



T. C.
SIVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİNE
(AHP) GÖRE GEDİZ GRABENİ VE ÇEVRESİ DEPREMİ ETKİ ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Dursun Göktuğ DEMİRKİRAN
(201592211402)

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Fatih POYRAZ

SIVAS
HAZİRAN 2019

DURSUN GÖKTUĞ DEMİRKIRAN'ın hazırladığı ve “**COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİNE (AHP) GÖRE GEDİZ GRABENİ VE ÇEVRESİ DEPREMİ ETKİ ANALİZİ**” adlı bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından **GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı **Doç. Dr. Fatih POYRAZ**
Cumhuriyet Üniversitesi

Jüri Üyesi **Prof. Dr. Ömer YILDIRIM**
Gazi Osman Paşa Üniversitesi

Jüri Üyesi **Doç Dr. Kemal Özgür HASTAOĞU**
Cumhuriyet Üniversitesi



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tarafından **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak onaylanmıştır.

Prof. Dr. İsmail ÇELİK
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 20.08.2014 tarihli ve 7 sayılı kararı ile kabul edilen Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)' nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırlanmıştır.





Bütün hakları saklıdır.

Kaynak göstermek koşuluyla alıntı ve gönderme yapılabilir.

© Dursun Göktuğ DEMİRKİRAN, 2019

ETİK

Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tez Yazım Kılavuzu (Yönerge)'nda belirtilen kurallara uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- ✓ Bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- ✓ Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- ✓ Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere, bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu ve atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- ✓ Bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- ✓ Tezin herhangi bir bölümünü, Cumhuriyet Üniversitesi veya bir başka üniversitede, bir başka tez çalışması olarak sunmadığımı; beyan ederim.

15.05.2019

Dursun Göktuğ DEMİRKIRAN

ÖZET

COĞRAFI BİLGİ SİSTEMLERİ VE ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİNE (AHP) GÖRE GEDİZ GRABENİ VE ÇEVRESİ DEPREMİ ETKİ ANALİZİ

Dursun Göktuğ DEMİRKIRAN

Yüksek Lisans Tezi

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Fatih POYRAZ

2019, 55+viii sayfa

Dünya üzerinde meydana gelebilecek olan doğal afetlerin hiçbir şekilde engellenemeyeceği bilinmektedir. Depremler, meydana getirdiği tahrip ve zararlar dikkate alındığında yeryüzü üzerindeki en etkili doğal afetlerden biri olarak sayılmaktadır. Günümüzde doğal afetlerin tamamen engellenemeyecek olmasına karşılık, gerekli tedbirlerin alınmasına yönelik olarak birçok çalışma yapılarak, bölgesel anlamda; risk haritaları, aktif fay haritaları vs. haritalar üretilmiştir ve üretilmektedir. Bu anlamda dünya üzerindeki sistematik tam anlamıyla olmasa bile Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) yönelmiş durumdadır. Yapılan çalışmada, Çok Kriterli Karar verme yöntemlerinden birisi olan Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi (AHP) ile Coğrafi Bilgi Sistemleri uygulamaları kullanılmıştır. Çalışmada, klasik verilerin yanında, günümüz teknolojisi ile elde edilebilen GNSS (Global Navigation Satellite System) ve PS-InSAR (Sabit Saçılım SAR İnterferometri, Persistent Scatter InSAR) verilerinin birlikte değerlendirildiği, daha hassas ve daha çok konum doğruluğuna sahip Deprem Etki Haritalarının oluşturulması hedeflenmiştir. Hedef doğrultusunda Alaşehir ve Sarıgöl bölgelerini de kapsayan Gediz Grabenin bir kısmı için depreme neden olan bazı ölçütler birlikte değerlendirilmiştir. Yapılan değerlendirme için bölgeye ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Eğim, Jeoloji, Fay ve Fay Parametreleri, (Poyraz F. vd., 2015) yılında gerçekleştirdikleri TUBITAK 113Y526 projesi kapsamında elde edilen GNSS Nokta Hızları, PS-InSAR görüntülerinden elde edilen çökme ve yükselme değerleri veriler kullanılmıştır. Kullanılan veriler, kendi arasında farklı alt sınıflara ayrılmış ve her bir alt sınıf için Analitik Hiyerarşi Proses yöntemi ile değerlendirmeye etki eden ağırlık oranları hesaplanmıştır. Hesaplanan ağırlık oranına göre Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı

çakıştırma analizleri gerçekleştirilerek bölgeye ait Deprem Etki Haritası elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: AHP, GNSS, PS-InSAR, Analitik Hiyerarşi Proses, GIS.



ABSTRACT

EFFECT ANALYSIS OF GEDİZ GRABEN AND ENVIRONMENT EARTHQUAKE ACCORDING TO GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS AND ANALYTIC HIERARCHY PROCESS (AHP)

Dursun Göktuğ DEMİRKIRAN

Master of Science Thesis

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assist. Dr. Fatih POYRAZ

2019, 55+viii pages

It is known that natural disasters that may occur on the earth cannot be prevented in any way. From point of the view of destruction and damages, earthquakes are encountered as the most effective natural disasters on earth. Today's, though natural disasters cannot be completely prevented, lots of studies are being conducted for precautions by means of continuing to produce local active fault maps etc. There is no complete systematic either in the world, but the tendency is towards to the Geographic Information System. Applications of Geographical Information Systems with Analytical Hierarchy Process, which is one of the Multi-Criteria Decision Making method is used in this study. This study aims to produce more sensitive and more location accurate Earthquake Impact Maps, using data from GNSS and SAR obtained with today's technology in addition to traditional classical data. Towards to our aim, a section of Gediz Grabenin that covers Alaşehir and Sarıgöl region has been evaluated with some criterion that causes earthquakes. Digital Elevation Model (DEM), Inclination, Geology, Fault and Fault Parameters, (Poyraz F. vd., 2015) TUBITAK 113Y526 project prepared GNSS Spot Velocities, collapse and elevation values from PS-InSAR images are used for this evaluation. Those data are classified in subsets, and the weights that affect the evaluation with the Analytical Hierarchy Process method has been calculated. According to the calculated weights, Earthquake Impact Map are obtained by Geographical Information Systems based matching analysis.

Keywords: AHP, GNSS, PS-InSAR, Analytic Hierarchy Process, GIS.

KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim boyunca her zaman tecrübe ve bilgi birikimleriyle kendisinden çok şey öğrendiğim, tezin her aşamasında yardımlarını esirgemeyen tez danışmanım saygıdeğer hocam Doç. Dr. Fatih POYRAZ' a çok teşekkür ederim.

Tezimin başından sonuna kadar desteklerini esirgemeyen, bana her konuda yardımcı olan değerli eşim Derya DEMİRKIRAN' a ve biricik aileme teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca benden yardımlarını esirgemeyen Geomatik Mühendisi Gökmen Basri Kemal KARATAŞ' a teşekkür ederim.

Ayrıca Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu' na 113Y526 numaralı proje olarak verdikleri desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
KATKI BELİRTME VE TEŞEKKÜR.....	ix
İÇİNDEKİLER	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xiv
SİMGELER DİZİNİ	xv
KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM	
GENEL BİLGİLER	2
1.1. Çalışma Sahası.....	2
1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	3
1.3. Literatür Araştırması.....	3
1.4. Depremlerin Oluşumu.....	5
1.5. Çalışma Bölgesinin Tektonik Yapısı ve Depremselliği.....	6
2. BÖLÜM	
YÖNTEM VE MATERYAL.....	9
2.1. Karar Süreci ve Karar Türleri, Çok Kriterli Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....	9
2.1.1. Karar Süreci	9
2.1.2. Çok Kriterli Karar Verme.....	10
2.1.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	11
2.2. AHP ve CBS Entegrasyonu.....	14
2.3. Çalışmada Kullanılan Veriler.....	15
2.3.1. Sayısal Yükseklik Modeli.....	16

2.3.2. Eğim	17
2.3.3. Jeoloji	18
2.3.4. Fay ve Parametreleri.....	19
2.3.5. GNSS Nokta Hız Değerleri	21
2.3.6. PS InSAR Noktasal Hız Değerleri.....	22
3. BÖLÜM	
UYGULAMA.....	25
3.1. Verilerin Analize Hazırlanması ve AHP ile Ağırlıklandırılması	25
3.1.1 Eğim Verisi.....	25
3.1.2 Sayısal Yükseklik Modeli Verisi	27
3.1.3 Fay Verisi	28
3.1.4 GNSS Noktasal Hız Verisi	30
3.1.5 PS_InSAR Verisi	35
3.1.6 Jeoloji Verisi.....	38
4. BÖLÜM	
SONUÇ	49
KAYNAKÇA.....	51
ÖZGEÇMİŞ.....	55

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Çalışma Bölgesi.....	2
Şekil 1.2 1900- 2019 yılları arası bölgede meydana gelen depremlerin büyüklükleri. (AFAD, 2018).....	7
Şekil 2.1 Karar Tekniklerinin Sınıflandırılması(Zhou P. Vd., 2006).	10
Şekil 2.2 Üç seviyeli Analitik Hiyerarşi modeli.	11
Şekil 2.3 AHP ile çözüm aşamaları.	11
Şekil 2.4 Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli.....	17
Şekil 2.5 Çalışma bölgesine ait Eğim Haritası.	18
Şekil 2.6 Çalışma bölgesine ait sayısallaştırılmış Jeoloji Haritası.....	19
Şekil 2.7 Çalışma Bölgesine ait fay hatlarını gösterir harita.	20
Şekil 2.8 Çalışma alanında ölçüm gerçekleştirilen GNSS noktalarının dağılımı (Poyraz F. 2015).....	21
Şekil 2.9 TUBİTAK 113Y5236 projesi kapsamında çalışma bölgesine ait çökme ve yükselme değerlerini gösteren TerraSAR-X uydusunun frame 62 ve frame 153 birleştirilmiş SAR verisi (mm/yıl).	24
Şekil 3.1 Eğim verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)	26
Şekil 3.2 Eğim verisi sınıflarına ait elde edilen Ağırlık Değerleri (%).	26
Şekil 3.3 Eğim verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)	27
Şekil 3.4 Yükseklik	28
Şekil 3.5 Fay verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ).	29
Şekil 3.6 Fay verisi sınıflarına ait elde edilen Ağırlık Değerleri (%).	30
Şekil 3.7 GNSS noktalarına ait Yukarı Bileşen(North) yönündeki yıllık hız değerleri (N_v) baz alınarak oluşturulan IDW Enterpolasyon haritası (mm/yıl).	31
Şekil 3.8 GNSS noktalarına ait Sağ/Doğu Bileşen(East) yönündeki yıllık hız değerleri (E_v) baz alınarak oluşturulan IDW Enterpolasyon haritası (mm/yıl).	32
Şekil 3.9 GNSS noktalarına ait Düşey Bileşen(Up) yönündeki yıllık hız değerleri (U_v) baz alınarak oluşturulan IDW Enterpolasyon haritası (mm/yıl).	32

Şekil 3.10 GNSS noktalarına ait Yukarı, Sağa ve Düşey Bileşen yönündeki yıllık hız değerlerinin Enterpolasyon haritalarının birleşiminden oluşturulan yeni GNSS Haritası.	33
Şekil 3.11 GNSS Nokta Hızları verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ).....	34
Şekil 3.12 GNSS Noktasal Hız verisi sınıflarına ait elde edilen Ağırlık Değerleri (%). 35	
Şekil 3.13 PS_InSAR Verisine ait Enterpolasyon Haritası (mm/yıl).	36
Şekil 3.14 PS- InSAR verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)	37
Şekil 3.15 PS_InSAR verisi sınıflarına ait elde edilen ağırlık değerleri.....	37
Şekil 3.16 Jeoloji verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri Haritası.	39
Şekil 3.17 Jeoloji verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)	40
Şekil 3.18 Jeoloji verisi Sınıflarına ait Ağırlık Değerleri (%).	41
Şekil 3.19 AHP Hesaplanan Ağırlık Değerleri ile yeniden sınıflandırılarak oluşturulan girdi veri haritalar (1-Eğim, 2-Yükseklik, 3-Jeoloji, 4- Fay Hattı, 5- PS-InSAR, 6- GNSS Hız)	42
Şekil 3.20 Veriler ait AHP_1 modeli için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi.	43
Şekil 3.21 Deprem Etki Haritası AHP_1 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerlerinin grafik gösterimi.....	44
Şekil 3.22 Verilere ait AHP_2 modeli için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi.	44
Şekil 3.23 Deprem Etki Haritası AHP_2 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerlerinin grafik gösterimi.....	45
Şekil 3.24 Verilere ait AHP_3 modeli için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi.	45
Şekil 3.25 Deprem Etki Haritası AHP_3 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerlerinin grafik gösterimi.....	46
Şekil 3.26 AHP_1, AHP_2, AHP_3 modellerine göre oluşturulan, çalışma bölgesinin Deprem Etki Haritası.....	48

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri...13	13
Çizelge 2.2 Rastgele Değer İndeksi Tablosu (Saaty 1990).....14	14
Çizelge 3.1 Eğitim Verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.25	25
Çizelge 3.2 Yükseklik verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.....27	27
Çizelge 3.3 Fay Hattı verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.29	29
Çizelge 3.4 GNSS noktalarına ait Yukarı (N_v), Sağa(E_v) ve Düşey(U_v) yöndeki yıllık hız değerleri (Poyraz F. vd, 2019).....30	30
Çizelge 3.5 GNSS Haritası verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.34	34
Çizelge 3.6 PS_InSAR Haritası verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri36	36
Çizelge 3.7 Jeoloji verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.39	39
Çizelge 3.8 Verilerin alt sınıflarına ait AHP ile elde edilen Ağırlık Değerleri.41	41
Çizelge 3.9 Deprem Etki Haritası AHP_1 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerleri43	43
Çizelge 3.10 Deprem Etki Haritası AHP_2 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerleri44	44
Çizelge 3.11 Deprem Etki Haritası AHP_3 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerleri46	46
Çizelge 3.12 AHP_1, AHP_2, AHP_3 modellerine göre deprem etki analizinde kullanılacak verilere ait AHP' den hesaplanan ağırlık değerleri47	47
Çizelge 4.1 AHP modellerine göre örneklem noktalarına ait Deprem Etki Değerleri ...49	49
Çizelge 4.2 Oluşturulan Deprem Etki Haritasında ki değerlere ait sınıflar ve sınıf aralıkları.....50	50

SİMGELER DİZİNİ

(λ_{maks})	En Büyük Kıymet Değeri
RI	Rastgele Değer İndeksi
CI	Tutarlılık İndeksi
CR	Uyum Oranı/ Tutarlılık Oranı
Xij	İkili Karşılaştırma Matrisi
Mw	Moment Büyüklüğü



KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	Analitik Hiyerarşi Prosesi
AHS	Analitik Hiyerarşi Sistemi
AFAD	Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
Cm	Santimetre
ÇAKV	Çok Amaçlı Karar Verme
ÇNKV	Çok Nitelikli Karar Verme
GNSS	Global Navigation Satallite Systems/ Küresel Konumlama Sistemi
GPS	Global Positions Systems
IDW	Inverse Distance Weighting- Ters Mesafe Ağırlıklandırma
Km	Kilometre
MÖ	Milattan Önce
MIT	Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
MTA	Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü
PS- InSAR	Sabit Saçılım SAR İnterferometri, Persistent Scatter InSAR
SAR	Yapay Açıklıklı Radar
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
TUBITAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu

GİRİŞ

Ülkemiz sismik aktivite olarak dünyadaki en aktif bölgelerden birisidir. Bu nedenle Türkiye ve civarının aktif tektoniğinin iyi anlaşılması ve öğrenilmesi gerekmektedir. Deprem tehlikesini daha iyi değerlendirebilmek için oluşan her depremi detaylı bir şekilde inceleyerek bunların kaynak parametrelerini ortaya çıkarmak ve fayların davranışlarını hakkındaki bilgimizi arttırmamız gerekmektedir (Poyraz F. vd., 2015). Türkiye topraklarının yaklaşık yarısı 1. Derece deprem bölgesi üzerinde yer almaktadır (Özmen vd., 1997). Türkiye nüfusunun % 44'ü 1. Derece deprem bölgeleri içinde yaşadığından, Türkiye'de depremler en etkili olan doğal afettir (Avcı, 2011). Bu bakımdan günümüzde deprem tehlike, duyarlılık ve risk çalışmalarının yapılarak haritalandırılması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu çalışmalar; uygun yer seçimi, deprem tehlikelerinin değerlendirilmesi, olasılık senaryoları, risk analizleri, etki analizleri, meydana gelecek problemlerin çözümü ve gerekli önlemlerin alınması için önemli bir karar verme aracı haline gelmiştir. Yanlış arazi kullanımı ve yer seçimi, depremlerin afetle sonuçlanmasına neden olmaktadır. Deprem sonucu yaşanan olumsuzlukların temel nedeni nüfus yoğunluğundan, yanlış arazi kullanımından ve plansızlık sonucu ortaya çıkan yapılaşmadan kaynaklanmaktadır (Hacısalıhoğlu, 2001; Sönmez, 2011; Özşahin, 2014).

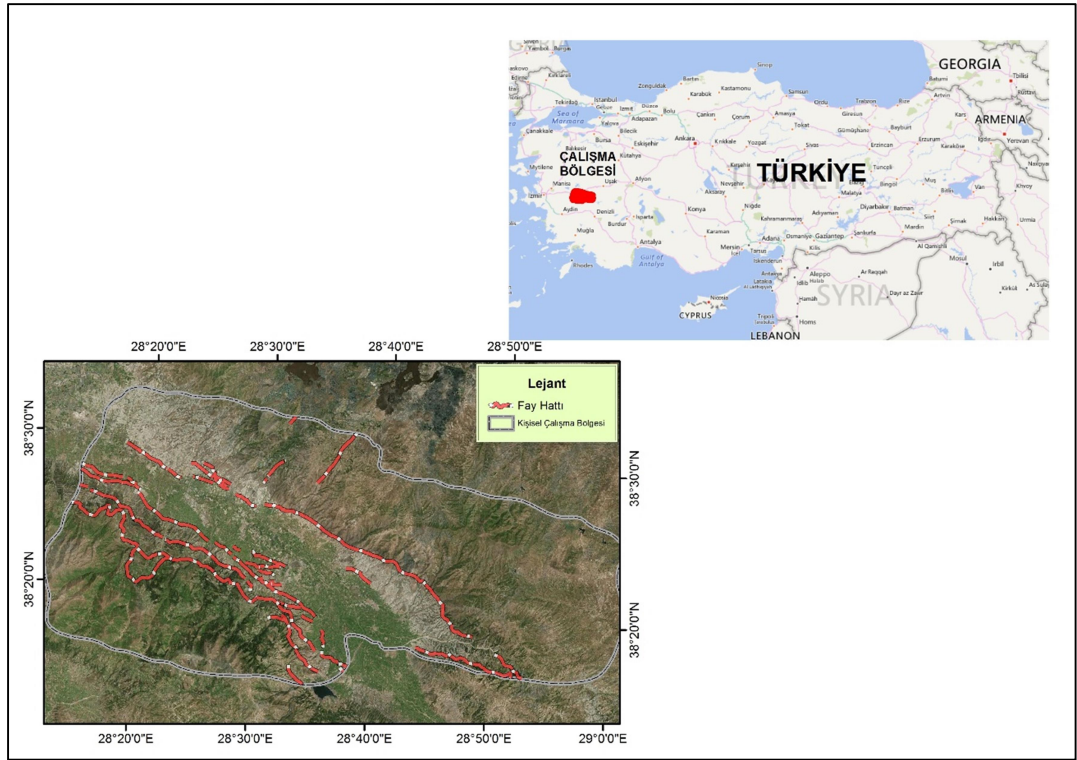
Bir bölgenin deprem tehlikesi; hasar ve can kaybına neden olabilecek depremin yaklaşık yerinin, büyüklüğünün ve belli bir zaman süresi içerisinde olabileceğinin ortaya konulmasıdır (Wang, 2006). Gelişen teknoloji ve farklı disiplinler arası iş birliğinin artması sonucunda bir bölgenin deprem tehlike durumunun kısa sürede ortaya konulması afet öncesi çalışmalar için büyük önem taşımaktadır (Ayday vd., 2014). Bu çalışmalar, deprem tehlike durumuna sebep olabilecek parametrelerin coğrafi koordinatlarla ilişkilendirilmesi ve sonrasında ise matematik, istatistik veya bilgisayar modellemelerine dayalı görsel harita veya grafiklerin oluşturulmasıyla mümkündür (Tağıl ve Alevkayalı, 2013).

1. BÖLÜM

GENEL BİLGİLER

1.1. Çalışma Sahası

Çalışma alanı, Manisa iline bağlı Alaşehir ve Sarıgöl ilçelerini kapsayan, Manisa ilinin Güney Doğusunda yer alan Ege Horst Graben Sistemine bağlı, Gediz Grabeni olarak adlandırılan bölge seçilmiştir. Gediz Grabeni Manisa' dan Pamukkale' ye kadar uzanır ve yaklaşık 200 km. uzunluğundadır. Grabenin ana fayı güney kenarı boyunca uzanır, kuzeyde ise kısım kısım bu fayın bileşenleri yer alır. Gediz Grabeni, morfolojik yapısı ve depremsellik bakımından Batı Anadolu bölgesinin tektonik açıdan en önemli aktif yapısıdır. Ege Denizinden başlayarak, Batı Anadolu olarak adlandırılan koridorun iç kesimlerine kadar yaklaşık D-B şeklinde uzanan Gediz Grabeni üzerinde aletsel dönemde birçok yıkıcı etkiye depremler meydana gelmiştir. Meydana gelen depremlerden birçoğu yüzey kırığı oluşturmuştur. 28. Mart 1969 tarihinde Grabenin güney-batı bölgesinde meydana gelen 6.5 büyüklüğünde ki deprem ile Gediz Grabeni tekrardan aktivitesini sergilemiştir.



Şekil 1.1 Çalışma Bölgesi.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu tez çalışması ile çalışma bölgesi olarak seçilen, Gediz Grabeni içerisinde, depreme neden olan veya olabilecek nedenler belirlenerek Deprem Etki Haritaları elde edilmiştir. Deprem Etki Haritası ile girdi veriler birlikte değerlendirilmiş ve depremlerle ilişkileri araştırılmıştır. Bu çalışmaların değerlendirilmesi ve araştırılmasında AHP yöntemi kullanılmıştır. 1971 yılında Saaty tarafından geliştirilen ve çok sayıda ölçüte bağlı olarak karar verme yöntemlerinden biri olan (Wind ve Saaty, 1980) Analitik Hiyerarşi Prosesi (Analytic Hierarchy Process: AHP) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile birlikte deprem tehlikesi analizi çalışmalarında kullanılmaktadır (Anbazhagan vd., 2010, Ayday vd., 2014, Özşahin, 2014, Pektezel, 2015, Yalçın ve Sabah, 2017). Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı çakıştırma analizleri kullanılarak, AHP yöntemi ile deprem öncesi ve sonrası yaşanacak olumsuzlukları en aza indirebilmek adına, gerekli planlamaların yapılmasına olanak sağlayan sonuç ürünler elde edilebilmektedir.

1.3. Literatür Araştırması

Çalışma bölgesinde jeolojik ve tektonik amaçlı çok sayıda çalışma yapılmıştır. Analitik Hiyerarşi Proses (AHP), Tektonik ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile bütünleşmiş olarak ve jeodezik yöntemler kullanılarak çok ayrıntılı bir çalışma yapılmamıştır. Bölgede yapılan bir takım çalışmalar ile uygulamada Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak yapılan bazı çalışmalar;

Şengör (1980), Batı Anadolu bölgesinin doğu- batı doğrultulu sıkışma tektoniğine uğramasıyla kuzey-güney doğrultusunda bir ayrılmanın meydana geldiğinden bahsederek, buna bağlı olarak Ege Bölgesi Graben Sisteminin meydana geldiğini, meydana gelen bu grabenlerin oluşumuna sebep olan fayların derine doğru eğimleri azalan listrik normal faylar olduğunu belirtir (Şengör, A.M.C. vd., 1980).

Gürsoy vd., (1997), Gediz Grabeninin güneydoğu kısmının tektoniğini inceleyerek; bölgede aktif normal faylanma ile ilişkili güncel deformasyon bulgularını tespit etmişlerdir. Ayrıca 1969 Alaşehir depreminden sonra bölgedeki yapılarda oluşan yüzey çatlaklarının ve çökmelerin sismik aktivitenin sürdüğüne işaret olduğunu belirtmişlerdir.

Çil vd., (2001) Adapazarı ve yakın çevresine ilişkin Analitik Hiyerarşi Yöntemine göre jeolojik yapı ve depremsellik ile arazi kullanımına ait gerekli bilgileri toplayarak, yeni yerleşim yerlerinin seçilmesi üzerine çalışmalar gerçekleştirmişlerdir.

Yerleşim açısından uygun olmayan zeminlerde depremlerin büyük miktarda can ve mal kayıplarına yol açtığı düşüncesinden yola çıkarak, yeni yerleşim yerlerinin belirlenmesinde Analitik Hiyerarşi Prosesinin gerekliliğini vurgulamışlardır.

Emre, Ö. vd., (2005), İzmir ve yakın bölgesinde bulunan diri faylar ve deprem potansiyelleri ile ilgili çalışmalar gerçekleştirmişler; bölgenin tektoniği ile ilgili çalışmalar yaparak, tarihsel ve aletsel dönemde meydana gelen depremler tespit edilerek bölgenin depremselliği ile ilgili çalışmalar yapmışlardır. (Emre Ö. Özalp S. Duman T.Y. 2001, 1/25 000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, İzmir (NJ 35-7) paftası seri no:6, MTA, Ankara.)

Koca vd., (2011), Sarıgöl fay zonu üzerinde oluşan deformasyonların nedenleri üzerine çalışmalar yapmış, Fayın; yol, kanal, yapı duvarlarında deformasyona neden olduğunu tespit etmişlerdir.

Yalçın vd., (2013) Gediz ve yakın çevresinin depremselliğini, Kandilli Deprem Araştırma Enstitüsü' nden temin edilen ve 1900 – 2010 yılları arasında büyüklüğü dört ve üzeri depremlerin dağılımlarını göz önüne alarak incelemişlerdir.

Gökkaya vd., (2014) Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Prosesi ile üretilen Deprem Tehlike Haritalarının duyarlılığı üzerine çalışmışlardır. Çalışmalarında; Küçükçekmece ilçesine ait topografya, deprem merkezine uzaklık, zemin sınıfı, sıvılaşma potansiyeli ve fay mekanizmaları parametrelerine ait sınıf değerleri ve Analitik Hiyerarşi Proses ile belirlenmiş kriter ağırlıklarını kullanarak verilere ait duyarlılıkları belirlemişlerdir.

Özşahin, (2014) Tekirdağ ilinde gerçekleştirilen çalışmada bölgeye ait; litoloji, fay hatlarına mesafe, deprem bölgeleri derecelendirmeleri, en büyük yer ivmesi katsayısı, hidrojeoloji, yer şekilleri, eğim, akarsulara olan mesafe verilerini, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Proses kullanarak deprem hasar riski analizi gerçekleştirmiştir. Yapılan analizin sonunda, Tekirdağ il alanının % 73.8'inin güçlü deprem hasar riski altında olduğunu tespit etmiştir.

Akıncı vd., (2015) çalışma alanı olarak seçtikleri Artvin il merkezinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanarak planlı alanlarda heyelan duyarlılığının değerlendirilmesi üzerine çalışmışlardır. Çalışma kapsamında bölgeye ait heyelan duyarlılık haritasını; litoloji, yükseklik, eğim, bakı ve akarsuya yakınlık verilerini kullanarak oluşturmuşlardır.

AHP yöntemiyle elde ettikleri heyelan duyarlık haritası için yaptıkları değerlendirmelerde çalışma alanının % 15' inin çok yüksek, %25.52' sinin yüksek, %28.95' inin orta, %18.77' sinin düşük ve % 11.76' sının ise çok düşük derecede heyelana duyarlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Poyraz vd., (2015), Alaşehir ve Sarıgöl civarında, grabenin doğu kısmında ki güncel deformasyonlar ve tektonik hareketlerin belirlenmesi amacıyla, jeodezik yöntemler kullanarak, SAR ve GNSS ölçümlerini kullanarak, düşey ve yatay yer değiştirme miktarlarını hassas bir şekilde tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar bölgede daha önce yapılan jeolojik çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile benzer bulgular olduğu, grabenin iç kısmında çökmelerin, dış kısmında ise yükselmelerin meydana geldiği, kullanılan yöntemle alakalı olarak düşey yöndeki yer değiştirmenin daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Güven vd., (2017) Kocaeli iline ait Gölcük ilçesine bağlı Değirmendere bölgesinin Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı Deprem Risk ve Erişebilirlik Analizini gerçekleştirmişlerdir. Çalışma kapsamında, bölgedeki, 3456 adet yapının yerbilimleri verileri ile tehlike analizleri gerçekleştirilmiş ve bölgede ki yüksek risk altındaki yapıları tespit etmişlerdir.

Yavaoğlu vd., (2017) İstanbul ili, Kadıköy bölgesinde deprem hasar riski analizini, Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanarak tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışma sonucunda; Kadıköy ilçesi mahallelerinin üç farklı düzeyde deprem hasar riskine sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Yalçın vd., (2018) Adıyaman ve ilçelerini kapsayan, alüvyon, diri fay ve il genelinde meydana gelen 1900 ile 2017 yılları arasındaki 3 ve üzeri büyüklükte olan depremlerin dış merkez noktalarını Coğrafi Bilgi Sistemleri, Bulanık Mantık ve Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanarak deprem tehlike haritasını oluşturmuşlardır.

1.4. Depremlerin Oluşumu

Deprem, yer kabuğu altındaki kırılmalar nedeniyle ortaya çıkan elastikiyet enerjisinin, dalgalar halinde yayılarak yer yüzeyini sarsmasıdır. Depremlerin oluşumu literatürde Elastic Rebound teorisi ile açıklanmaktadır. Elastic Rebound teorisine göre herhangi bir noktada meydana gelen deformasyonlara bağlı olarak oluşan enerji dayanım gücünün üzerinde değere ulaştığında fay düzlemi boyunca meydana gelen sürtünme kuvvetini aşarak, fayın etrafındaki blokları birbirine göre hareket ettirir(URL- 1).

Bu hareket sonucunda biriken enerji yeryüzü üzerine etki eder. Yer kabuğuna üst mantoda oluşan konveksiyon akımları nedeniyle yer değiştirmeler meydana gelebilmekte ve bu yer değiştirmelere bağlı olarak biriken enerji dayanım seviyesini aştığında kırılmaktadır. Meydana gelen bu kırılmalar sonucunda Depremler oluşmaktadır (URL- 1).

Depremler temelinde çeşitli jeolojik olaylara bağlı olarak meydana gelir. Oluşumuna göre depremler;

- *Tektonik Depremler*; bu depremler çoğunlukla levhalar sınırlarında oluşurlar. Yeryüzünde olan depremlerin %90'ı bu gruba girer. Türkiye'de olan depremler de büyük çoğunlukla tektonik depremlerdir.
- *Çöküntü Depremler*; yer altındaki boşlukların (mağara), kömür ocaklarında galerilerin, tuz ve jipsli arazilerde erime sonucu oluşan boşlukları tavan blokunun çökmesi ile oluşurlar. Hissedilme alanları yerel olup enerjileri azdır fazla zarar getirmezler. Büyük heyelanlar ve gökten düşen meteorların da küçük sarsıntılara neden olduğu bilinmektedir.
- *Volkanik Depremler*; volkanların püskürmesi sırasında meydana gelirler. Yerin derinliklerinde ergimiş maddenin yeryüzüne çıkışı sırasındaki fiziksel ve kimyasal olaylar sonucunda oluşan gazların yapmış oldukları patlamalarla bu tür depremlerin meydana geldiği bilinmektedir. Bunlar da yanardağlarla ilgili olduklarından yereldirler ve önemli zarara neden olmazlar. Japonya ve İtalya'da oluşan depremlerin bir kısmı bu gruba girmektedir (URL- 1).

1.5. Çalışma Bölgesinin Tektonik Yapısı ve Depremselliği

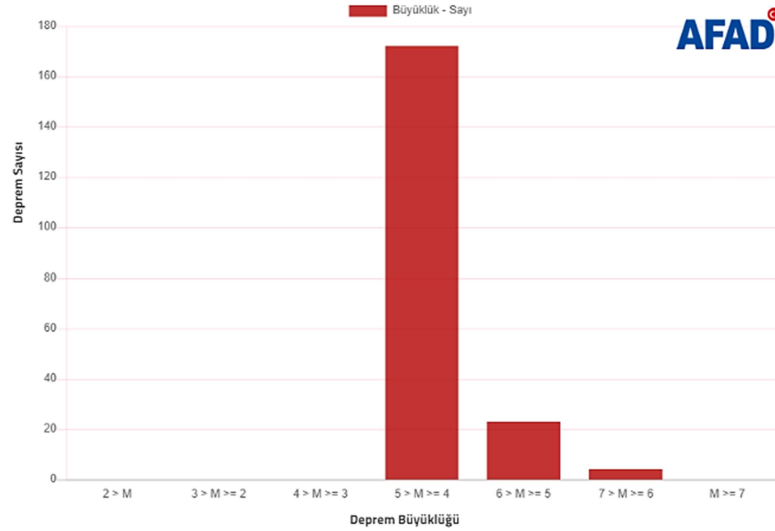
Gediz Grabeninin içinde yer aldığı Batı Anadolu, Geç Oligosen' den beri Kuzey- Güney doğrultusunda genişleyen bir bölge olarak kabul edilmektedir. (Seyitoğlu, G. vd., 1991). Bu genişleme graben havzalarını sınırlayan Doğu- Batı doğrultulu düşük ve yüksek açılı normal fayların oluşmasını sağlamıştır. Gediz Grabeninin Neojen çökellerini Menderes Masifinden ayıran ana fay Karadut Fayı olarak adlandırılmaktadır. Kuzeyde ise kısım kısım bu fayın bileşenleri yer alır (Colesanti, C. vd., 2001).

Batı Anadolu bölgesi tarihsel dönemde birçok yıkıcı depremin etkisinde kalmıştır. Bu depremlerin büyük çoğunluğu ise çalışma bölgesi olan Gediz Grabeni çevresinde meydana gelmiştir. Çalışma bölgesinde tarihsel dönemde ~13 civarında deprem meydana geldiği bilinmektedir.

Grabende meydana gelen depremler incelendiğinde, grabenin batı kısmında MÖ. 17, 1592, 1850, 1862 yıllarında, doğu kısmında ise MÖ. 60 ve 494 yıllarında şiddeti “8” den büyük depremlerin meydana geldiği, belirtilen tarihlerden sonra 28 Mart 1969 tarihinde ($I_0=8$) Alaşehir Depreminin oluştuğu bilinmektedir (Poyraz Fatih vd.,2015).

Çalışma alanının aletsel dönemde bölgedeki sismik aktivite grabenin batı ve orta kesimlerinde çok az iken, grabenin doğu ucunda sismik aktivitenin daha yoğun olduğu belirlenmiştir (Eravcı B. vd., 2007).

1900 yılından bugüne kadar geçen süre zarfında özellikle 1970 yıllarında kayıt istasyonlarının sayısı ve niteliğinin artmasıyla bölgede günde birden fazla depremin kaydedilmesi, bölgenin günümüzde de sismik yönden halen aktif olduğunu ispatlamaktadır (Barka A. vd., 1998). Çalışma bölgesinde 1900 yılı ile 2019 yılları arasında AFAD tarafından tespit edilmiş, kayıt altına alınan 199 adet deprem meydana gelmiş olduğu ve oluşan bu depremlerin büyüklükleri “1.0” ile “6.5” arasında değişen şiddetlerde olduğu bilinmektedir.



Şekil 1.2 1900- 2019 yılları arası bölgede meydana gelen depremlerin büyüklükleri.

(AFAD, 2018)

Koca vd., 2011 yılında yapmış oldukları çalışmada diğer çalışmaların sonuçlarından farklı olarak, Sarıgöl Fayı'nın kayma yüzeyi boyunca, fayın eğim yönünde zemin katmanlarının uçlarının döndüğü belirlenmiştir. Fay üzerindeki mikro deprem aktivitesi ($M_w < 4.0$), fay düzlemi üzerinde santimetre mertebesinde hareketin devam ettiğinin göstergesidir.

Sarıgöl fayı boyunca oluşan deformasyon yapıları üzerinde toplam yer değiştirme miktarı 1.00-1.25 metredir. 2010 yılında ölçülen oturma miktarı ortalama 22.5 cm olarak elde edilmiştir. Sismik aktiviteye bağlı olarak Sarıgöl Fayı boyunca meydana gelen, fayın eğiminin ve eğri (konveks) kayma yüzeyinin kontrol ettiği yer değiştirmeler olduğu düşünülebilir. Bu durumun belgelenebilmesi için fay zonu boyunca farklı bloklarda gelişen deformasyonların hassas ölçüm yapabilen aletlerle izlenmesi gerekmektedir (Koca M.Y. vd., 2011).



2. BÖLÜM

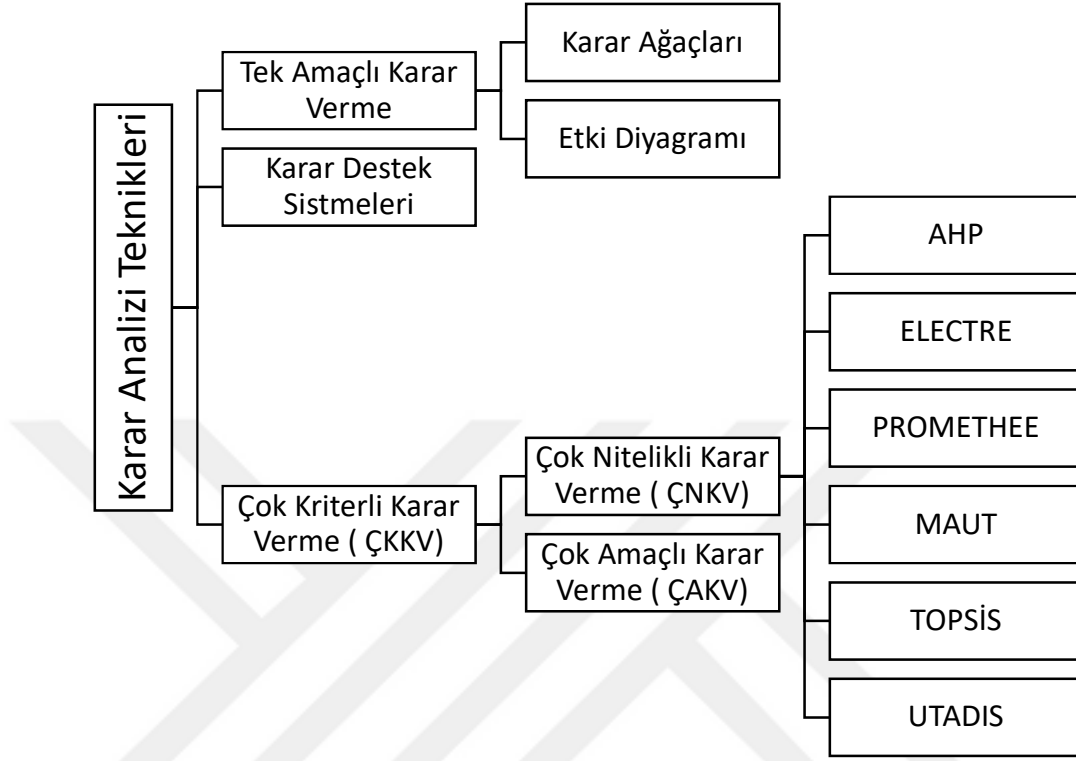
YÖNTEM VE MATERYAL

2.1. Karar Süreci ve Karar Türleri, Çok Kriterli Karar Verme, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

2.1.1. Karar Süreci

Gündelik yaşam içerisinde gün geçtikte önemli bir yer alan karar verme, birçok meslek ve meslek grubu için büyük önem taşıyan bir işlemdir. Meslek ve meslek grupları için karar verme, bu gruplar için gelecek açısından hayati öneme sahiptir. Karar verme günümüzde gerek iş hayatında gerek sosyal yaşamda günden güne daha da zorlaşan bir süreç haline gelmiştir. Karar verme işlemi değişik şekillerde tanımlanmaktadır. Bu tanımlardan bazıları: Karar verme, dar anlamda seçenekler arasından en uygununu seçme olarak tanımlanabilir (Timor M. 2011). Karar verilecek konuya ilişkin farklılık gösteren alternatifler arasında karşılaştırma yapıldıktan sonra, seçim işlemi yerine getirmek, karar verme sorununu oluşturur. Karar verme, çok yönlü bir olay içinde seçim yapmayı ifade etmektedir. İşletme yönetiminin bir kuramı olarak karar, bir seçimi ifade eder. Yöneticinin veya herhangi bir kişinin herhangi bir konuda yaptığı seçim karardır (Timor M. 2011).

Karar Sürecinde problem çözme aşamaları; Karar Probleminin belirlenmesi, Karar Problemine ilişkin karar unsurlarının belirlenmesi, Karara ilişkin amaç ve kısıtların saptanması, Model Kurulması, Alternatif çözümlerin belirlenmesi, şeklindedir. Bu aşamalardan sonra veri toplanarak, bu veriler ile karar problemine ait model test edilerek, uygulama sonuçlarına göre elde edilen bulgular hakkında yorumlar yapılmaktadır(Timor M. 2011).



Şekil 2.1 Karar Tekniklerinin Sınıflandırılması(Zhou P. Vd., 2006).

2.1.2. Çok Kriterli Karar Verme

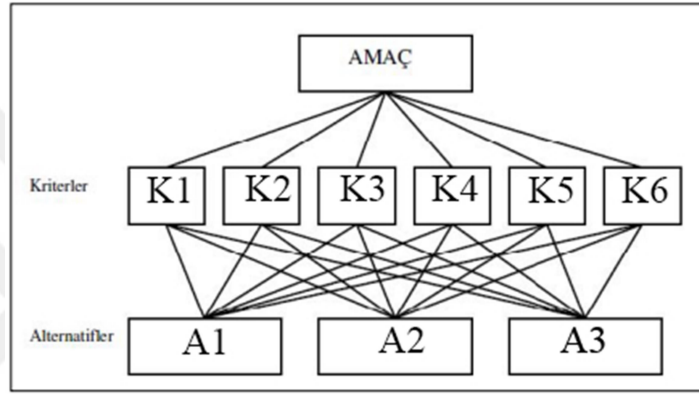
Çok kriterli karar verme karar analizinin yaygın uygulanan, birden fazla karar kriterinin değerlendirilmesi ile alternatifler arasından seçim yapılmasını, alternatiflerin gruplanmasını veya sıralanmasını sağlayan yöntemleri içermektedir(Timor M. 2011).

Literatürde “Çok Nitelikli Karar Verme Teknikleri” ’ nin kullanıldığı birçok çalışma yer almaktadır. İlgili çalışmaların çoğunda Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) tek başına veya karşılaştırmalı sonuçları göstermek üzere bir arada kullanıldığı görülmektedir(Timor M. 2011). Çok kriterli karar verme yöntemleri; CBS tabanlı gerçekleştirilen birçok mekânsal analiz işlemlerinde karar verme problemlerinin çözümünde tutarlı sonuçlar elde edilmesi nedeniyle risk, etki,ve planlama alanlarında sıkça kullanılmaktadır. Ayrıca nitel anlam taşıyan kriterlere nicel anlam katılmasına olanak sağlayarak matematiksel işlemler ve hesaplamalar yapmaya olanak sağlamaktadır.

2.1.3. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), karmaşık karar problemlerinde, karar alternatif ve kriterlerine göreceli önem değerleri verilmek suretiyle yönetsel karar mekanizmasının çalıştırılması esasına dayanan bir karar verme işlemidir. Birçok karar verme problemi hem objektif, hem de sübjektif unsurlar içermektedir.

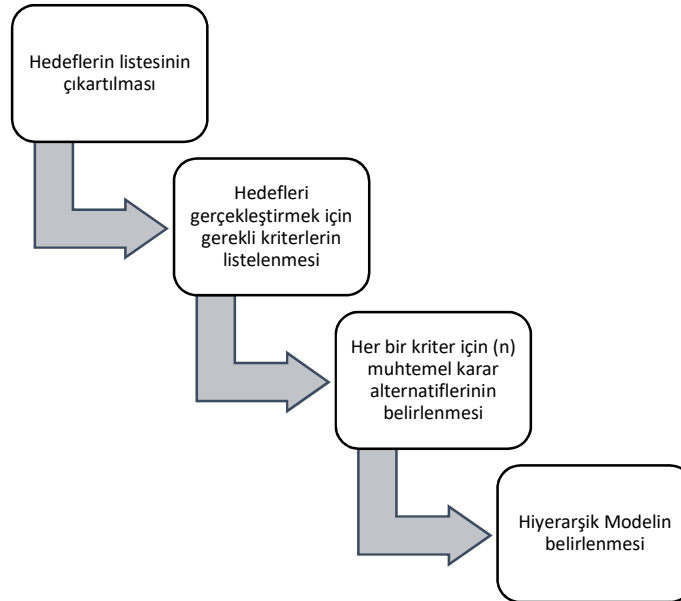
AHP, bu iki unsuru da bulunduran bir çözüm yapısına sahip olduğu için birçok karar verme yöntemine göre daha gerçekçi bir çözüm yöntemidir(Timor M. 2011).



Şekil 2.2 Üç seviyeli Analitik Hiyerarşi modeli.

AHP ile problem çözümünde, öncelikle hedef belirlenmekte, daha sonra hedeften yola çıkılarak Analitik Hiyerarşi Prosesi çözüm aşamaları uygulanmaktadır(Timor M. 2011).

AHP ile çözüm aşamaları Şekil 2.3 üzerinde gösterilmiştir.



Şekil 2.3 AHP ile çözüm aşamaları.

Hiyerarşik Model: Karmaşık problemler, problemi oluşturan bileşenlerin hiyerarşik ilişkilerinin belirlenmesi sayesinde daha iyi anlaşılabilirler. Hiyerarşik model yapısal ve fonksiyonel olmak üzere iki ayrı grupta ele alınabilir. Yapısal Hiyerarşiye, güneş sisteminden gezegenlere, daha ayrıntılı olarak devam edilirse moleküllerden atomlara, atomdan proton ve nötronlara uzayan bir yapı örnek verilebilir. Yapısal hiyerarşide üst ve alt gruplar ve bunların içerdiği daha alt gruplar ele alınmaktadır(Timor M. 2011). Fonksiyonel Hiyerarşilerde, karmaşık sistemler kendi içlerinde ki temel ilişkiler dikkate alınarak sisteme ait bileşenler iç ilişkileri ile birlikte belirlenmeye çalışılır. Fonksiyonel Hiyerarşilerde en üstte amaç (hedef) yer alır. İzleyen aşamada karar alternatiflerine ait kriterler yer alır. Bunu izleyen aşamada ise karar alternatifleri bulunmaktadır. AHP’ nde ilk adım Hiyerarşik Modelin oluşturulmasıdır. Hiyerarşik Model oluşturulduktan sonra aşağıdaki aşamalar oluşturulur.

- AHP’ nde ki işlemleri gerçekleştirmek için öncelikle bir “Karşılaştırma Matrisi” nin oluşturulması gerekmektedir.
- Elde edilen bu matris daha sonra bir “Öncelikler Vektörü” ne dönüştürülür.
- “Uyum Oranı” hesaplanır(Timor M. 2011).

AHP’ nde ikili karşılaştırmaları elde etmek için göreceli veya mutlak ölçümler kullanılır. Bu şekilde elde edilen bilgilere göre AHP’ nde yargılar bir Karşılaştırma Matrisine dönüştürülebilir. $X(ij)$, i- nci özellik ile j- nci özellik arasındaki ikili karşılaştırma değeri $X(ji)$ ise karşılık olma özelliğine göre;

$$X(ji) = 1 / X(ij) \text{ ‘dir.} \quad [2.1]$$

(Saaty vd., 1982)

İkili karşılaştırma matrisinin genel formu aşağıda verilmiştir:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & \dots & x_{2n} \\ x_{31} & x_{32} & x_{33} & \dots & x_{3n} \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ \cdot & & & & \cdot \\ x_{n1} & & & & x_{nn} \end{bmatrix} = [x_{ij}]_{n \times n} \quad i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad [2.2]$$

(Saaty vd., 1982)

Yukarıda ki değerlerde n: probleme ait ölçüt sayısı, i, j: Kriterler, x_{ij} : i kriterin j kritere göre önem değeri olarak ifade edilmektedir(Timor M. 2011).

Analitik Hiyerarşi Prosesi ile problem çözebilmek için, probleme ait karar kriterleri, alternatifler ve probleme ait hiyerarşik yapının belirlenmesinden sonra ki ilk adım Karşılaştırma matrisinin oluşturulmasıdır.

Karşılaştırmalar yapılırken Saaty T. L. (1978) tarafından geliştirilen önem skalası kullanılmaktadır(Timor M. 2011).

Çizelge 2.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi karşılaştırmalarda kullanılan önem dereceleri.

Önem Değerleri	Değer Tanımları
1	Her iki faktör aynı öneme sahiptir.
3	Bir faktör diğerine göre biraz daha önemlidir.
5	Bir faktör diğerinden kuvvetle daha önemlidir.
7	Bir faktör diğerine göre yüksek kuvvetle tercih edilmektedir.
9	Faktörlerden biri diğerinden çok yüksek kuvvetle önemlidir.
2, 4, 6, 8	İki faktör arasında tercihte küçük farklar olduğunda kullanılır.

İkili karşılaştırmalarda birinci ölçüt ikinci ölçüte göre kuvvetle daha önemli diyebiliyorsak $i=1$ ve $j=2$ olduğu durumda, çizelge 2.1 de 5 değerine karşılık gelir. Bunun tam tersi olan $i=2$ ve $j=1$ durumunda $1/5$ değeri karşılık alır.

Yani; $\begin{bmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{bmatrix}$ şeklinde ikili karşılaştırma matrisi oluşturulabilir. [2.3]

Oluşan karşılaştırma matrisinde köşegen değerlerin hepsi 1 değerini alırken, köşegenin üzerinde kalan değerler için karşılaştırma yapılarak [2.1] formülü ile hesaplanabilir. İkili karşılaştırma matrisindeki ölçütlere ait her bir sütun değerinin toplamı hesaplanarak, her bir satır ve sütundaki değerlerin bu toplama bölünmesi ile normalize edilmiş karşılaştırma matrisi hesaplanır. Hesaplanan normalize karşılaştırma matrisinin satır ortalaması alınarak, karşılaştırma matrisinde ölçütlere ait öncelik değerleri belirlenir(Timor M. 2011). Formül [2.4] öncelik değerleri hesaplanır ve [2.5] ile öncelik değer matrisi oluşturulur.

$$b_{i1} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad [2.4]$$

(Saaty vd., 1982)

$$B_{n1} = \begin{bmatrix} b_{11} \\ b_{21} \\ b_{31} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{n1} \end{bmatrix} \quad [2.5]$$

(Saaty vd., 1982)

Öncelik değer matrisi oluşturulduktan sonra, elde edilen vektör ikili karşılaştırma matrisi ile çarpılarak, karşılaştırma matrisini dikkate alan, Tüm Öncelikler Matrisi oluşturulur.

Tüm öncelikler matrisinin satırlar toplamı ile elde edilen vektörün, öncelik vektörüne bölünmesiyle “En Büyük Öz Değer” vektörü elde edilir. En büyük öz değer vektörünün sütün toplamının ortalaması ise en büyük kıymet (λ_{maks}) ile ifade edilmektedir (Timor M. 2011). Yapılan karşılaştırmaların anlam kazanması için, karşılaştırmalar arasında ki tutarlılığı gösteren Uyum oranının hesaplanması gerekmektedir. Hesaplanan uyum oranı 0.1 değerinden küçük olması karşılaştırmaların tutarlı olduğu, 0.1 değerinden büyük olması karşılaştırmalar için yeniden değerlendirme yapılması gerektiği anlamını taşımaktadır (Timor M. 2011). Uyum oranı; en büyük kıymet olarak ifade edilen değer (λ_{maks}) yardımıyla hesaplanan tutarlık indexinin [2.6], rastgele değer indeksine (RI) oranı ile tespit edilebilmektedir. Aşağıda formül [2.7] ile gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Rastgele Değer İndeksi Tablosu (Saaty 1990)

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

$$CI = (\lambda_{maks}) - n / (n-1) \quad [2.6]$$

$$CR = CI / RI \quad [2.7]$$

2.2. AHP ve CBS Entegrasyonu

Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) 1980' li yıllarda gelişmeye başlayarak konuma dayalı olarak elde edilen coğrafi verilerin yönetilmesi ve analiz edilmesinde bir bilgi teknolojisi olarak gelişmiştir. CBS' nin gelişmesiyle AHP mekânsal boyutlarda uygulama alanı bulmuştur.

CBS bütün bu özelliklerinin yanında; doğal kaynak yönetimi, bölgesel planlama ve afet yönetimi gibi birçok alanda analizler gerçekleştirme ve yorumlama yönünden uygulama alanı bulmuştur. (Cowen (1988); Densham ve Goodchild, (1989)). Coğrafi Bilgi Sistemlerinin temel amaçlarından biriside, mekânsal verilerin analiz edilmesini sağlayarak, bu analizler sonucu mekânsal karar verme sürecine destek olmasıdır. Simon (1960) karar analizleri literatüründe genel kabul görmüş, karar verme sürecini üç aşamada incelemiştir.

- Bilgi (Problem)

- Tasarım (Seçenekler)

- Seçim (Karar verme, En iyi seçenek)

Bu aşamalara göre karar verme sürecinin bilgi aşamasında ki destek CBS' den sağlanabilir. Coğrafi verilerin toplanması ve analiz edilmesinde gerekli düzeltmeler ve eksiklikler etkili ve etkin bir biçimde CBS ile çözülebilmektedir. Karar vermenin ilk aşamasında verilerin toplanması, düzeltilmesi ve yönetilmesinde CBS 'ye büyük görevler düşmektedir. Tasarım aşamasında, problem hakkında elde edilen veriler bir karar için sentezlenmelidir. Coğrafi olarak seçilecek karar seçenekleri için CBS de toplanan ve düzenlenen verilerin analizinden üretilir. Seçim aşaması ise olma ihtimali olan birden fazla seçenek içerisinde en uygun olanın seçilmesidir. Önem derecelerine göre sıralamalar karar vericinin tercihlerine ve uzman görüşlerine göre değişiklik göstermektedir.

2.3. Çalışmada Kullanılan Veriler

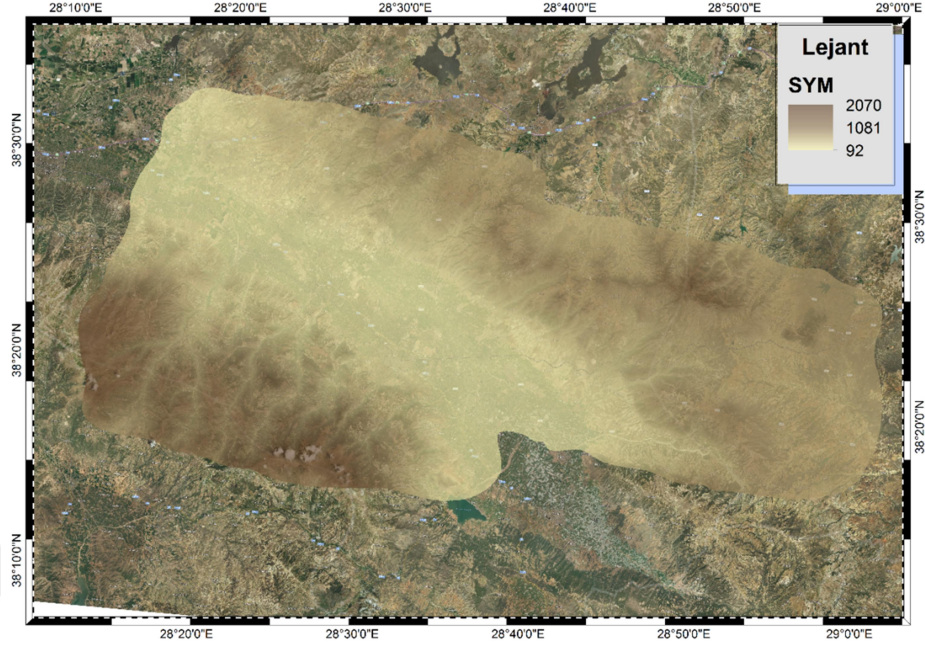
Çalışma bölgesinin Deprem Etki Haritasının oluşturulmasına yönelik haritalar, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Bilgisayar Laboratuvarlarında bulunan ArcGIS 10.1 yazılımında hazırlanmıştır. Çalışma bölgesinde Deprem Risk Bölgelerinin seçiminde etkili olduğu düşünülen, eğim, yükseklik, fay, SAR verileri, GNSS Hız verileri, litoloji gibi faktörler kullanılmıştır. Verilerin hücre aralıkları çalışma bölgesinin alanı ve ölçeğe bağlı olarak 10m. arasında seçilmiştir. Çalışma alanında kullanılan verilere ait alt sınıflar ayrı ayrı değerlendirilmiş ve depremlerle olan ilişkileri ortaya konulmuştur. CBS ve AHP' nin bütünleşmiş çalıştırılması ile kullanılan veriler ve bu verilerin alt sınıflarına ait ağırlıklar belirlenerek, CBS tabanlı mekânsal çakıştırma analizleri sayesinde bölgeye ait Deprem Etki Haritası oluşturulmuştur. Öncelikle CBS' nde düzenlenen verilere, yeniden sınıflandırma işlemleri uygulanmıştır.

Yeniden sınıflandırma işlemi sonucunda verilere ait alt sınıflar kesinleştirilmiş ve AHP yöntemi ile bu veriler ve alt sınıflara ait ağırlıklar elde edilmiştir. Elde edilen ağırlık değerlerine göre tekrardan yeniden sınıflandırma işlemleri uygulanmıştır. Bu yeniden sınıflandırma işlemleri ile veriler AHP yönteminde belirlenen önem derecelerine göre ağırlıklandırılmış ve mekânsal çakıştırma analizine uygun hale getirilmiştir. Bir sonraki aşama; mekânsal çakıştırma analizi kısmında ise verilere ait AHP den elde edilen ağırlık değerleri, çakıştırma analizinde ki ağırlık değerleri olarak kabul edilerek sonuç ürün olan bölgenin Deprem Etki Haritası elde edilmiştir.

2.3.1. Sayısal Yükseklik Modeli

Depremi oluşturduğu hasarın büyüklüğü ve dağılışı; depremin şiddetine, zemin koşullarına, topografik özelliklere ve yapıların dayanımına göre farklılık göstermektedir. Dağ, ova, plato ve vadi tabanları gibi farklı yer şekilleri üzerinde depremin duyarlılığı ve hasar riski değişmektedir (Nath ve Thingbaijam, 2009). Nitekim Efe ve Demirci (2001) yaptıkları çalışmada, 1999 Gölçük depreminde deprem hasarının bölgelere göre farklı olmasında önemli etkenlerden birisinin yer şekilleri olduğunu belirtmişlerdir. Depremi hissedildiği bölgelerde zemini sağlam olan yamaç ve tepelik alanlar ile alüvyal zeminli, düz ve ovalık alanlar arasında hasarın miktarı ve dağılışı açısından çok büyük farklar olduğunu ispatlamışlardır (Efe ve Demirci, 2001: 4). Dağ, plato, kademe düzlükleri ve ana kayadan oluşan yamaçlarda sıvılaşma yokken vadi tabanları, taraçalar, terkedilmiş akarsu yatakları, bataklıklar, killi depolar, yapay ve sığ deniz dolgu alanlarında sıvılaşma yüksektir (Turoğlu, 2004).

Bölgeye ait deprem risk haritalarının oluşturulması amacıyla çakıştırma analizinde ASTER uydusuna ait SYM verisi kullanılmıştır.

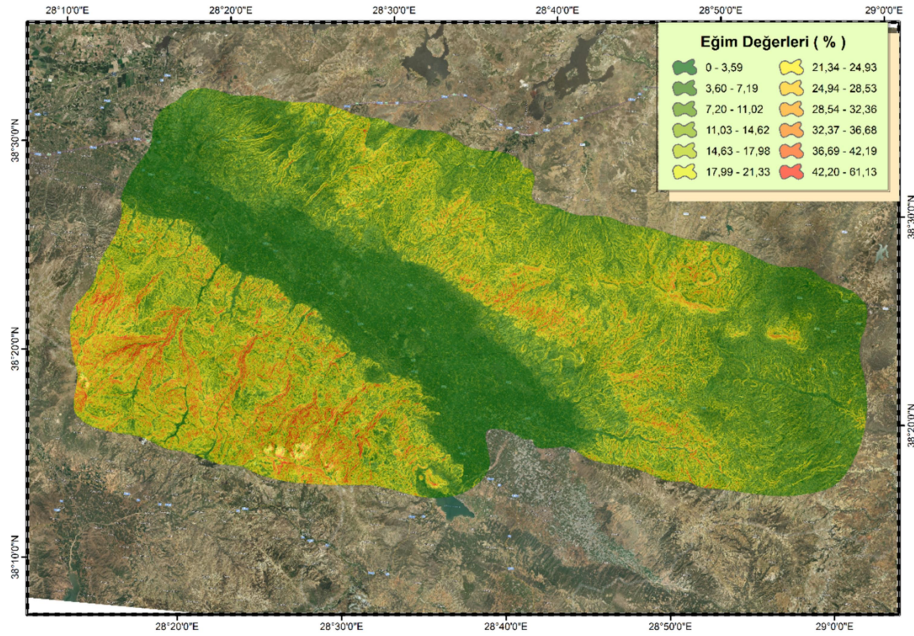


Şekil 2.4 Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli.

2.3.2. Eğim

Türkiye'deki pek çok yerleşmenin yer seçiminde doğal şartlar etkili olmuştur (Taş ve Yakar, 2009:146). Özellikle yeryüzü şekilleri ve yükselti, iklim elemanları, hidrografik özellikler, litolojik yapı özellikleri, ülkemizde nüfusun dağılış düzenini kontrol eden başlıca doğal çevre etmenleridir (Doğanay, 2014: 237). Arızalı ve yüksek bir topoğrafyaya sahip olan ülkemizde arazinin derin vadilerle yarılması, yüksek eğimli orojenik kuşaklarda kısa mesafeler içerisinde yükselti şartlarının değişmesi gibi nedenlerle yerleşmelerin dağılışı büyük ölçüde düzensizdir (Özdemir ve Karadoğan, 1996: 224). Türkiye'de nüfusun dağılışı ve nüfus yoğunluğu topografik koşullar ve eğim değerleri ile çok yerde paralellik gösterir (Tunçdilek, 1985: 175). Birçok depremde en çok hasar ana fay hattına uzakta olmasına rağmen alüvyal ovalarda meydana gelmektedir. Tarihsel dönemlerde ki depremlerde benzer sonuçlar ortaya çıkmıştır. Buradan yola çıkarak; bir bölgenin eğim değerleri, oluşacak olan bir depremde meydana gelecek hasarda en çok düzlüklerin etkileneceğini vurgulamaktadır. Ayrıca fay kırıklarının olduğu yerlerde eğim değişimi olacağından bu durumun tespiti içinde önem arz etmektedir. Nitekim Anadolu' da deprem geçiren medeniyetlere ait eserler ovalar dışında halen ayakta duruyorken, ovalar içerisinde çok fazla yapı kalmamıştır.

Çalışma alanında kullanılacak eğim haritası, Sayısal Yükseklik modelinden üretilmiştir.



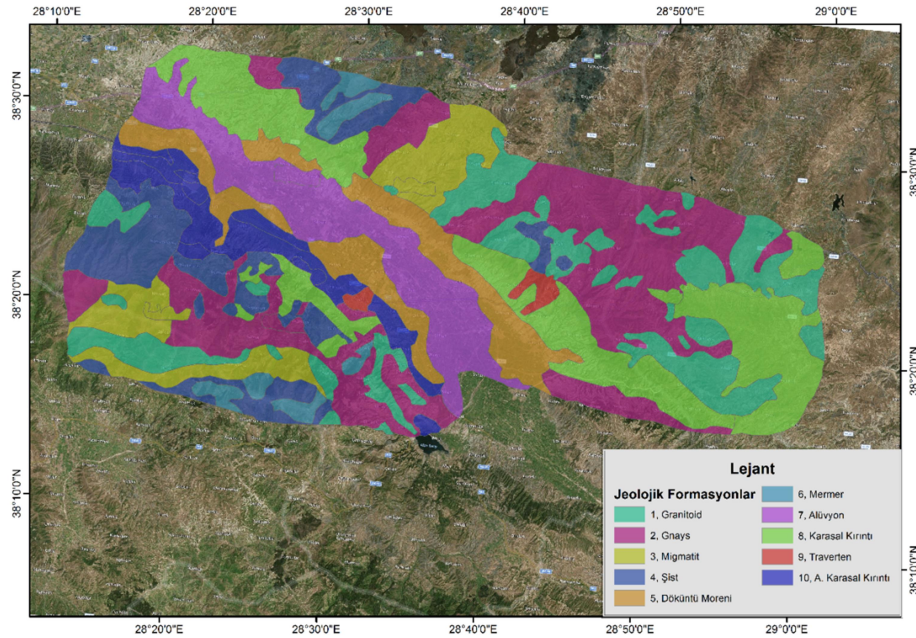
Şekil 2.5 Çalışma bölgesine ait Eğim Haritası.

2.3.3. Jeoloji

Türkiye sahip olduğu jeolojik, morfolojik ve meteorolojik koşulları nedeniyle afet olaylarının çok sık yaşandığı bir ülkedir. Deprem ve meydana getireceği hasarlar üzerinde çok çeşitli etkenler rol almaktadır. Bir bölgede depremin oluşturacağı etkinin boyutu ve depremin karakteristiği özellikle yerel faktörlere bağlı olarak değişir (Demirtaş ve Erkmen, 2000: 315; Özşahin, 2014). Jeolojik birimler zemin hakkında bilgiler vermesinden dolayı olası bir depremde hasar riski hakkında da bilgiler sunabilir. Nitekim deprem hasarı zemin yapısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Dolayısıyla jeolojik birimler depremin hasarını tayin edebilmemizde önem arz etmektedir. Depremlerin hasar ve etkileri meydana geldiği bölgede ki jeolojik kayaların dirençleri nezdindedir. Faya yakın sert zemin yapısına sahip bir bölgede meydana gelen depremin hasar riski ile faya biraz daha uzak ama zemin yapısı daha gevşek türden olan zeminlerden daha azdır. Bu durumu Efe ve Demirci (2001), Gölcük depreminde, fay hattına yakın fakat ana kaya zemin yapısı üzerinde bulunan yerleşim alanlarında meydana gelen hasarın az olduğundan, fakat gevşek malzemeli zemin yapısına sahip alanların fay hattından uzakta olsa bile meydana gelen hasarın daha yüksek olduğundan bahsetmişlerdir.

Yer değiştirme, ivme, hızı ve kuvvetli yer-hareketi süresi gibi zemin sarsıntısıyla ilgili parametreler, jeoloji ve zeminle ilişkili çok sayıda parametrelere bağlıdır. Çünkü faydaki atım sonucu açığa çıkan enerjinin yayıldığı her tür malzeme, elastisite, azalım vb. özelliklere göre farklı tepkiler göstermektedir. Süreksizlik yüzeylerinde dalgaların farklı kırılma, yansıma ve dağılma özellikleri zeminin farklı şekilde sarsılmasına neden olmaktadır. Yüksek enerjinin açığa çıktığı yerde, yani deprem merkezinde ya da fay atımının olduğu bölgede yüksek ivme koşulları altında yumuşak zeminler kolaylıkla yenilmektedir (Demirtaş ve Erkmen, 2000). Deprem esnasında zemin kayması önemli bir ölçüt olarak görülmektedir. Zeminin sertliğinin azalmasıyla, sarsıntı esnasında ki yer değiştirme miktarı artmaktadır.

Çalışma alanına ait Jeoloji Haritası MTA Genel Müdürlüğü' nden temin edilmiştir. Elde edilen veriler, açık erişim sunulan MTA Genel Müdürlüğü' ne ait Coğrafi Bilgi Sistemleri üzerinden sayısallaştırma yolu ile elde edilerek grafikleştirilmiş ve jeolojik birimler işaretlenmiştir.



Şekil 2.6 alışma bölgesine ait sayısallaştırılmış Jeoloji Haritası.

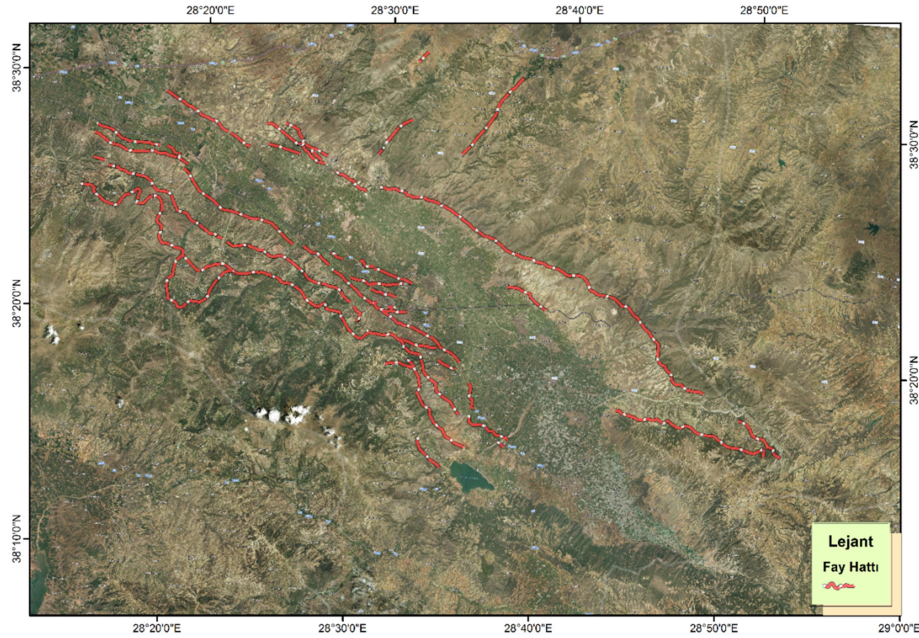
2.3.4. Fay ve Parametreleri

Yer kabuğunu oluşturan levhaların hareketleri sonucu oluşan gerilme ve sıkışmalar, yer kabuğunun bazı bölümlerinde yüzyıllar boyunca enerji biriktirir. Bu enerjiler zaman zaman ortaya çıkar. Yer kabuğundaki bu hareketli kesimlere “fay” adı verilir.

Faylarda kayma hareketi bir düzlem boyunca oluşmaktadır. Bu düzleme fay düzlemi adı verilir. Bu düzlem üzerinde sürtünme sebebiyle kayma çizikleri (fay çizikleri) bulunur. Bu fay çizikleri bize kaymanın doğrultusunu bulmamıza yardımcı olur. Faylar da tabakalar gibi birer düzlemsel yapı elemanıdır. Dolayısıyla fayların da doğrultuları ve eğimleri vardır. Fay düzlemleri iki bloğu birbirinden ayırır. Bu iki blok, fay düzlemi üzerinde birbirine nazaran hareket ederler. Bu bloklardan fay düzleminin üzerinde bulunan bloğa tavan bloğu, fay düzleminin altında bulunan bloğa ise taban bloğu adı verilir. Birbirlerinin hareketini engelleyen levhalar arasında sürtünme başlar.

Levhaların birbirlerine sürtünmesi sırasında, büyük kaya kütlelerinin arasında kalan “fay” adını verdiğimiz zayıf yerler zorlanırlar ve buralarda gerilme enerjisi birikir. Bölgeye ait fay parametreleri, Poyraz F. vd., (2019) tarafından, bölgede yapılan jeodezik çalışmalar sonucu tespit edilmiştir. Fay parametrelerinin tanımlanmasında faya etkiyen kuvvetlerin tanımları deformasyon modellerinin geliştirilmesinde temel yaklaşım olarak belirlenir.

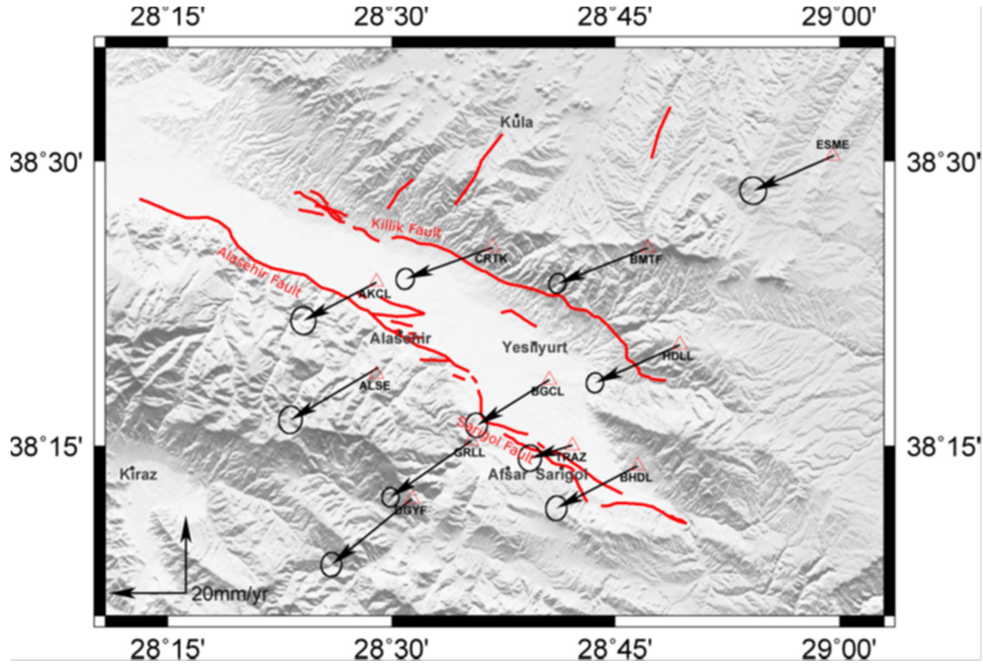
Depremler sırasında enerjinin nasıl yayıldığını modelleyen elastik yayılım teorisi ve bu teorinin bir, iki ve üç boyutlu olarak incelenmesi ile deprem süreçleri çözülmeye çalışılmaktadır (K. Halıcıoğlu vd., 2009). Fay parametreleri, fay derinliği ve fay üzerindeki kayma hızları ile tanımlıdır.



Şekil 2.7 Çalışma Bölgesine ait fay hatlarını gösterir harita.

2.3.5. GNSS Nokta Hız Değerleri

GNSS her türlü hava koşulunda çalışabilen, herhangi bir yer ve zamanda global bir koordinat sisteminde ve yüksek duyarlılıkta, anlık ve sürekli olarak, konum, hız ve zaman belirlenmesini sağlayan bir sistemdir. Jeodezideki klasik ölçme teknikleri yerine 1980’li yıllardan itibaren teknolojik gelişime paralel olarak yıllık milimetrik düzeyde duyarlılıkla ölçüm yapılabilir duruma ulaşan GPS tekniği, küresel ölçekte yerbilimlerinde çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur (Poyraz, 2009). Öncelikle Askeri alanda kullanılmaya başlanmış, sonralarda sivil haritacılık uygulamalarında aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra ise gelişen dünya ihtiyaçları ve sektörler doğrultusunda GNSS; turizm, tarım, ormancılık, ulaşım, insansız araçlar, ticari sektör uygulamaları, jeoloji, maden, enerji ve CBS gibi birçok alanda kullanılmaktadır. GNSS ile yapılan ölçümlerin yüksek doğrulukta ve kolay olması sebebiyle birçok sektör ve bilim alanında kullanımı yaygınlaşmıştır. Çalışma alanında, fay hatlarına paralel olacak şekilde, zeminde 11 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. TUBITAK 113Y526 ve UDAP-Ç – 13-07 numaralı projeler kapsamında 2012 ve 2015 yılları arasında her bir ölçüm noktasında aynı zaman aralıklarına denk gelecek şekilde yılda üç günlük oturumlarda Jeodezik GNSS alıcıları ile Statik Yöntemde ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler üç kampanya gerçekleştirilmiştir ve 2015 yılında ölçümler tamamlanmıştır.



Şekil 2.8 Çalışma alanında ölçüm gerçekleştirilen GNSS noktalarının dağılımı (Poyraz F. 2015).

Ölçüm değerleri, yeryüzüne yayılmış ve koordinatı uzun süreler boyunca ölçülen küresel noktalardan faydalanılarak değerlendirilmiştir. Tesis edilen bu noktalarda yapılan GNSS değerlendirmeleri ile ölçümler arasındaki farklara bakarak o zaman içindeki yer değiştirmeler belirlenmiştir. GNSS verilerinin değerlendirilmesi için birçok yazılım mevcuttur. Bunlardan bir kısmı akademik yazılımlar, bir kısmı ise ticari yazılımlardır. Hassasiyet gerektiren değerlendirmelerde akademik yazılımlar tercih edilmektedir. GNSS noktalarına ait ölçümler “Massachusetts Institute of Technology (MIT)” tarafından geliştirilen, GAMİT/ GLOBK yazılımı kullanılmıştır.

GAMİT/GLOBK yazılımında, yapılan bir ölçümün değerlendirilmesi üç aşamada gerçekleştirilmektedir. RINEX (The Receiver Independent Exchange Format) formatına dönüştürülen veriler ilk olarak, çift farklı faz gözlemlerinden nokta koordinatları, bu noktalar için atmosferik gecikme ve dünya dönme parametreleri hesaplanır.

İkinci olarak, bu koordinatlara, yörünge ve dünya dönme parametreleri ile bunların kovaryans değerlerinden, koordinat hız değerlendirilmesi için Kalman Filtresi uygulanır. Üçüncü olarak ise elde edilen koordinatlar ve hız değerleri referans bir koordinat sisteminde tanımlanır.

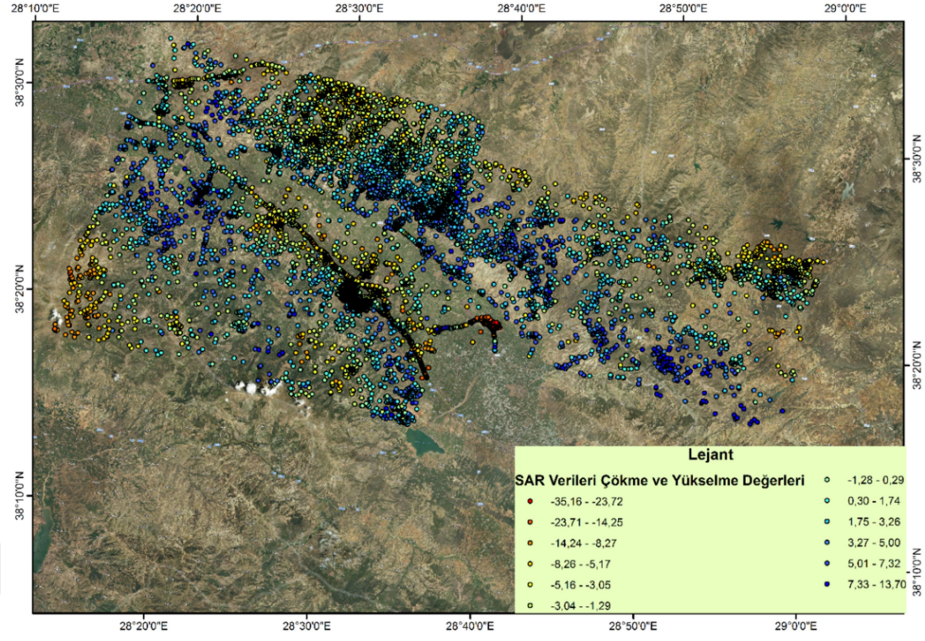
Ölçüm yapılan noktalara ait hız değerlerinin elde edilmesinde verilerin değerlendirilmesi iki kısımda ilerlemiştir. Kullanılan GAMİT/ GLOBK programının GAMİT modülü bu değerlendirme aşamasının birinci kısmını oluşturmaktadır. GAMİT modülünde GNSS noktalarının IGS istasyonları sabit alınarak dengelemesi yapılmıştır. GLOBK, nokta konumları, yörünge parametreleri ve yerin dönüş parametreleri ile ilgili kovaryans matrislerini veri olarak kabul eder (Herring, vd., 2006b). GLOBK modülünde her bir GNSS noktaları kampanya dâhilinde ilk önce kendi arasında günlük, daha sonra ise yıllık olarak birleştirilip değerlendirilerek GNSS noktalarının sabit IGS istasyonlarına göre yıllık hız değerleri bulunur. Sonuç ürün olarak GNSS noktalara ait hız vektörleri, ağırlıklı ortalama nokta koordinatları, uydu parametreleri, her bir ölçme periyodundaki gözlemlerin dengelenmiş değerleri bulunur. Poyraz F. (2019) yılında yaptıkları hesaplamaları sonucu GNSS noktalara ait yıllık Hız değerlerini elde etmiştir.

2.3.6. PS InSAR Noktasal Hız Değerleri

Diferansiyel SAR interferometri tekniği, uydu bakış doğrultusu boyunca meydana gelen küçük ölçekli hareketlerin ölçümü için kullanılır.

Uydu görüntüleri ile tekrarlı geçiş interferometri yöntemi kullanılarak iki görüntü alımı arasında oluşan zemin hareketi, iki görüntünün faz farkı hesaplanarak üretilen görüntüsü ile elde edilir (Gens ve van Genderen, 1996). Bu teknik, deprem araştırmaları (Çakır vd., 2005), heyelan (Squarzoni, 2003) ve madencilik (Deguchi vd., 2007) alanlarında başarı ile kullanılmıştır. InSAR, yüzey deformasyonunun ölçülmesinde etkili bir yöntem olarak kabul edilse de uygulanabilirliği radar sinyalinin korelasyonu ve atmosferik etkilerle sınırlıdır. Bu nedenle, uzun sürede ve yavaş hızla oluşan yüzey hareketlerinin; geleneksel InSAR yöntemleri kullanılarak ölçülmesi son derece zor olabilir (Akvardar, 2009). Ancak toplanılan SAR veri tarihlerinde gözlemlenen alanda faz korelasyonun az olduğu durumlarda uygun görüntü çiftleri oluşturulamamakta ve uzun sürede yavaş hızda meydana gelen yüzey deformasyonlarının sağlıklı bir şekilde izlenmesi zorlaşmaktadır. Görüntü çiftlerinin analizini etkileyen başlıca parametreler yörünge, geometrik baz uzunlukları, zamansal değişim, topografya, hava koşullarıdır.

Bu güçlüklerin azaltılması amacıyla çok zamanlı alınan görüntüler kullanılarak PSI yöntemi geliştirilmiştir (Ferretti vd., 2001). İlk kez 1992 Landers (ABD) depreminin oluşturduğu yüzey deformasyonunun incelenmesi için kullanılan Yapay (sentetik) Açıklık Radar İnterferometrisi bugün çok yaygın bir şekilde çeşitli nedenlerle oluşan yeryüzü hareketlerini ortaya çıkartan uzay bazlı jeodezik bir yöntemdir (Massonet vd., 1993). Avrupa Uzay Ajansı (ESA)'a ait ERS-1 uydusunun fırlatıldığı 1992'den beri bu teknik başta depremler olmak üzere, buzul çalışmalarında, volkanik aktivitelerde ve heyelan gibi diğer yer olaylarının incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Aynı yöntemin kullanıldığı SRTM projesi sayesinde ise dünyanın 60 güney ile 60 kuzey enlemleri arasında kalan alanının sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Farr vd., 2007). Çalışma bölgesinin Deprem Risk Haritalarının oluşturulması için, kullanılan SAR verisi, TUBITAK 113Y526 projesi kapsamında Alman Uzay Ajansı'ndan (DLR) iki çerçeve olarak temin edilen TerraSAR- X uydusundan elde edilen Frame 62 ve Frame 153 kullanılmıştır.



Şekil 2.9 TUBİTAK 113Y5236 projesi kapsamında çalışma bölgesine ait çökme ve yükselme değerlerini gösteren TerraSAR-X uydusunun frame 62 ve frame 153 birleştirilmiş SAR verisi (mm/yıl).

3. BÖLÜM

UYGULAMA

3.1. Verilerin Analize Hazırlanması ve AHP ile Ağırlıklandırılması

Çalışma bölgesinin Deprem Risk Haritasını oluşturabilmek için kullanılacak olan verilerden PS- InSAR verileri, GNSS Nokta Hız Değerleri verisi ve Fay Parametre değerleri Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu TUBİTAK tarafından desteklenen 113Y526 kodlu proje çalışması sonucu elde edilmiştir. Kullanılan veriler çalışma alanı ile sınırlandırılarak, AHP ağırlıklandırma ve analize hazırlanması adına ArcGIS 10.1 (Cumhuriyet Üniversitesi tarafından Lisanslanmıştır.) programında bir takım düzeltmeler, dönüşümler ve enterpolasyonlar uygulanmıştır. Coğrafi- grafik olarak bulunan veriler Raster veri formatına dönüştürülmüştür. Hazırlanan verilere AHP uygulanarak, ikili karşılaştırma matrisleri, tutarlılık oranları ve her bir ölçüt ile bunların alt sınıflarına ait değerlere ilişkin ağırlıklar hesaplanmıştır.

3.1.1 Eğim Verisi

Çalışmada kullanılan Eğim verisi değer aralıkları %0.00 ile % 112.00 ve üzeri değer aralıklarına sahiptir. Eğim verisi bu değer aralığındaki maks. - min. değerler temel alınarak beş sınıfa ayrılmıştır.

Çizelge 3.1 Eğim Verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.

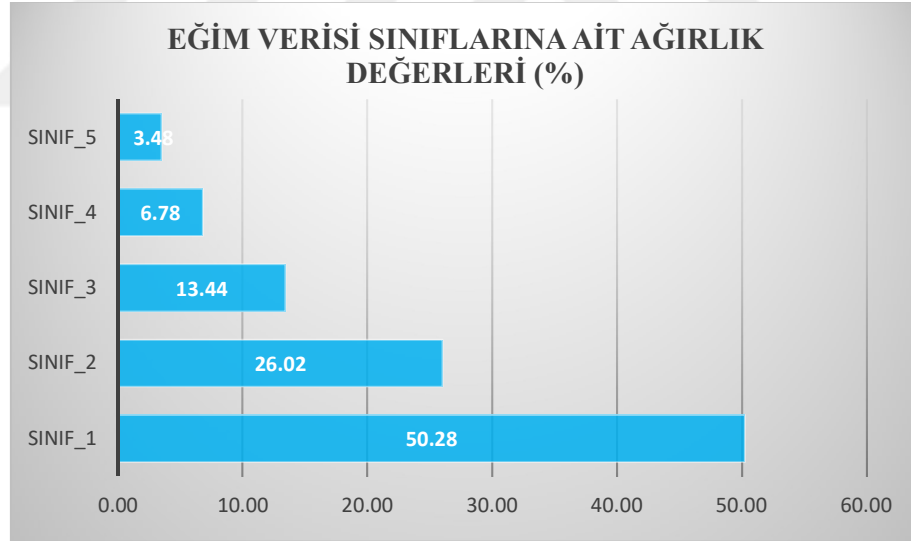
Sınıf Sayısı	Sınıf Aralığı (%)
Sınıf 1	%0.00 - %16.00
Sınıf 2	%16.00 - %40.00
Sınıf 3	%40.00 - %70.00
Sınıf 4	%70.00 - %112.00
Sınıf 5	%112.00+

Bu sınıfların sahip olduğu aralıklarındaki değerlerin deprem etkisinin hangi sınıf aralığında daha fazla olup olmayacağı dikkate alınarak 1 – 9 puan aralığında değerlendirilmeler yapılmıştır.

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix}_X * \begin{pmatrix} 0.50 \\ 0.26 \\ 0.13 \\ 0.07 \\ 0.03 \end{pmatrix}_B = \begin{pmatrix} 5.46 \\ 5.43 \\ 5.20 \\ 5.03 \\ 5.09 \end{pmatrix}_\lambda$$

Şekil 3.1 Eğitim verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinde eğitim değeri düşük olan sınıf aralığına denk gelen sınıflarda, depremin etkisi daha fazla olacağından bu alanlar daha fazla ağırlık değerine sahiptir. Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin, ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 5 faktörüne karşılık gelen 1.12 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.05 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.2 Eğitim verisi sınıflarına ait elde edilen Ağırlık Değerleri (%).

Eğitim verisinde “Sınıf 1” ve “Sınıf 2” değer aralıklarına karşılık gelen alanlar AHP ağırlıklandırma sonucunda en yüksek ağırlık değerlerini almıştır. “Sınıf 1” ve “Sınıf 2” ait sınıf aralıklarının en düşük eğitim değerlerine sahip olması sebebiyle bu alanların daha çok deprem etkisinde kalacağı beklenmiştir.

3.1.2 Sayısal Yükseklik Modeli Verisi

Çalışma bölgesinin Sayısal yükseklik modeline ilişkin Raster görüntü üzerindeki değerler 82.00 metre ile 2070.00 metre yükseklik değerlerine sahiptir. Bu değerler üzerinden Sayısal Yükseklik Modeli 5 ayrı sınıfa ayrılmıştır.

Çizelge 3.2 Yükseklik verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.

Sınıf Sayısı	Sınıf Aralığı (m)
Sınıf 1	87.00m. – 328.00m.
Sınıf 2	328.00m – 631.00m.
Sınıf 3	631.00m. – 935.00m.
Sınıf 4	935.00m. – 1292.00m.
Sınıf 5	1292.00m. – 2070.00m.

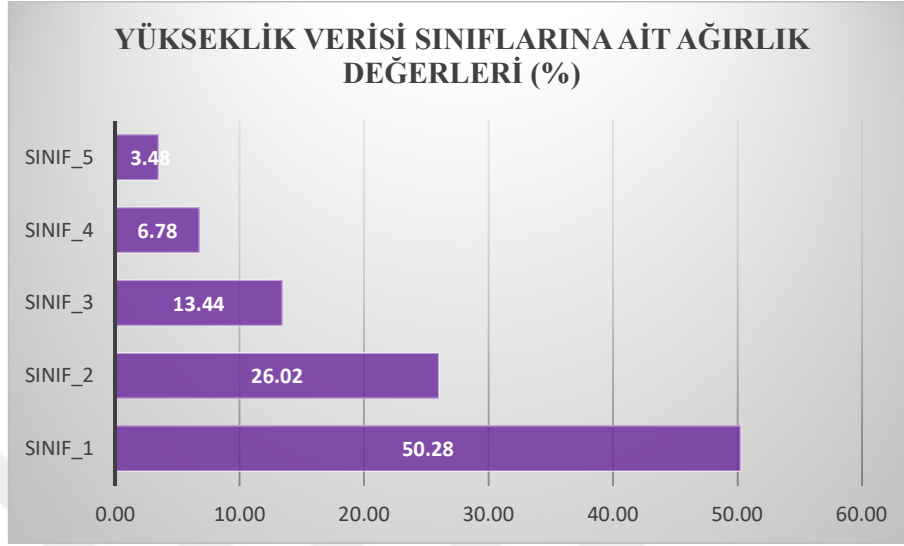
Çizelge 3.2 incelendiğinde; Yükseklik verisine ilişkin ikili karşılaştırma matrisi oluşturulurken “1 ve 2 numaralı” sınıflar grabenin alçak kesimlerini temsil etmektedir. En düşük yükseklik değerine sahip olan bu sınıflarda deprem etkisinin diğer sınıflara göre çok daha fazla olması beklenmektedir.

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix}_X * \begin{pmatrix} 0.50 \\ 0.26 \\ 0.13 \\ 0.07 \\ 0.03 \end{pmatrix}_B = \begin{pmatrix} 5.46 \\ 5.43 \\ 5.20 \\ 5.03 \\ 5.09 \end{pmatrix}_\lambda$$

Şekil 3.3 Eğim verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)

Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin, ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 5 faktörüne karşılık gelen 1.12 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.05 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır. Yükseklik verisinde “Sınıf 1 ve Sınıf 2” değer aralıkları AHP ağırlıklandırma sonucunda en yüksek ağırlık değerini almıştır.

Bu alanlar Grabenin iç kesimi olan düz ve düşük yükseklik değerine sahip alanlara karşılık gelmektedir.



Şekil 3.4 Yükseklik verisi sınıflarına ait elde edilen Ağırlık Değerleri (%).

3.1.3 Fay Verisi

Çalışma bölgesi içerisinde bulunan fayların 3 sınıfa ayrıldığı görülmüştür. Bunlar Holosen Faylar, Kuvaterner Faylar ve Deprem Yüzey Kırıkları olarak tanımlanmaktadır. Bu fay türleri genel olarak Aktif fay tanımlamalarının içerisinde yer almaktadır. Holosen faylar; son 10.000 yılda, en az bir veya birkaç kez deprem üretmiş ve gelecekte deprem üretme olasılığı olan faylar olarak tanımlanır. Kuvaterner Faylar; Kuvaterner yaşlı yapı ve birimleri kesen faylar olarak adlandırılırlar, bu faylar literatürde potansiyel aktif fay olarak adlandırılırlar. Son 1.5 milyon yıllık zaman içerisinde en az bir kez deprem üretmiş olan faylardır. Deprem yüzey kırıkları ise; fay boyunca meydana gelen depremlerin, yeryüzünü etkilediği alandaki görüntüsü olarak ifade edilmektedir. Fay uzunluğu arttıkça fay kaynaklı depremin büyüklüğüde artar. Aktif faylar kaynaklı depremlerin büyüklüğü artıp, odak derinliği azaldıkça, bu depremler yüzey kırıkları ve yüzeyde kalıcı fiziksel değişikliklere sebep olabilirler. Fay verisi ile ilgili öncelikle grafik halde ki veriler üzerinden ArcGIS 10.1 yazılımına ait ArcMAP ara yüzünde Mekânsal Analiz kısmında bulunan Tampon bölge analizi uygulanmıştır. Uygulanan tampon bölge analizi ile fay hatlarına ilişkin yaklaşım mesafeleri fay parametre değerlerinden elde edilen fay derinliği ile orantılı olacak şekilde oluşturulmuştur.

Grabenin iç kesiminde iki ana faya ait olarak fay derinlikleri kuzey fayı için 8 km ve güney fayı için 6 km şeklindedir.

Analizde Grabenin iç kesimini oluşturan kuzey ve güney faylarına ait tampon bölgeler, bu fayların tespit edilen fay derinliklerine göre oluşturulmuştur. Kuzey fayına ait 8 km sağ ve 8 km sol olacak şekilde, güney fayına ait 6 km sağ ve 6 km sol olacak şekilde fay hatlarının sağına ve soluna ilişkin tampon bölgeler oluşturulmuştur. Oluşturulan tampon bölgelere göre fay hattına ilişkin 5 adet alt sınıf oluşturulmuştur.

Çizelge 3.3 Fay Hattı verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.

Sınıf Sayısı	Sınıf Aralığı (km)
Sınıf 1	6.00km Bandı
Sınıf 2	8.00km Bandı
Sınıf 3	12.00km Bandı
Sınıf 4	16.00km Bandı
Sınıf 5	16.00km+ Bandı

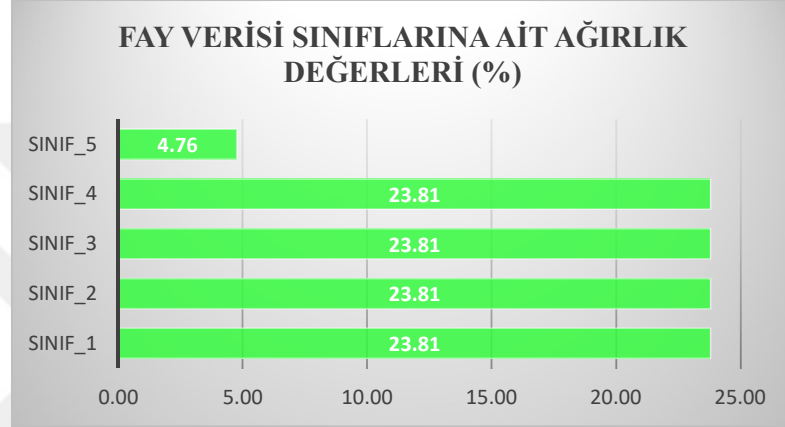
Çizelge 3.3 e göre 1 numaralı sınıf güney fayına ait 6.00km tampon bölge bandı, 2 numaralı sınıf 8.00km bandı, 3 numaralı sınıf 12.00km bandı ve 4 numaralı sınıf 16.00km bandı oluşturmaktadır. Bu ilk dört sınıf kuzey ve güney faylarına ait fay derinlik parametresine göre oluşturulan tampon bölge analizi neticesinde fay etki alanı hakkında bilgiler vermektedir.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 5 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 5 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & 1 \end{pmatrix}_X * \begin{pmatrix} 0.24 \\ 0.24 \\ 0.24 \\ 0.24 \\ 0.05 \end{pmatrix}_B = \begin{pmatrix} 1.19 \\ 1.19 \\ 1.19 \\ 1.19 \\ 0.24 \end{pmatrix}_\lambda$$

Şekil 3.5 Fay verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ).

Analiz sonucunda ilk dört sınıfa denk gelen alanlardaki deprem etkisi, bu alanların fay derinliği mesafe alanı içerisinde kalmasından dolayı yüksek olması beklenmektedir. Bu alanlardaki AHP ağırlıklar her bir sınıf için aynı ve en yüksek değerde hesaplanmıştır.

5 numaralı sınıf ise; her iki kuzey ve güney fayı etki bandı dışında kalmasına rağmen bölgedeki diğer fay etki alanlarına girebileceği sebebiyle diğer sınıflara oranla daha düşük ağırlığa sahip olmuştur. Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin, ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 5 faktörüne karşılık gelen 1.12 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.01 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.6 Fay verisi sınıflarına ait elde edilen Ağırlık Değerleri (%).

3.1.4 GNSS Noktasal Hız Verisi

Çalışma bölgesinde TUBITAK 113Y526 numaralı projesi kapsamında 11 adet GNSS noktasına ait hesaplanan hız değerleri bizlere yıllık oranda yukarı bileşen (North), sağa bileşen veya doğu bileşeni (East) ve düşey bileşen (Up) yöndeki hareket/yer değiştirme miktarlarını içermektedir. Bu 11 adet GNSS istasyonları için elde edilen yer değiştirme miktarları, Çizelge 3.4’ te gösterilmektedir.

Çizelge 3.4 GNSS noktalarına ait Yukarı (N_v), Sağa(E_v) ve Düşey(U_v) yöndeki yıllık hız değerleri (Poyraz F. vd, 2019)..

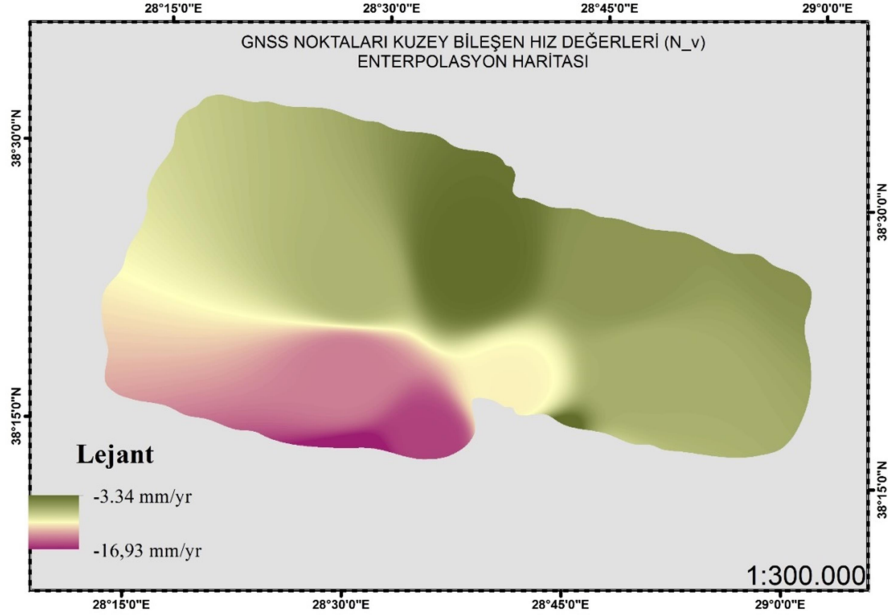
İstasyon_Adı	ENLEM	BOYLAM	E_v(mm/yıl)	N_v(mm/yıl)	U_v(mm/yıl)
ESME_GPS	28,99386	38,50518	-20,68	-9,03	2,99
HDLL_GPS	28,82182	38,33882	-21,74	-9,78	0,91
BMTF_GPS	28,78626	38,42419	-23,22	-9,17	6,14
BHDL_GPS	28,77449	38,23203	-20,78	-10,86	1,48
TRAZ_GPS	28,70183	38,25037	-10,89	-3,34	-90,73
BGCL_GPS	28,67592	38,30819	-18,67	-11,74	-33,06
CRTK_GPS	28,61281	38,42447	-22,46	-8,10	1,42

GRLI_GPS	28,58881	38,25400	-20,74	-14,46	0,33
DGYF_GPS	28,52251	38,20319	-20,68	-16,93	3,48
ALSE_GPS	28,48538	38,31886	-22,63	-13,48	17,34
AKCL_GPS	28,48308	38,39385	-18,80	-9,87	-13,59

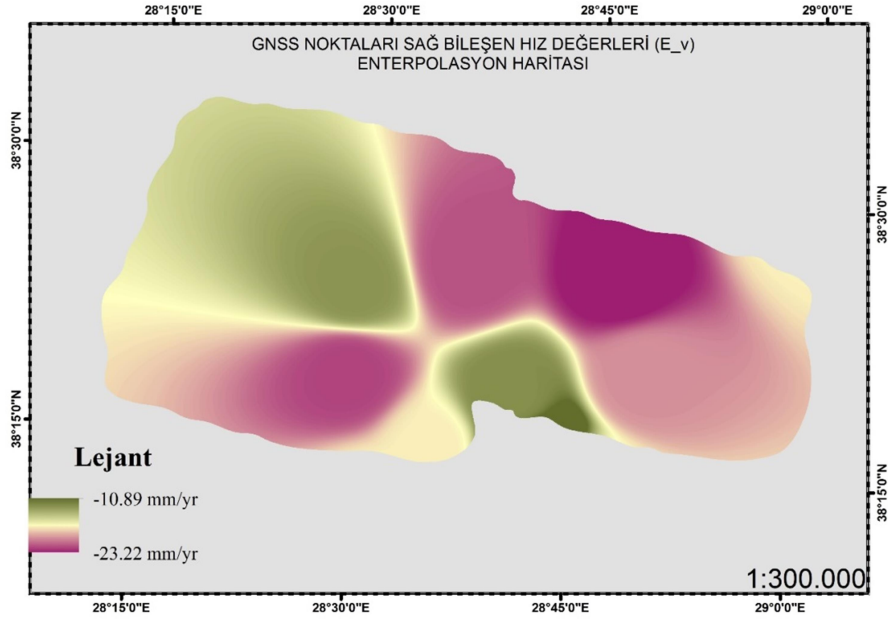
Çizelge 3.4 e göre yukarı (North) yöndeki yer değiştirme miktarının (N_v) -16.93 mm ile -3.34 mm değer aralığında olduğu, saęa (East) yöndeki yer değiştirme miktarının (E_v) -23.22 mm ile -10.89 mm olduğu, dūřey (Up) yöndeki yer değiştirme miktarının (U_v) ise -90.73 mm ile +17.34 mm arasında olduğu anlaşılmaktadır.

Elde edilen hız değerlerinde; Yukarı yönde en büyük yer değiştirme miktarı, DGYF GNSS noktasına ait iken saęa yöndeki en büyük yer değiştirme miktarı BMTF GNSS istasyonuna ve dūřey yöndeki en büyük yer değiştirme miktarı ise TRAZ GNSS noktasına ait olduğu görülmektedir.

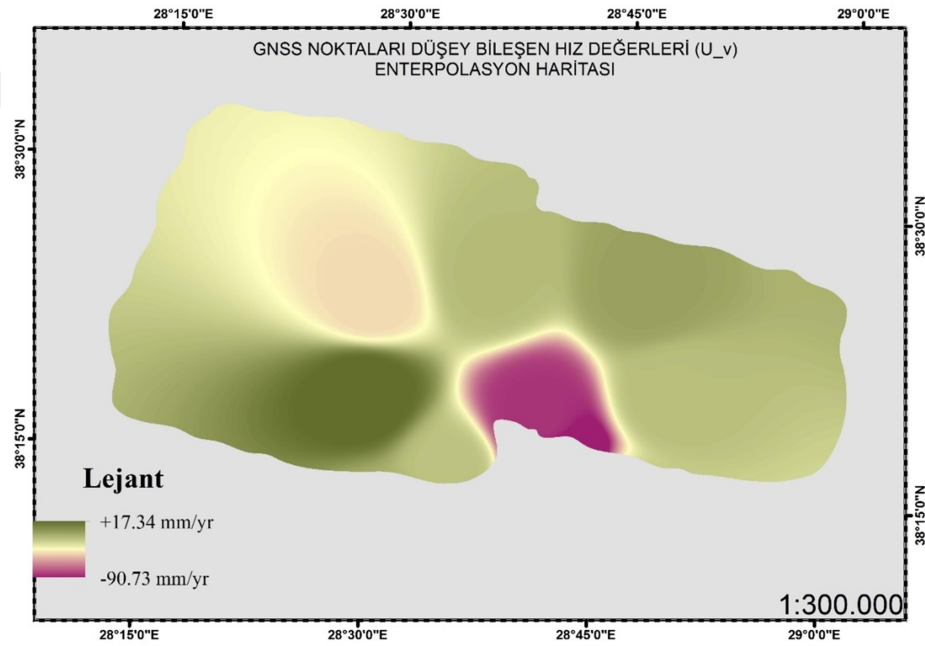
Noktaların yukarı, saęa ve dūřey bileşenlerine ait hız değerlerinin, bu noktalardaki büyüklüklerinin her bileşen için farklı olmasından dolayı, GNSS noktalarına ait hız değerleri verisinin, yukarı, saęa ve dūřey yöndeki hareket tanımları için ayrı ayrı Enterpolasyon haritaları oluşturulmuştur.



Şekil 3.7 GNSS noktalarına ait Yukarı Bileşen(North) yönündeki yıllık hız değerleri (N_v) baz alınarak oluşturulan IDW Enterpolasyon haritası (mm/yıl).

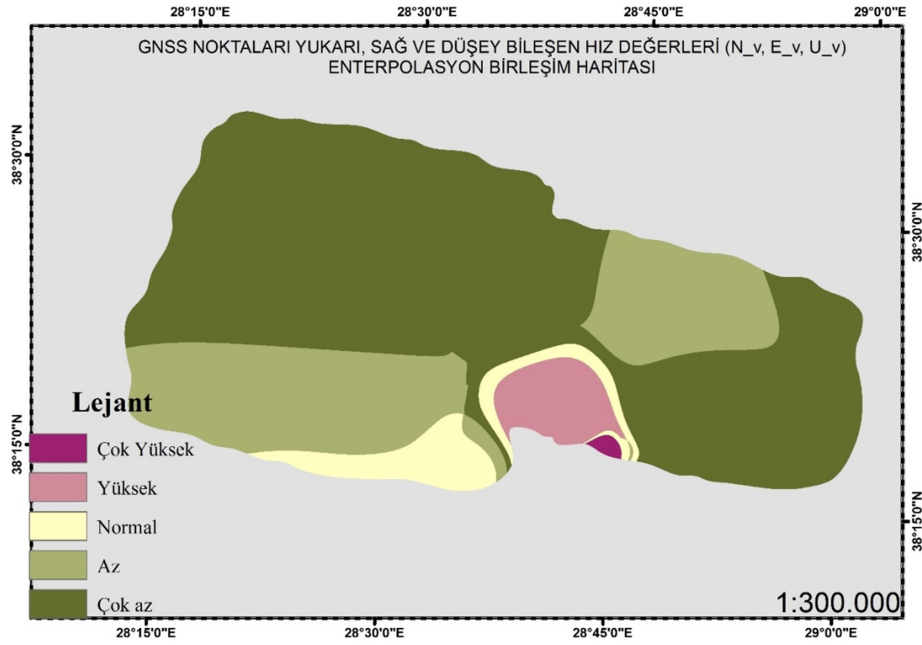


Şekil 3.8 GNSS noktalarına ait Sağ/Doğu Bileşen(East) yönündeki yıllık hız değerleri (E_v) baz alınarak oluşturulan IDW Enterpolasyon haritası (mm/yıl).



Şekil 3.9 GNSS noktalarına ait Düşey Bileşen(U_v) yönündeki yıllık hız değerleri (U_v) baz alınarak oluşturulan IDW Enterpolasyon haritası (mm/yıl).

Bu üç Enterpolasyon haritalarından tek bir GNSS yer değiştirme/hız haritası oluşturulması amacıyla yukarı, sağa ve düşey yöndeki hareketler için oluşturulan Enterpolasyon haritaları “çok az, az, normal, yüksek ve çok yüksek” anlamlılıkları katmak amacıyla 5 ayrı sınıfa ayrılmıştır. 5 adet sınıf tanımı için her bir verinin üst değer aralığına göre, Enterpolasyon haritalarına ArcGIS 10.1 programında yeniden sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Yeniden sınıflandırılan Enterpolasyon haritaları eşit ağırlıkta kabul edilerek ArcGIS 10.1 programında çakıştırma analizi uygulanarak, bu analiz sonrasında tek bir GNSS hız haritası elde edilmiştir.



Şekil 3.10 GNSS noktalarına ait Yukarı, Sağa ve Düşey Bileşen yönündeki yıllık hız değerlerinin Enterpolasyon haritalarının birleşiminden oluşturulan yeni GNSS Haritası. Yeni oluşturulan ve Şekil 3.10’ da gösterilen GNSS haritasında üç bileşenden elde edilen yıllık yer değiştirme miktarlarına göre grabenin iç kesiminde Alaşehir ve Sarıgöl ilçelerine yakın bölgede yer değiştirme miktarının yüksek ve çok yüksek aralığında kaldığı görülmektedir. Yer değiştirme miktarlarına bağlı olarak, bu alanlarda meydana gelen deformasyon miktarı en fazla olarak kabul edilmiş ve AHP ağırlıklandırmasında dikkate alınmıştır. Bu kapsamda GNSS haritası anlamlılık değerleri olan “çok az, az, normal, yüksek ve çok yüksek” değer aralıklarında 5 sınıfa ayrılmıştır.

Çizelge 3.5 GNSS Haritası verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.

Sınıf Sayısı	Sınıf Aralığı (mm/yıl)
Sınıf 1	Çok Yüksek
Sınıf 2	Yüksek
Sınıf 3	Normal
Sınıf 4	Az
Sınıf 5	Çok Az

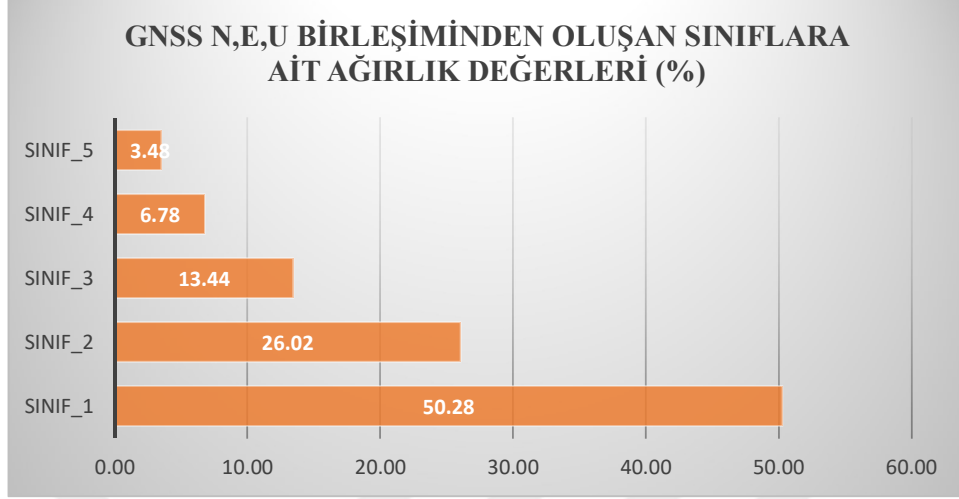
İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasında GNSS Noktasal Hız verisinin yukarı, sağa ve düşey yöndeki bileşenlerine ait Enterpolasyon haritalarının birleşiminden elde edilen GNSS haritasında ki sınıf değerleri dikkate alınmıştır.

Sınıflar arasında deformasyon miktarının çok yüksek aralığından çok az aralığına olacak şekilde ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

$$\begin{pmatrix} 1 & 3 & 5 & 7 & 9 \\ \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 & 7 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix}_X * \begin{pmatrix} 0.50 \\ 0.26 \\ 0.13 \\ 0.07 \\ 0.03 \end{pmatrix}_B = \begin{pmatrix} 5.46 \\ 5.43 \\ 5.20 \\ 5.03 \\ 5.09 \end{pmatrix}_\lambda$$

Şekil 3.11 GNSS Nokta Hızları verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ).

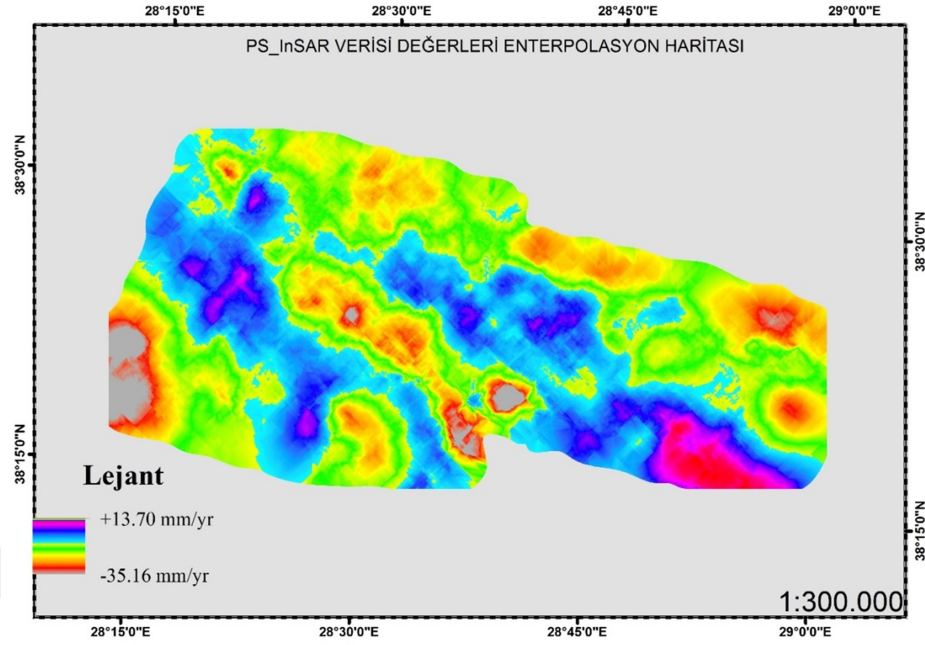
AHP ağırlıklandırmasında GNSS Noktasal Hız verisine ait “ çok yüksek” aralık değerine sahip 1 numaralı sınıf değerinin ağırlığı en yüksek olarak hesaplanmıştır. Ağırlık değerleri GNSS nokta hızlarının değer aralığı olarak tanımlanan “çok yüksek-yüksek-normal-az-çok az” değer aralıklarıyla doğru orantılı olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalarda GNSS sınıfları, yer değiştirme miktarlarına bağlı olarak meydana gelen deformasyon değerlerinin denk geldiği alanlarda faya bağlı hareketlerin çok daha fazla olduğu, dolayısıyla bu alanlarda biriken enerjinin daha fazla olacağı ve olası depremlerde bu alanlardaki deprem etkisinin daha fazla olacağı düşünülerek ağırlıklandırılmıştır.



Şekil 3.12 GNSS Noktasal Hız verisi sınıflarına ait elde edilen Ağırlık Değerleri (%). Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin, ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 5 faktörüne karşılık gelen 1.12 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.05 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.5 PS_InSAR Verisi

PS- InSAR verileri; çalışma alanına ilişkin zeminde meydana gelen çökme ve yükselme değerlerine ait bilgileri içermektedir. Poyraz F. vd., tarafından 2015 yılında gerçekleştirilen TUBİTAK projesi kapsamında Alman Uzay Ajansı tarafından kontrol edilen TERRASAR- X uydusuna ait güncel ve yüksek çözünürlüklü görüntülerin alınımı gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri bu uydu radar görüntülerini, StaMPS yazılımı kullanarak değerlendirmişlerdir. SAR verisinde tanımlı çökme ve yükselme değerleri -35.16 mm/yıl ve +13.70 mm/yıl değer aralığında değerlere sahiptir. Noktasal veri yapısında olan bu veriler için öncelikle Kriging Enterpolasyon yöntemi ile, SAR verisine ait çökme ve yükselme değerleri çalışma alanına enterpole edilerek SAR Enterpolasyon haritası elde edilmiştir.



Şekil 3.13 PS_InSAR Verisine ait Enterpolasyon Haritası (mm/yıl).

Şekil 3.13 te oluşturulan bu Enterpolasyon haritasında SAR verisine ait deformasyon miktarlarına bağlı olarak SAR verisindeki deformasyon miktarı hem pozitif hem negatif olmasından yani pozitif yönde yükselme, negatif yönde çökme miktarları değerlerine göre 5 adet sınıf oluşturulmuştur.

Her bir sınıfa ait sınıf aralıkları Çizelge 3.6 da gösterilmektedir. Çizelge 3.6 ya göre çökme deformasyonun en fazla olduğu sınıf; 1 numaralı sınıf ve yükselme deformasyonunun en fazla olduğu sınıf ise 5 numaralı sınıftır. 3 numaralı sınıf en az deformasyon aralığına sahiptir.

Çizelge 3.6 PS_InSAR Haritası verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri

Sınıf sayısı	Sınıf Aralığı (mm/yıl)
Sınıf 1	-35.16 – -5.00
Sınıf 2	-5.00 – -1.00
Sınıf 3	-1.00 – 0.00
Sınıf 4	0.00 – +3.00
Sınıf 5	+3.00 – +13.70

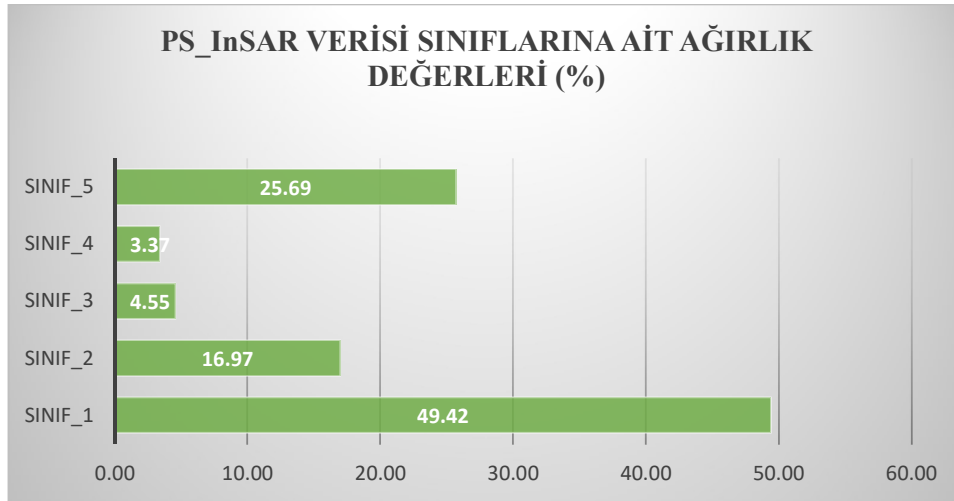
AHP’ de her bir sınıfın kendi içerisinde deformasyon miktarları incelenerek, 1- 9 puan aralığında her bir sınıf için değerlendirme yapılmıştır.

SAR verisi için yapılacak değerlendirme işleminde, zemin hareketinin çift yönlü olması dikkate alınarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

$$\begin{pmatrix} 1 & 5 & 9 & 9 & 3 \\ \frac{1}{5} & 1 & 7 & 7 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & 1 & 2 & \frac{1}{7} \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{7} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{7} \\ \frac{1}{3} & 3 & 7 & 7 & 1 \end{pmatrix}_X * \begin{pmatrix} 0.49 \\ 0.17 \\ 0.05 \\ 0.03 \\ 0.26 \end{pmatrix}_B = \begin{pmatrix} 2.83 \\ 0.91 \\ 0.23 \\ 0.17 \\ 1.48 \end{pmatrix}_\lambda$$

Şekil 3.14 PS- InSAR verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)

PS- InSAR verisine ait alt sınıflara ilişkin ikili karşılaştırma matrisi Şekil 3.12 deki gibi oluşturularak her bir sınıfın ağırlık değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan ağırlık değerlerinde sınıf 1 hem en fazla çökme deformasyonuna sahip, hem de en büyük deformasyon miktarına sahiptir. Sınıf 5 ise en fazla yükselme deformasyonuna sahiptir. Bu değer aralıklarındaki alanlarda yıllık hareket miktarının fazla olması nedeniyle, bu alanlardaki tektonik hareketliliğin fazla olması beklenmiştir.



Şekil 3.15 PS_InSAR verisi sınıflarına ait elde edilen ağırlık değerleri.

Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 5 faktörüne karşılık gelen 1.12 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.09 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır.

İkili karşılaştırma matrisinde deformasyon miktarı az olan sınıf değeri, AHP ağırlıklandırmasında düşük ağırlık değerine sahip olmuştur. Deformasyonun çok olduğu sınıf değeri ise ağırlıklandırma işleminde yüksek ağırlık değerine sahip olmuştur.

3.1.6 Jeoloji Verisi

Jeoloji verisi için yapılan ön çalışmalarda, çalışma alanı içerisinde yer alan jeolojik formasyonlara ait Litolojik birimler dayanım ve sertlik oranına göre değerlendirilmiştir. Kayaçlar mineral topluluklarıdır ve minerallerin veya kaya parçalarının bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Kayaçlar oluşum şartlarına göre; magmatik, metamorfik, sedimanter olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Çalışma alanında, magmatik, Sedimanter ve tutturulmamış (henüz oluşumunu tamamlamamış) birimler yer almaktadır.

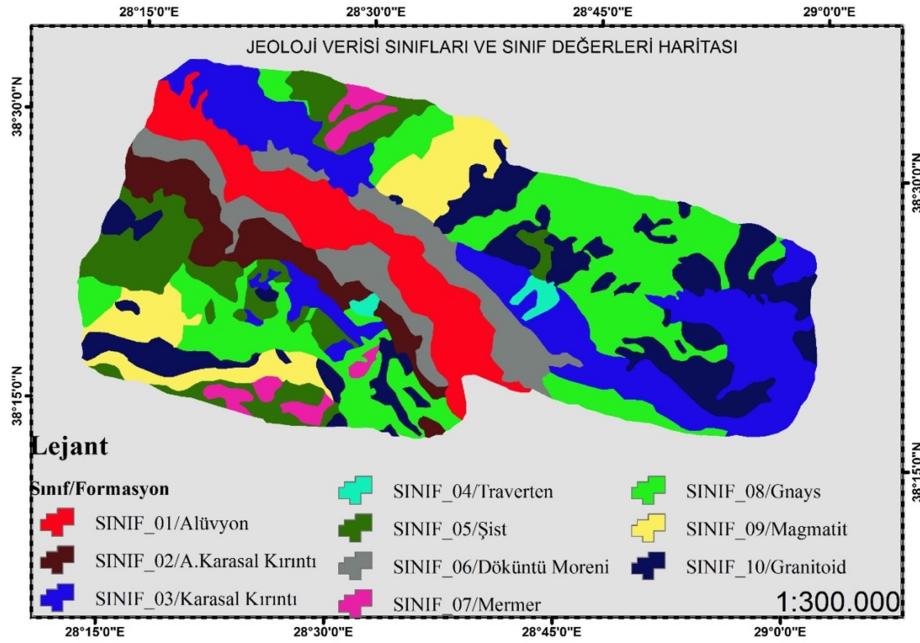
Yeryüzündeki kayaçlar döngü halindedir. Tüm kayaların kökeni volkaniktir. Diğer kayaçların hepsi volkanik kayaçların değişim geçirmiş halidir. Bu litolojik birimlerden dayanım ve sertlik derecesi en yüksek olan magmatik kayaçlara ait birimlerdir. Magmatik kayaçlar: magmanın soğuyarak katılaşması sonucu meydana gelirler, kökenlerini magma teşkil ettiğinden bunlara magmatik kayaç veya kısaca magmatit ismi verilir.

Daha sonra sedimanter kayaçlar, sonrasında ise tutturulamamış kayaçlar çalışma bölgesi içerisinde ki dayanım ve sertlik sıralamasını takip eder. Sedimanlar iki ana kaynağa sahiptirler. Mekanik ve kimyasal bozunumdan katı olarak taşınan malzemeleri “Kırıntılı” olarak ifade edilir ve bunların oluşturduğu sedimanter kayaçlara kırıntılı sedimanter kayaçlar adı verilir. Tutturulamamış kayaçlar ise henüz oluşumunu tam anlamıyla tamamlamamış olan kayaç türleridir. Tutturulamamış kayaçlar kolaylıkla taşınabilecek serbest parçalardan meydana gelirler. Çalışma bölgesine ait jeoloji verisinde 10 adet litolojik birime rastlanılmıştır. Bu belirmeler dâhilinde Jeoloji verisi, çalışma bölgesi içerisindeki litolojik yapı sayısı kadar 10 adet sınıfa ayrılmıştır.

Çizelge 3.7 Jeoloji verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri.

Sınıf sayısı	Sınıf Aralığı
Sınıf 1	Alüvyon
Sınıf 2	A. Karasal Kırıntı
Sınıf 3	Karasal Kırıntı
Sınıf 4	Traverten
Sınıf 5	Şist
Sınıf 6	Döküntü Moreni
Sınıf 7	Mermer
Sınıf 8	Gnays
Sınıf 9	Magmatit
Sınıf 10	Granitoid

Çizelge 3.7 de oluşturulan sınıflara ait sınıf değerlerinin tanımlı olduğu birimler dayanım miktarı düşük olandan yüksek olana doğru sıralanmıştır. Sınıf 1, Sınıf 2 ve Sınıf 3 değeri Grabenin iç kesimlerindeki alanlarda sıkça bulunmaktadır. Buna karşılık sınıf 8, sınıf 9 ve sınıf 10 değerleri çalışma bölgesinin yüksek ve dayanım olarak sert kısımlarını oluşturmaktadır.



Şekil 3.16 Jeoloji verisi Sınıfları ve Sınıf Değerleri Haritası.

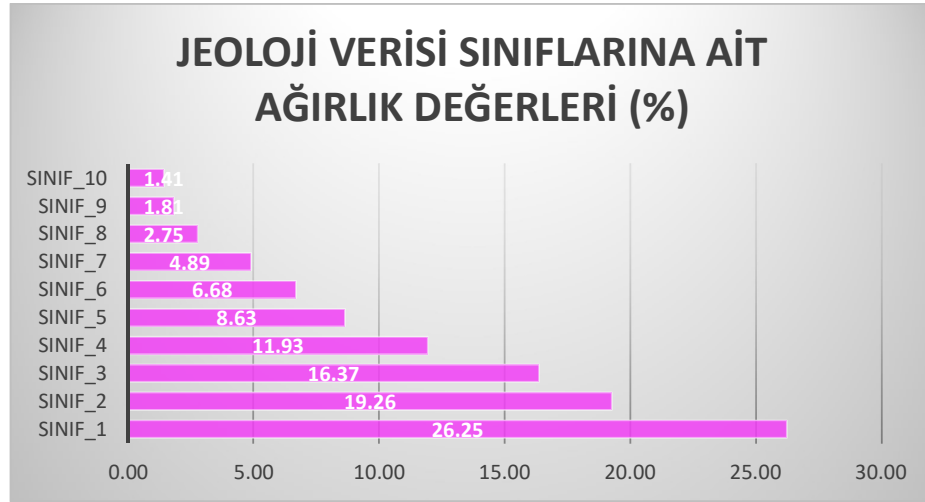
Deprem anında meydana gelen enerji fayı kırar ve ani yer değiştirmeler meydana getirerek deprem dalgaları oluşturur. Jeolojik formasyona ait birimin frekansları dalgaların frekansı ile aynı ise rezonans olayı meydana gelerek deprem etkisini arttırır. Dayanım olarak gevşek yapılı zeminler deprem dalgalarını farklı frekanslarda birden çok deprem dalgasına dönüştürerek farklı yönlerde dağıtmaktadır. Dağılan bu dalgaların frekansının, zemin frekansını yakalama ihtimali daha fazla olacağından rezonans etkisiyle birlikte depremin etkisi artmaktadır. Jeoloji verisine ait ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulurken zemin dayanımları dikkate alınmıştır.

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 2 & 3 & 5 & 5 & 7 & 9 & 9 & 9 \\ 1/2 & 1 & 2 & 3 & 3 & 3 & 5 & 7 & 9 & 9 \\ 1/2 & 1/2 & 1 & 3 & 3 & 3 & 5 & 7 & 7 & 9 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 & 3 & 5 & 5 & 7 & 7 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 & 3 & 5 & 5 & 7 \\ 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 & 3 & 5 & 7 \\ 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 & 5 & 7 \\ 1/9 & 1/7 & 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1/3 & 1 & 3 & 3 \\ 1/9 & 1/9 & 1/7 & 1/7 & 1/5 & 1/5 & 1/5 & 1/3 & 1 & 2 \\ 1/9 & 1/9 & 1/9 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1/3 & 1/2 & 1 \end{pmatrix}_X * \begin{pmatrix} 0.26 \\ 0.19 \\ 0.16 \\ 0.12 \\ 0.09 \\ 0.07 \\ 0.05 \\ 0.03 \\ 0.02 \\ 0.01 \end{pmatrix}_B = \begin{pmatrix} 11.35 \\ 11.40 \\ 11.60 \\ 11.67 \\ 11.25 \\ 10.86 \\ 10.31 \\ 10.32 \\ 10.34 \\ 10.40 \end{pmatrix}_\lambda$$

şekil 3.17 Jeoloji verisine ait AHP İkili Karşılaştırma Matrisi (X), Öncelik Değer Matrisi (B) ve En Büyük Öz Değer Matrisi (λ)

Jeoloji verisine ait ikili karşılaştırma matrisleri ve elde edilen ağırlık değerleri şekil 3.17 da gösterilmiştir.

şekil 3.17 incelendiğinde Sınıf 1 değeri Alüvyon olan alanlarda, en yüksek ağırlık değeri elde edilmiştir. Bu alanlarda zeminin gevşek ve yumuşak zemin olması, ayrıca yer altı su seviyelerinin bu zemin yapısında yüzeye yakın olması deprem esnasında deprem dalgalarının genliklerini arttırarak zemin büyümesine sebep olacağı için bu durum deprem etkisini arttıracaktır. Ayrıca alüvyon alanlarda yeraltı su seviyesi zemine yakın olduğundan bu alanlarda sıvılaşmalarda meydana gelebilmektedir.



Şekil 3.18 Jeoloji verisi Sınıflarına ait Ağırlık Değerleri (%).

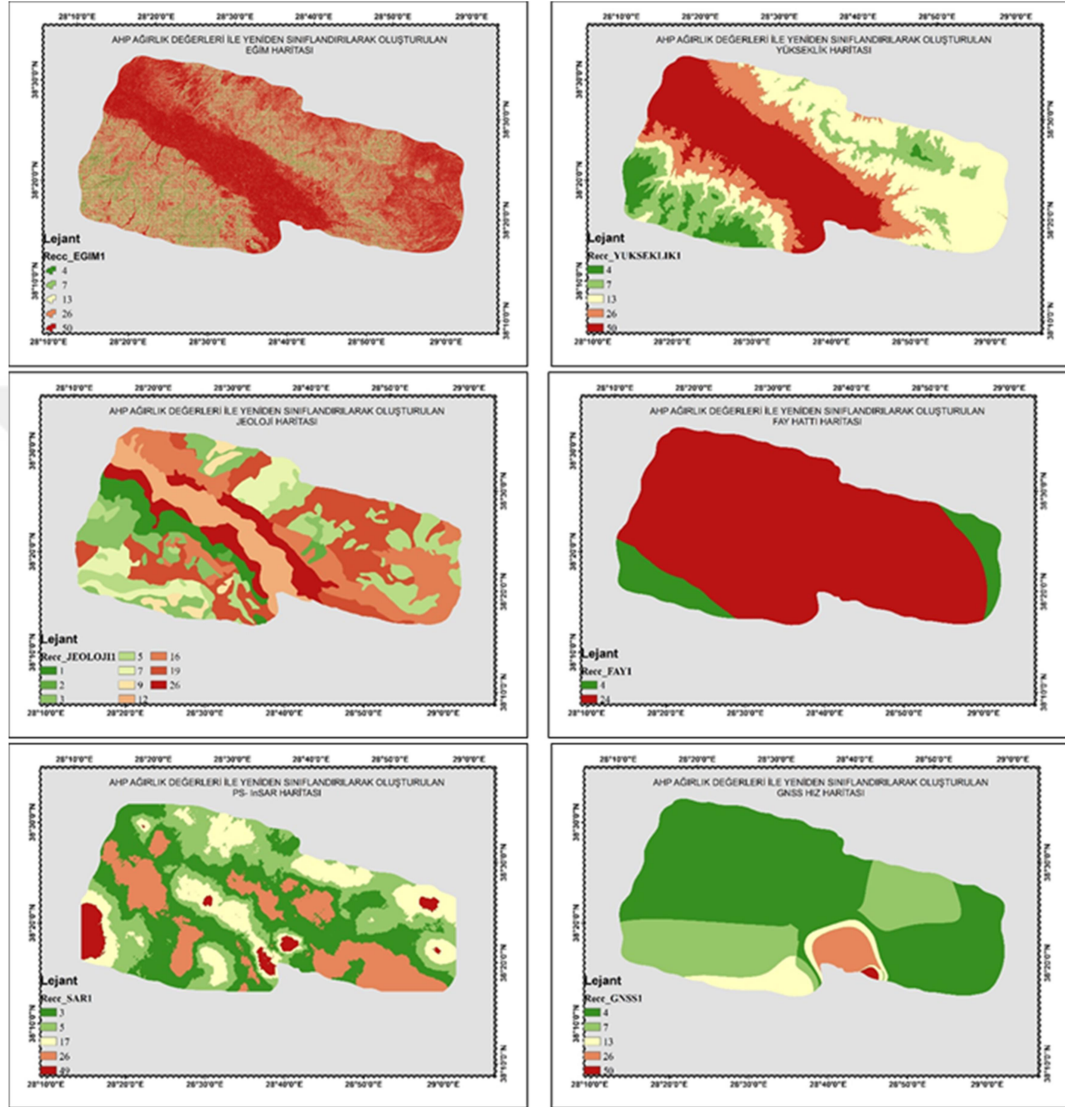
Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 5 faktörüne karşılık gelen 1.12 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.07 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır.

AHP işlemi ile her bir veri setinin alt sınıflarına ait ağırlık değerleri hesaplanmıştır. ArcGIS 10.1 programının ArcMAP ara yüzünün Spatial Analyst Tools araç kutusunda bulunan Reclassify (Yeniden Sınıflandırma) işlemleri ile ilgili verilere ait sınıflara AHP' den elde edilen Ağırlık Değerleri ilgili piksellere atanarak her bir veri seti yeniden oluşturulmuştur. Yeniden oluşturulan veriler sınıf değerlerine karşılık gelen ağırlık değerine sahip olmuştur. Çizelge 4.1 AHP uygulana her veri setine ait sınıfların ağırlık değerlerini göstermektedir.

Çizelge 3.8 Verilerin alt sınıflarına ait AHP ile elde edilen Ağırlık Değerleri.

SINIF/DEĞER	EĞİM	YÜKSEKLİK	FAY HATTI	GNSS HIZ	PS_InSAR	JEOLOJİ
SINIF_1	50	50	24	50	49	26
SINIF_2	26	26	24	26	17	19
SINIF_3	13	13	24	13	5	16
SINIF_4	7	7	24	7	3	12
SINIF_5	3	3	5	3	26	9
SINIF_6						7
SINIF_7						5
SINIF_8						3
SINIF_9						2
SINIF_10						1

Çizelge 4.1 de gösterilen ağırlık değerlerinin yeniden sınıflandırma işlemi ile verilere ait ilgili sınıfları temsil eden piksellere atanması sonucu Şekil 4.1 haritaları elde edilmiştir.



Şekil 3.19 AHP Hesaplanan Ağırlık Değerleri ile yeniden sınıflandırılarak oluşturulan girdi veri haritalar (1-Eğim, 2-Yükseklik, 3-Jeoloji, 4- Fay Hattı, 5- PS-InSAR, 6- GNSS Hız)

Deprem Etki Analizi için kullanılacak verilerin alt sınıflarına ait karşılaştırmalar her bir veri sınıfı için oluşturularak, verilerin alt değer bazlı ağırlıkları elde edilmiştir.

Kullanılan bu veriler eşliğinde 3 farklı AHP modeli oluşturularak Eğim, Yükseklik, Fay Hattı, Jeoloji, GNSS Hız ve PS- InSAR verilerinin deprem etki analizi için kendi arasında AHP ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilmiştir.

Bu verilere ait hesaplanacak olan AHP ağırlıklandırmaları adımıında ikili karşılaştırma matrisleri uzman görüşleri alınarak oluşturulmuştur. 3 farklı AHP modelinden elde edilen ağırlıklar ile 3 adet Deprem Etki Haritası oluşturulmuştur.

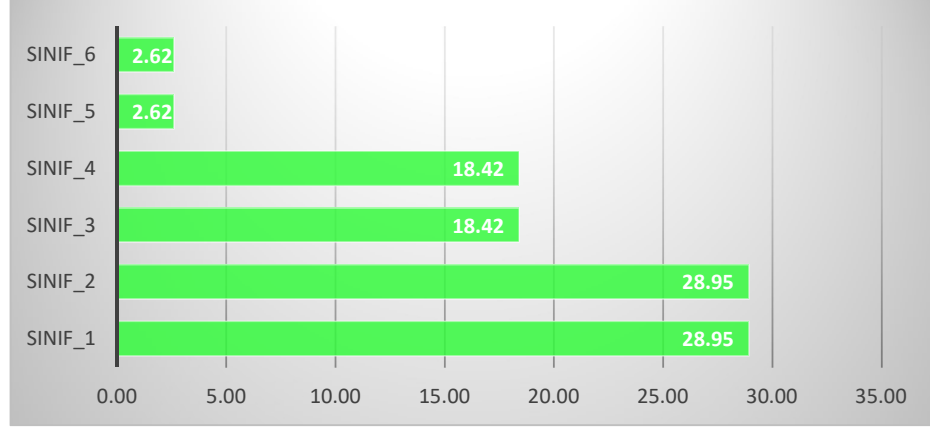
$$\begin{pmatrix} AHP_1 & Fay Hattı & Jeoloji & Yükseklik & Eğim & SAR & GNSS \\ Fay Hattı & 1 & 1 & 2 & 2 & 9 & 9 \\ Jeoloji & 1 & 1 & 2 & 2 & 9 & 9 \\ Yükseklik & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 9 & 9 \\ Eğim & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 9 & 9 \\ PS - InSAR & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & 1 & 1 \\ GNSS & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & 1 & 1 \end{pmatrix} \times$$

Şekil 3.20 Veriler ait AHP_1 modeli için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi.

Şekil 4.2 de AHP_1 modeli için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinde Fay Hattı ve Jeoloji verisinin diğer verilere oranla daha fazla öneme sahip olduğu, Yükseklik ve Eğim verisinin ise Fay Hattı ve Jeoloji verisinden daha az ancak SAR ve GNSS Hız verisinden daha çok öneme sahip olduğu kurgulanmıştır. İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasında yerel zemin koşulları ve jeolojik etkenlerin önemli rol aldığı AHP_1 modelinde, ikili karşılaştırma matrisleri normalize edilerek her bir veri için AHP Ağırlıklar elde edilmiştir. Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 6 faktörüne karşılık gelen 1.24 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.02 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 3.9 Deprem Etki Haritası AHP_1 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerleri

SINIF	VERİ	%W
1	FAY HATTI	28,95
2	JEOLOJİ	28,95
3	YÜKSEKLİK	18,42
4	EĞİM	18,42
5	SAR	2,62
6	GNSS	2,62



Şekil 3.21 Deprem Etki Haritası AHP_1 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerlerinin grafik gösterimi

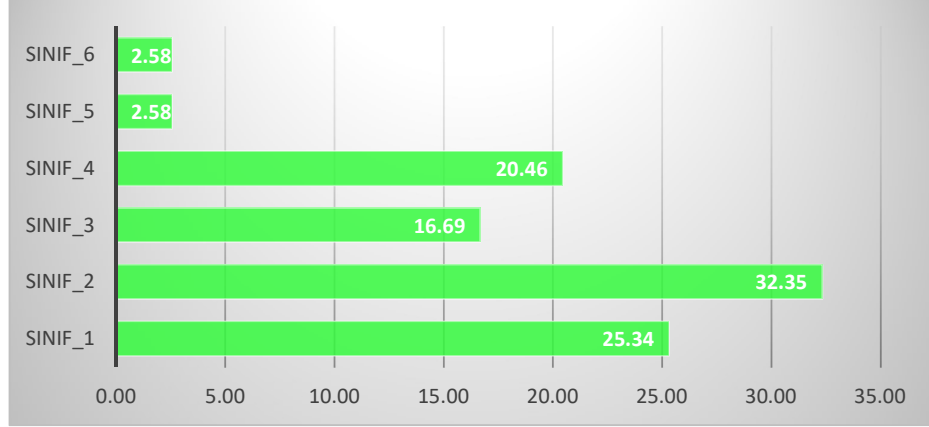
AHP_2 modelinde jeolojik koşulların diğer verilere oranla daha fazla önemli olduğu, fay hattı ve eğim verisinin bu modelde jeoloji verisinden az ancak yükseklik, SAR ve GNSS' ten daha önemli olduğu kurgulanarak ikili karşılaştırma matrisi Şekil 4.4' te gösterilmiştir.

$$\begin{pmatrix}
 AHP_2 & Fay Hattı & Jeoloji & Yükseklik & Eğim & SAR & GNSS \\
 Fay Hattı & 1 & \frac{1}{2} & 2 & 2 & 9 & 9 \\
 Jeoloji & 2 & 1 & 2 & 2 & 9 & 9 \\
 Yükseklik & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{2} & 9 & 9 \\
 Eğim & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 9 & 9 \\
 PS - InSAR & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & 1 & 1 \\
 GNSS & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & 1 & 1
 \end{pmatrix}_X$$

Şekil 3.22 Verilere ait AHP_2 modeli için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi.

Çizelge 3.10 Deprem Etki Haritası AHP_2 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerleri

SINIF	VERİ	%W
1	FAY HATTI	25,34
2	JEOLJİ	32,35
3	YÜKSEKLİK	16,69
4	EĞİM	20,46
5	SAR	2,58
6	GNSS	2,58



Şekil 3.23 Deprem Etki Haritası AHP_2 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerlerinin grafik gösterimi

Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 6 faktörüne karşılık gelen 1.24 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.04 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır.

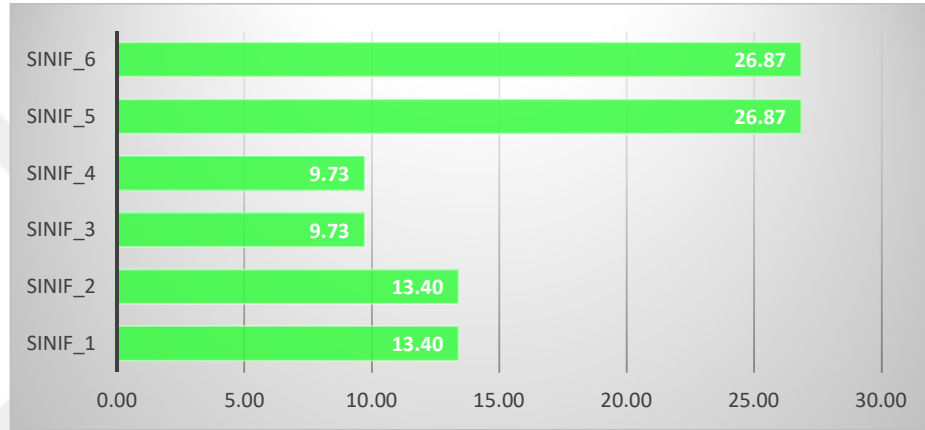
AHP_3 modelinde ise GNSS ve SAR verilerine ait deformasyon miktarlarının diğer verilere oranla daha fazla önemli olduğu, fay hattı ve jeoloji verilerinin GNSS ve SAR verisinden daha az fakat yükseklik ve eğim gibi yüzey koşullarına ait verilerden önemli olduğu kurgulanmıştır. AHP_3 modeline göre ikili karşılaştırma matrisleri Şekil 4.6 da gösterilmiştir.

AHP ₃	Fay Hattı	Jeoloji	Yükseklik	Eğim	SAR	GNSS
Fay Hattı	1	1	2	2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
Jeoloji	1	1	2	2	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
Yükseklik	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Eğim	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
PS – InSAR	3	3	2	2	1	1
GNSS	3	3	2	2	1	1

Şekil 3.24 Verilere ait AHP_3 modeli için oluşturulan ikili karşılaştırma matrisi.

Çizelge 3.11 Deprem Etki Haritası AHP_3 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerleri

SINIF	VERİ	%W
1	FAY HATTI	13.40
2	JEOLOJİ	13.40
3	YÜKSEKLİK	9.73
4	EĞİM	9.73
5	SAR	26.87
6	GNSS	26.87



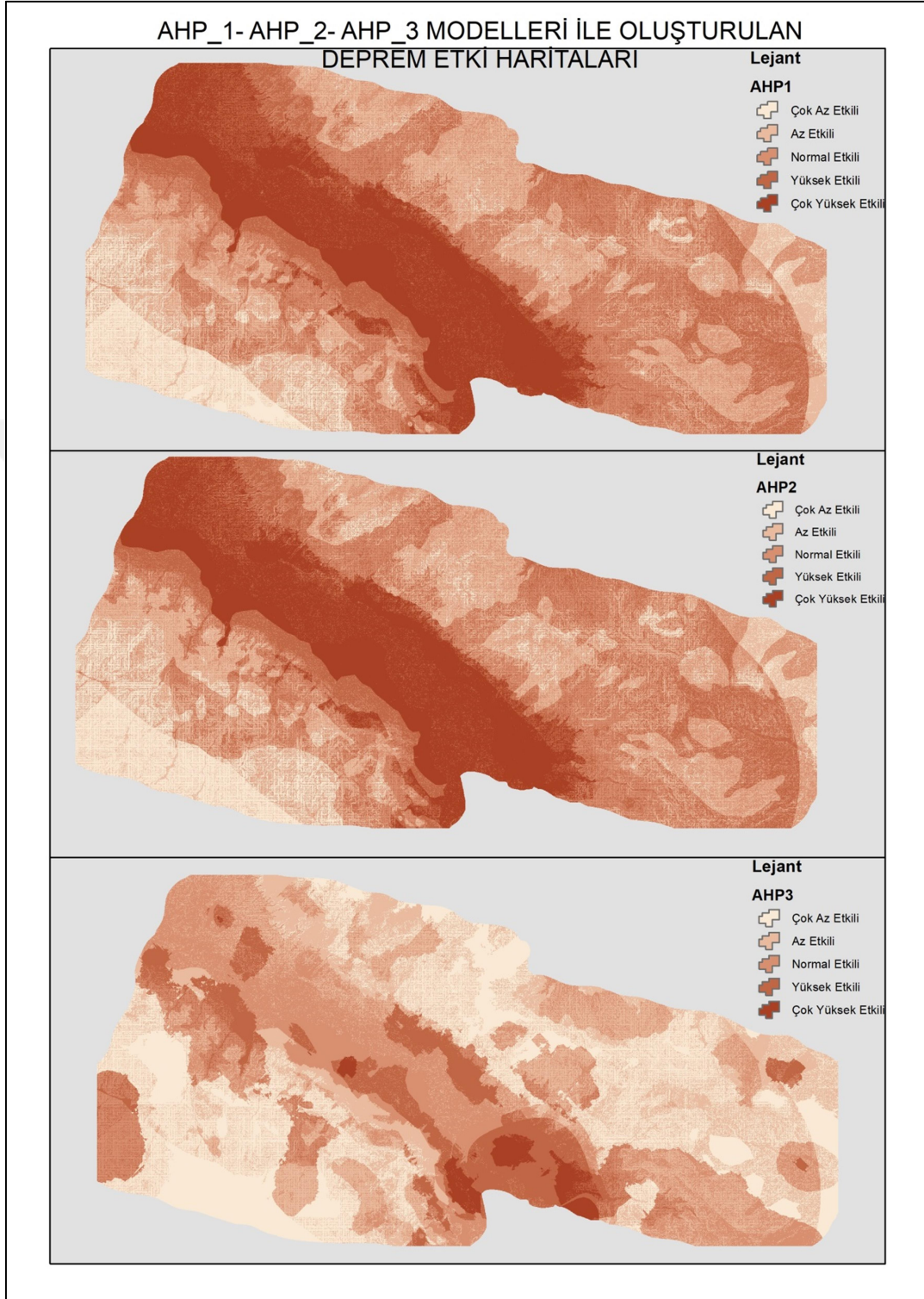
Şekil 3.25 Deprem Etki Haritası AHP_3 modelinde veriler için elde edilen ağırlık değerlerinin grafik gösterimi

Hesaplanan ağırlık matrisinin ikili karşılaştırma ile çarpımından oluşan En büyük öz değer matrisinin ortalaması alınarak elde edilen λ_{maks} değeri kullanılarak, rastgele değer indeksi tablosundan 6 faktörüne karşılık gelen 1.24 değeri, [2.6] ve [2.7] formülleri yardımıyla AHP tutarlık oranı $0.04 < 0.1$ olarak hesaplanmıştır. AHP_1, AHP_2, ve AHP_3 modellerine göre oluşturulan ikili karşılaştırmalar sonucunda Deprem etki analizinde kullanılacak verilere ait 3 farklı ağırlık değerleri AHP ile hesaplanmıştır. Çizelge 4.6 da kurgulanan 3 modele ait verilerin hesaplanan ağırlık değerleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.12 AHP_1, AHP_2, AHP_3 modellerine göre deprem etki analizinde kullanılacak verilere ait AHP' den hesaplanan ağırlık değerleri

DEĞER	AHP_0	AHP_1	AHP_2	AHP_3
FAY HATTI	25,00	28,95	25,34	13,40
JEOLJİ	25,00	28,95	32,35	13,40
YÜKSEKLİK	25,00	18,42	16,69	9,73
EĞİM	25,00	18,42	20,46	9,73
SAR	0,00	2,62	2,58	26,87
GNSS	0,00	2,62	2,58	26,87

Kurgulanan 3 farklı AHP modeline göre elde edilen ağırlık değerlerine göre yeniden sınıflandırılan veriler ArcGIS 10.1 programında, Arctoolbox araç kutusunun “Spatial Analyst Tools” araç kutusu içerisinde bulunan “Weighted Overlay” işlemi ile mekânsal çakıştırma analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonucunda AHP_0, AHP_1, AHP_2, AHP_3, modellerine göre 4 farklı Deprem Etki Haritası elde edilmiştir. Elde edilen haritalar, Şekil 4.8 ve Şekil 4.9’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.26 AHP_1, AHP_2, AHP_3 modellerine göre oluşturulan, çalışma bölgesinin Deprem Etki Haritası

4. BÖLÜM

SONUÇ

Bu çalışma ile hedeflenen klasik veriler kullanılarak elde edilen verilerin yanında, (Eğim, Yükseklik, Jeoloji, Fay vs.) GNSS ve SAR teknolojilerinden elde edilen noktasal deformasyon ve hız verileri de kullanarak, elde edilecek deprem etki haritalarının oluşturulmasıdır. Hedeflenen veri setini oluşturabilmek için kullanılacak verilere Analitik Hiyerarşi Prosesi yöntemi uygulanarak ağırlık değerlerine göre Coğrafi Bilgi Sistemli mekânsal çakıştırma analizi uygulanmıştır. Kullanılan verilerin AHP tutarlılık oranları irdelenmiş ve verilere ait alt sınıflar için yapılan ikili karşılaştırmaların anlamlı olduğu yapılan hesaplamalarda tespit edilmiştir. AHP_1 ve AHP_2 modelinden elde edilen sonuç haritaların, güncel Deprem Risk haritası ile karşılaştırıldığında Yüksek Deprem Riski altında bulunan aynı koordinata sahip alanlarda Deprem Etkisinin çok yüksek etkili, yüksek etkili sınıf aralıklarında olduğu, ancak AHP_3 modelinden elde edilen haritada aynı noktanın normal etkili, az etkili sınıf aralığında olduğu sonucu elde edilmiştir. Graben içi ve Graben dışı olarak alınan örneklem noktaları için Çizelge 4.1’ de gösterilmiştir. Çizelge 4.2’ de ise noktaların sahip olduğu değerlerin dâhil olduğu sınıf tablosu verilmiştir.

Çizelge 4.1 AHP modellerine göre örneklem noktalarına ait Deprem Etki Değerleri

	NOKTA NO	ENLEM	BOYLAM	AHP_0	AHP_1	AHP_2	AHP_3
GRABEN İÇİ	NOKTA 1	28.61740	38.34798	29	29	29	19
	NOKTA 2	28.51215	38.40958	24	24	24	14
	NOKTA3	28.30677	38.51384	30	30	30	18
GRABEN DIŞI	NOKTA 4	28.37617	38.34219	16	16	16	10
	NOKTA 5	28.58112	38.50951	25	24	25	14
	NOKTA 6	28.90614	38.33742	25	24	25	14

Çizelge 4.2 Oluşturulan Deprem Etki Haritasında ki değerlere ait sınıflar ve sınıf aralıkları.

Alt Değer	Üst Değer	SINIF Aralığı
4	12	Çok Az Etkili
12	17	Az Etkili
17	22	Normal Etkili
22	27	Yüksek Etkili
27	35	Çok Yüksek Etkili

ROC analizi sonuçlarından hareketle kullanılan diğer verilerin yanında GNSS ve SAR verilerinin Deprem Etki Haritası modellemelerinde tek başına yetersiz kalacağı anlaşılmıştır. Deprem etkisinin çok yüksek olduğu alanların çalışma bölgesinin orta kısımlarında yani grabenin iç kesiminde yoğun olduğu, bu alanın ise Manisa ili Alaşehir ve Sarıgöl ilçe merkezlerini kapsadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca GNSS ve InSAR verilerinin dahil olduğu deprem etki haritasında diğer iki etki haritaya göre farklılıklar oluşmuştur. Bunun en büyük sebebi her iki yöntemde de deformasyonun fazla olduğu bölgelerde risk etkisinin arttığı, nokta yoğunluğunun az olduğu yerlerde veya deformasyonların fazla olmadığı yerlerde riskin az olduğu görülmüştür. Bu çalışma kapsamında yapılan uygulamalarda elde edilen sonuçlar ışığında uzman görüşlerin önemi bir kez daha görülmüştür. AHP sürecine uygun parametre ve uzman görüşlerinin problemin temeline dayandırılması gerektiği düşünülmektedir. Bu tez kapsamında yapılacak uzman görüşlerine ayrıntılı jeolojik çalışmaların ve jeofizik çalışmalarında iyi katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Akarvardar, S., Örmeci C., Feigl, K.L. (2009). Uzun Sürede ve Sabit Hızda Oluşan Yer Hareketlerinin Uydu Radar İnterferometriyle Ölçülmesi: Avcılar Örneği, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik Cilt:8, Sayı:3*, 131-141 Haziran.

Akgün, A., Türk, N., (2010). İki ve Çok Değişkenli İstatistik ve Sezgisel Tabanlı Heyelan Duyarlılık Modellerinin Karşılaştırılması: Ayvalık (Balıkesir, Kuzeybatı Türkiye) Örneği, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 34(2), 85-112.

Anbzhagan, P., Thingbaijam, K.K.S., Nath, S. K., Narendara Kumar, J. N., Sitharam, T. G. (2010). Multi-Criteria Seismic Hazard Evaluation for Bangalore City, India, *Journal of Asian Earth Sciences*, 38, 186-198.

Avcı, S. (2011). Türkiye’de Nüfusun Deprem Bölgelerine Göre Dağılışı (1935- 2010). Fiziki Coğrafya Araştırmaları: Sistemik ve Bölgesel, *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları*, Sayı:6, S: 301-326, İstanbul.

Ayday, C., Saridöl, S., Sabah, L., Yaman, N. (2014), Eskişehir İlçelerinin Açık Kaynak Kodlu CBS Ve Önerici Sistemleri Kullanılarak Deprem Tehlikesi Analizi, *TMMOB Eskişehir İl Koordinasyon Kurulu TMMOB Eskişehir Kent Sempozyumu*, 06-07 Şubat, Eskişehir.

Barka A., Akyüz S., Rockwell T., Tatar O., Gürsoy H., Temiz H., Emre Ö. (1998). Kuzey Anadolu Fayının Gaziköy-Saroz Segmenti, Gediz Grabeni Salihli-Alaşehir ve İzmir Çevresi Aktif Fayları Üzerinde Paleosismik Çalışmalar, YDABCAG 434-G, Tubitak Projesi Sonuç Raporu.

Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F. (2001). Comparing GPS, optical leveling and persistent scatterers, *Proceedings of IGARSS 2622–2624*.

Cowen, D. (1988). GIS versus CAD versus DBMS: What are the Differences?, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 54, pp: 1551-1555.

Çakır Z., Akoglu A.M., Belabbes S., Ergintav S., Meghraoui M. (2005). Creeping along the Ismetpasa section of the North Anatolian Fault (Western Turkey): Rate and extent from InSAR. *Earth and Planetary Science Letters*, 238, 225-234.

Deguchi T., Kato M., Akçın H., Kutoğlu S. (2007). Monitoring of Mining Induced Land Subsidence Using L and C Band SAR Interferometry. *Geoscience and Remote Sensing Symposium*, IGARSS 2007, 2122- 2125, Barcelona, Spain.

- Demirtaş, R., Erkmen, C.** (2000). Deprem ve Jeoloji, TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları: 52, Ankara.
- Densham, P.J., and Goodchild, M.F.** (1989). Spatial Decision Support Systems: A Research Agenda, In Proceedings, GIS/LIS'89, Orlando, FL, Vol. 2 (*Bethesda, MD: American Congress on Surveying and Mapping*), pp: 707716.
- Dirican, A.** (2001). Tanı Testi Performansının Değerlendirilmesi Ve Kıyaslanması. *Cerrahpaşa Tıp Dergisi.* 32, 25-30.
- Doğanay, H.** (2014). Türkiye Beşeri Coğrafyası, Ankara, Pegem Akademi Yayınları.
- Efe, R., Demirci, A.** (2001). Gölcük 1999 Depreminde Zemin ve Yerçekilleri Özelliklerinin Şiddet ile Hasar Dağılışıma Etkisi, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 36, s. 1-15.
- Emre Ö., Özalp S., Duman T.Y.,** 2001, 1/25 000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, İzmir (NJ 35-7) paftası seri no:6, MTA, Ankara.
- Eravcı B., Yaman M., Tepeuğur E., Erkmen C., Aktan T., Albayrak H., Demirtaş R..** (2007). Batı Anadolu Çöküntü Bölgesi'nin PaleosiSmoloji Projesi , DPT 2002 K 120050 Sonuç Raporu.
- Farr, T.G., vd.** (2007). The shuttle radar topography mission. *Rev. Geophys.*, 45(RG2004).
- Ferretti A., Prati C., Rocca F.** (2001). Permanent Scatteres in SAR Interferometry. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 39 (1), 8-20. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 38 (5), 2202-2212.
- Gens, R., van Genderen, J.L.** (1996). SAR interferometry: Issues, Techniques, Applications, *International Journal of Remote Sensing*, 17, 1803–1835.
- Herring, T.A., King, R.W., ve McClusky, S.** (2009). GPS Processing Program Suites: GAMIT/GLOBK V10.4.
- Hacısalıhoğlu, İ.Y.** (2001). Türkiye'nin Kentsel Gelişme Süreci 1999 Marmara Depremi Mekânsal Planlamadan Kopmanın Acı Bilânçosu, İstanbul, Çantay Kitabevi.
- Karaismailoğlu, E.** (2015). İzlem Süresi İçerisinde Belirteçlerin Performanslarını Değerlendirmede Zamana Bağlı Roc Eğrisinin Kullanımı.
- Koca M.Y, Sözbilir H., Uzel, B.** (2011). Sarıgöl Fay Zonu Boyunca Meydana Gelen Deformasyonların Nedenleri Üzerine Bir Araştırma, *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 35 (2) 2011.

- Koyuncu, M. S.** (2015). Psikolojik Ölçeklerde Roc Analizi Yöntemiyle Standart Belirleme. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Massonet, D., Thierry, R.,** (1993). Radar Interferometry: Limits and Potential, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 31, pp. 455-464.
- Massonet, D., Rossi, M., Carmona, C., Adragna, F., Peltzer, G., Feigl, K., Rabaute, T.** (1993). The Displacement Field of the Landers Earthquake Mapped by Radar Interferometry. *Nature*, 364,138-142.
- Metz, C.E.** (1978). Basic Principles Of ROC Analysis. *Semin Nucl. Med.* 8, 283-298.
- Metz, C.E.** (2006). Receiver Operating cCharacteristic Analysis:A Tool For The Quantitative Evaluation Of Observer Performance And Imaging Systems. *J. Am. Coll Radiol.* 3, 413-422.
- Nath, S.K., Thingbaijam, K.K.S.** (2009). Seismic hazard assessment-a holistic microzonation approach, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, Volume: 9, p. 1445-1459.
- Özdemir, M. A. Ve Karadoğan, S.** (1996). "Türkiye’de İl Merkezlerinin Coğrafi Mekânla İlişkiler", *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, S. 8 (2), s. 271-291.
- Özmen, B., Güler, H., Nurlu, M.** (1997). Coğrafi bilgi sistemi ile deprem bölgelerinin incelenmesi. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara
- Özşahin, E.** (2014).Earthquake damage risk analysis in Tekirdağ province using Geographic Information Systems (GIS) and Analytic Hierarchy Process (AHP) Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılarak Tekirdağ ilinde deprem hasar riski analizi. *International Journal of Human Sciences* 11.1, 861-879.
- Pektezel, H.,** (2015). Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Analitik Hiyerarşi Yöntemi kullanılarak Gelibolu Yarımadası’nda Heyelana Duyarlı Alanların Belirlenmesi. *Turkish Studies - International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10(6), 789-814.
- Poyraz, F.** (2009). Kuzey Anadolu Fay Zonu Doğu Kesiminde Yatay Yerkabuğu Hareketleri Ve Gerilme Birikiminin Araştırılması. YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü (Doktora Tezi), 128s, İstanbul.
- Poyraz F., Tatar O., Hastaoğlu K.Ö. (vd.,)** (2015). Gediz Grabeninin Doğu Kesimindeki Güncel Tektonik Hareketlerin GPS Ve Ps-InSAR Yöntemleri Kullanılarak Belirlenmesi; İlk Sonuçlar. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 7(1) 17-28.
- Seyitoğlu G., Scoot, B.C.** (1991). Late Cenozoic crustal extension and basin formation in West Turkey. *Geological Magazine*,128, 155-176.

- Sönmez, M.E.** (2011). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı deprem hasar riski analizi: Zeytinburnu (İstanbul) örneği. *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı: 56, s. 11-22.
- Squarzoni C., Delacourt C., Allemand P.** (2003). Nine Years of Spatial and Temporal Evolution of the La Valette Landslide Observed by SAR *Interferometry*. *Engineering Geology*, 68, 53–66.
- Şengör, A.M.C., Yılmaz, Y.** (1981) Tethyan evolution of Turkey a plate tectonic approach.. *Tectonophysics*, 75, 181- 241.
- Tağıl, Ş., Alevkayalı, Ç.** (2013), "Ege Bölgesi'nde Depremlerin Mekânsal Dağılımı: Jeostatistiksel Yaklaşım". *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6 (28), 369-379.
- Taş, B. ve Yakar, M.** (2009). "Afyonkarahisar İlinde Yerleşmelerin Yükselti Basamaklarına Göre Dağılışı". *Coğrafi Bilimler Dergisi*, S. 7 (2), s. 145-161.
- Timor, M.** (2011). Analitik Hiyerarşi Prosesi. Türkmen Kitabevi, 303s, İstanbul.
- Tomak, L., & Yüksel, B. E. K.** (2009). İşlem Karakteristik Eğrisi Analizi Ve Eğri Altında Kalan Alanların Karşılaştırılması. *Journal of Experimental and Clinical Medicine*, 27(2).
- Turoğlu, H.** (2004). "Zemin sıvılaşmasının 17 Ağustos 1999 depreminde Adapazarı'ndaki hasara etkisi". *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü Coğrafya Dergisi*, 12: 63–74.
- Tunçdilek, N.** (1985). Türkiye'de Relief Şekilleri ve Arazi Kullanımı. *İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Yayın No:3*. İstanbul.
- URL- 1** <https://deprem.aku.edu.tr/depremlerin-olusumu-ve-turleri/>, alındığı tarih: 10.05.2019
- Wang, Z.** (2006). "Understanding Seismic Hazard and Risk Assessments: An Example In The New Madrid Seismic Zone Of The Central United State", *Proceedings of the 8th U.S. National Conference on Earthquake Engineering*, April 18-22 2006, San Francisco, California, USA, 416.
- Wind, Y. ve Saaty, T.L.** (1980), Marketing Application of the Analytic Hierarchy Process, *Management Science*, 26(7): 641-658.
- Yalçın, C., Sabah, L.** (2016), Introducing the Risk Analysis of Çanakkale Industry with the Thematic Maps According to Earthquake Data, *4th International Geography Symposium, Book of Proceedings*, 23-26 May, 2016, Antalya, Turkey.
- Yalçın, C., Sabah, L.** (2017). Açık Kaynak Kodlu CBS ve Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi (AHP) Kullanılarak Edirne Sanayisinin Deprem Tehlikesi Analizi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(2), 524-537.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı: Dursun Göktuğ DEMİRKIRAN
Doğum Yeri ve Tarihi: Tokat, 08.09.1989
Medeni Hali: Evli
Yabancı Dil: İngilizce
İletişim Adresi: Barış mah. Asil sok. Balkar apt. 16210 Bursa
E-posta Adresi: goktugdemirkiran@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise: Atatürk Lisesi, 2006
Önlisans: Tokat Gazi Osman Paşa Üniversitesi, 2010
Lisans: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, 2015

İş Tecrübesi

Dalkıran Emi Adi İş Ortaklığı, 2015
EHA Adi İş Ortaklığı, 2017
Limak Enerji Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş., 2018