinental Geoinformation Days (IGD) 2022, Tabriz, Iran*
2. Özçelik, A. E. and Yildirim, R. E. (2021). The Key Drivers on Decision Making for Urban Planning Sites: Inner City Logistic Fields. *Düzce University Journal of Forestry (Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi)*, 17(1), 99-115
3. Sisman, A. and Yildirim, R.E. (2019). Determining New Fire Station Location, Response Time Coverage Approach. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11a), 8548-8554.
4. Bektas, S., Pakel, E., Yildirim, R. E., Uyar, A., Kirici, Ü. and Karaahmetoglu, N. (2018). Space Resection with Zenith Angles. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 6(2), 331-338., Doi:10.5281/zenodo.1194758
5. Bektas, S., Karaahmetoglu, N., Yildirim, R. E., Uyar, A., Kirici, Ü. and Pakel, E. (2018). Three Point Resection in 3d With Distances. *International Journal of Research - GRANTHAALAYAH*, 6(2), 292-298., Doi: 0.5281/zenodo.1194735
6. Sisman, A., Yildirim, R. E. and Karaca, A. (2018). Accessibility of Urban Living Quality Indicators a Case Study of Giresun. *1. International Technological Sciences and Design Symposium*
7. Yildirim, R. E. and Sisman, A. (2017). Determination of Social and Technical Infrastructure Locations in Zoning Plans of High Populated Areas. *International Conference on Computational and Statistical Methods in Applied Sciences*
8. Yildirim, R. E. and Sisman, A. (2017). Improving Development Plans According to the Pedestrian Accessibility. *Mediterranean Scientific Association of Environmental Protection*

9. Yildirim, R. E. and Sisman, A. (2017). Service Area Capability of Emergency Units Based on Traffic Accidents Case Study of Samsun. *FIG Working Week 2017, 1(1), 1-10*.
10. Ozkan, Y., Sisman, A. and Yildirim, R. E. (2017). Examining Service Area of Fire Stations in Forest Fire with Network Analysis. *FIG Working Week 2017, 1(1), 1-7*.
11. Sisman, A., Yildirim, R. E. and Öner, I. (2016). Investigation of Pedestrian Accessibility of Green Fields Community Clinics and Schools in Atakum District. *The 3rd International Congress on Water, Waste and Energy Management (EWWM)*
12. Yildirim, R. E. and Sisman, A. (2016). An Assessment the Locations of Emergency Response Units Based on Traffic Accidents a Case Study of Samsun. *2nd International Researchers-Statisticians and Young Statisticians Congress*

