



**AFET YÖNETİMİNDE AFET  
SONRASI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI  
İÇİN ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI**

**Sinan ÖZTAŞ**

**Doktora Tezi  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı  
Dr. Öğr. Üyesi Gökay AKKAYA  
2019**

**Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**AFET YÖNETİMİNDE AFET SONRASI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI İÇİN  
ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI**

**Sinan ÖZTAŞ**

**ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**ERZURUM  
2019**

**Her hakkı saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

AFET YÖNETİMİNDE AFET SONRASI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI İÇİN  
ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

Dr. Öğretim Üyesi Gökay AKKAYA danışmanlığında, Sinan ÖZTAŞ tarafından hazırlanan bu çalışma 15/02/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak ~~oybirliği~~ /-oyçokluğu (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Mehmet AKTAN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Bülent ÇAVUŞOĞLU

İmza:

Üye: Doç. Dr. Doğan ÖZGEN

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Gökay AKKAYA

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ

İmza:

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 28.../02./2018 tarih ve . 10 . / . . 107 . . . . . nolu kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Mehmet KARAKAN  
Enstitü Müdürü

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Doktora Tezi

### AFET YÖNETİMİNDE AFET SONRASI İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI İÇİN ÇÖZÜM YAKLAŞIMLARI

Sinan ÖZTAŞ

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimler Enstitüsü  
Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Gökay AKKAYA

Dünyada sayıları her geçen gün artmakta olan afetler nedeniyle afet alanında yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır. Afet yönetimi Endüstri Mühendisliği/YönEylem Araştırması konuları bakımından dört kısımda ele alınmaktadır; hafifletme, hazır olma, müdahale ve iyileştirme.

Bu çalışmada, iyileştirme evresi için çeşitli çözüm önerileri getirilmiştir. Afetzedelerin gruplara ayrılması ve bu gruplara ait önem/öncelik sırasının belirlenmesi bir karar verme problemi olarak ele alınmış olup çok kriterli karar verme yöntemlerinden stokastik AHP ve stokastik MOORA yaklaşımıyla çözülmüştür. Afetten sonra afetzedelere konut atanması için öncelikle afetzedelere ait ağırlıklar AHP yardımıyla belirlenmiş ardından bir atama modeli kurulmuş ve bir karar destek sistemiyle uyumlu hale getirilmiştir. Son olarak afetzedelerin afetten hemen sonra kamu koordinasyonu ile başka şehirlere taşınabilmesi için kapasite kısıtlı araç rotalama problemi modellenmiştir. Çalışma 2011 yılında Van'da meydana gelen deprem verileri dikkate alınarak şekillendirilmiştir.

**2019, 80 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Afet sonrası iyileştirme çalışmaları, stokastik AHP, stokastik MOORA, tam sayılı programlama

## **ABSTRACT**

Ph. D. Thesis

### **SOLUTION APPROACHES FOR POST DISASTER RECOVERY OPERATIONS**

Sinan ÖZTAŞ

Atatürk University  
Faculty of Engineering  
Department of Industrial Engineering

Supervisor: Assistant Prof. Gökay AKKAYA

The number of studies about disaster operations management is increasing because of the number of disasters experienced every day. Disaster management operations are dealt with in four parts in terms of Industrial Engineering/Operation Research; mitigation, preparedness, response and recovery.

In this study, various solutions have been proposed for the recovery phase. Separation of the disaster victims into groups and the determination of the order of importance/priority of these groups were considered as a decision-making problem and were solved by the stochastic AHP and stochastic MOORA approach of multi-criteria decision making methods. After a disaster, in order to allocate a new house to the disaster victims, the weights of the victims were determined with the help of AHP and then an appointment model was established and harmonized with a decision support system. Finally, capacity limited vehicle routing problem is modeled for disaster victims to move to other cities with public coordination immediately after the disaster. The study was carried out by considering the earthquake data in Van in 2011.

**2019, 78 pages**

**Keywords:** Post-disaster recovery operations, stochastic AHP, stochastic MOORA, integer programming

## TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım boyunca değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Gökay AKKAYA'ya, değerli zamanlarını ayırarak tezi inceleyen tez izleme komitesindeki hocalarım Sayın Doç. Dr. Bülent ÇAVUŞOĞLU'na ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ'a ve maddi ve manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme teőekkürü bir borç bilirim.

**Sinan ÖZTAŞ**

**Őubat, 2019**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	viii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>5</b>
2.1. Afet Yönetimi.....	5
2.2. AHP ve MOORA Yöntemleri Kaynak Özetleri.....	10
2.3. Konut Atama Problemi Kaynak Özetleri .....	15
2.4. Araç Rotalama Problemi Kaynak Özetleri.....	21
<b>3. MATERYAL ve YÖNTEM.....</b>	<b>28</b>
3.1. Afet, Afet Yönetimi ve İlgili Kavramlar .....	28
3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP).....	30
3.3. MOORA Algoritması .....	31
3.3.1. Oran metodu .....	32
3.3.2. Referans noktası metodu .....	33
3.3.3. Önem katsayısı metodu .....	33
3.4. Stokastik Yaklaşım.....	34
3.5. Atama Problemi.....	37
3.6. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi .....	38
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA.....</b>	<b>40</b>
4.1. Afetzedelere Ait Önceliklerin Belirlenmesi Problemi .....	40
4.1.1. Stokastik AHP .....	40
4.1.2. Stokastik MOORA .....	46
4.1.3. Duyarlılık Analizi.....	48
4.2. Afetzedelere Konut Atanması Problemi.....	50
4.2.1. Problemin yapısı ve kriter ağırlıkları.....	51

4.2.2. Matematiksel model .....	53
4.2.2.a. Test problemi .....	55
4.2.3. Karar destek sistemi .....	58
4.3. Afetzedelerin Taşınması Problemi .....	58
4.3.1. Tam sayılı matematiksel modelleme .....	60
4.3.1.a. KKARP uygulama çalışması .....	62
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>64</b>
KAYNAKLAR .....	69
EKLER .....	74
EK 1. ....	74
EK 2. ....	76
ÖZGEÇMİŞ .....	81



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	Analytic hierarchy process Analitik hiyerarşi prosesi
ÇKKV	Çok kriterli karar verme
DOM	Disaster operations management Afet operasyonları yönetimi
KDS	Karar destek sistemi
KKARP	Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi
MOORA	Multi-Objective optimization by ratio analysis Oran analiziyle çok amaçlı optimizasyon
OR	Operational research Yöneylem araştırması

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Stokastik dönüşüm algoritması.....	34
Şekil 4.1. Karar verme probleminin hiyerarşik yapısı.....	41
Şekil 4.2. %10 oranında arttırılmış duyarlılık analizine ait sonuçlar.....	49
Şekil 4.3. %10 oranında azaltılmış duyarlılık analizine ait sonuçlar.....	49
Şekil 4.4. Van’da yaptırılan afet konutlarının genel görünümü.....	50
Şekil 4.5. Aileler için karar hiyerarşisi .....	52
Şekil 4.6. KKARP uygulama çalışması genel görünüm.....	62

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. 2006 ve 2013 yılları arasında afet yönetimi çalışmaları.....	7
Çizelge 2.2. AHP ve MOORA kaynak özetleri .....	14
Çizelge 2.3. Konut atama problemi kaynak özetleri.....	20
Çizelge 2.4. Araç rotalama problemi kaynak özetleri.....	26
Çizelge 3.1. Afet yönetimi aşamaları ve kapsamaları .....	29
Çizelge 3.2. Saaty'nin ikili karşılaştırma tablosu .....	30
Çizelge 4.1. Saaty'nin ikili karşılaştırma ölçeği .....	41
Çizelge 4.2. Değerlendirmeler matrisi .....	42
Çizelge 4.3. Net değerlerin elde edilmesi süreci.....	44
Çizelge 4.4. Kriterlerin AHP ile sıralanması .....	46
Çizelge 4.5. Net değerlerin elde edilme süreci .....	47
Çizelge 4.6. MOORA yöntemiyle hesaplanan sonuçlar .....	48
Çizelge 4.7. Kriter ağırlıkları .....	52
Çizelge 4.8. Aile tercih matrisi .....	53
Çizelge 4.9. Atama modeli sonuçları .....	58
Çizelge 4.10. KKARP sonuçlar .....	63

## 1. GİRİŞ

Afetler genel anlamda insan kaynaklı (*man made*) ve doğal afetler olmak üzere iki kısımda ele alınabilir. Depremler, sel ve su baskınları, toprak kayması, tsunami vakaları ve orman yangınları gibi afetler insanların neredeyse her gün dünyanın herhangi bir yerinde maruz kaldıkları doğal afetlere örnek olarak gösterilebilir. Bunun yanısıra savaşlar, biyolojik saldırılar, terör saldırıları ve küresel ısınma gibi afetler ise insan kaynaklı olarak meydana gelmekte ve sonuçları itibariyle insanları toplu ölümlere ve büyük göçlere zorlamaktadır.

Dünyada afetlerin sayısının her geçen gün artması, bu afetlere maruz kalan insanların daha fazla mağduriyet yaşaması gibi nedenlerden dolayı afet alanında yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Savaşlar ve göçler nedeniyle ülkelerin ekonomik, siyasi, kültürel ve sosyal hayatlarına doğrudan müdahale gerçekleşmekte ve bunları planlamaya yönelik çalışmalar daha görünür olmaktadır.

Afetlerle ilgili yapılan çalışmalar araştırmacılar ve uygulayıcılar tarafından son yıllarda yoğun bir şekilde talep görmektedir. Yıllardır yapılan bu çalışmalar afetlerin sistematik bir biçimde ele alınmasına ve afet yönetimi adı altında değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Afet yönetimi literatürde başlıca dört kısımdan oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla; hafifletme (*mitigation*), hazır olma (*preparedness*), müdahale (*response*) ve iyileştirme (*recovery*) aşamalarıdır. Hafifletme ve hazır olma aşamaları afet öncesini, müdahale afet anını ve iyileştirme ise afet sonrasında kapsamaktadır (Galindo and Batta 2013).

Hafifletme aşaması afetle direkt teması olmayan ama dolaylı olarak afetlere karşı alınabilecek tedbirleri kapsayan çalışmalar bütünüdür denilebilir. Özellikle ilgili devlet organlarının halkı bilinçlendirmesi, imar alanlarının seçilmesi, imar planlarının afetlere uygun şekilde icra edilmesi hafifletme aşamasının temelini oluşturmaktadır.

Hazır olma aşaması afet öncesi diğer süreçleri kapsamaktadır. Bunlar afet koordinasyon merkezinin kurulması, acil durum planlarının oluşturulması, personel ve araç çizelgelemesi, görev paylaşımı, afet anında uygun alanlara sağlık ve dağıtım merkezlerinin kurulması gibi çalışmalardır.

Müdahale aşamasında afet olduktan hemen sonra yapılması gerekenler ele alınmaktadır. İlk yardım birimlerinin oluşturulması, çizelgelenmesi, yolların açılması, moloz yığınlarının taşınması, helikopter ve ambulans çizelgeleme, çadırkent yer seçimi, acil tıbbi müdahale, acil gıda ihtiyaçlarının temini olarak sıralanabilir.

Son evre olan iyileştirme evresi afet olduktan ve ilk şok atlatıldıktan sonra afetin maddi ve manevi bütün etkilerini azaltma ya da yok etme ve afet öncesi hayata dönüş için yapılması gereken tüm çalışmaları kapsar. Afetzedeler için kalıcı konutların yapılması, hasta ve yaralıların tedavi süreci, yeni imar planları, yol, köprü ve bina yapımı, afetten etkilenen kesimlere maddi ve manevi destek verilmesi,..vb çalışmalar bu süreç içerisinde yer almaktadır.

Bu çalışmada afet sonrası evre olan iyileştirme evresi ele alınmıştır. 2006 ve 2013 yıllarında yapılan literatür araştırması çalışmaları afet sonrası iyileştirme evresinin tüm bu evreler içinde araştırmacılar tarafından en az sayıda ve oranda çalışılan alan olduğunu göstermiştir. Özellikle afetzedeler için kalıcı konutların yapılması ve afetzedelerin kamu koordinasyonu ile başka şehirlere taşınması problemleri literatürde az çalışılan konular arasındadır.

Bu çalışmada 2011 yılı Ekim ayında 16 gün arayla meydana gelen iki büyük deprem neticesinde 644 kişinin hayatını kaybettiği, 1966 kişinin de yaralandığı ve 36203 konutun kullanılamaz hale geldiği Van depremi ve sonrasında yapılan çalışmalar ele alınmıştır. Deprem sonrası kısa bir zaman içinde 17489 adet konutun temeli atılmış olup, toplamda 170 bin kişi bu konutlara yerleştirilmiştir. Yine depremde sonra 17.700 kişi kamu misafirhanelerinde ve 6626 kişi ise evlerde kalmak üzere kamu

koordinasyonu, 10.008 kişi kamu misafirhanelerinde ve 126.659 kişi ise evlerde kendi imkânlarıyla konaklamıştır.

Çalışmanın ilk kısmında afetten etkilenen insanlar çeşitli gruplara ayrılmıştır. Bu grupların hangi önem/öncelik seviyesinde olduğunu belirlemek için bir karar verme problemi oluşturulmuştur. Probleme gruplar için belirlenen kriterlere ait ağırlıklar stokastik Analitik Hiyerarşi Problemi (AHP) yardımıyla belirlenmiştir. Ardından bu ağırlıklar kullanılarak gruplara ait önem/öncelik sırası stokastik MOORA yöntemiyle belirlenmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında Toplu Konut İdaresi (TOKİ) tarafından Van'da 3+1 şeklinde ve 99 m<sup>2</sup> büyüklüğünde tek tip olarak yapılan konutların bölgenin demografik yapısıyla uyumlu olmadığı görülmektedir. Ailelerin çok çocuklu olması ve aile büyükleriyle bir arada yaşama kültürü nedeniyle mevzubahis konutlarda uzun dönemli olarak yaşaması başka sorunlara da kapı aralayabilecek potansiyele sahiptir. Bu nedenle toplam maliyeti ve toplam inşaat alanını aşmamak kaydıyla aynı sayıda hak sahibi için farklı büyüklükte konut yapılması tarafımızca önerilmiştir.

Çalışmada öncelikle ailelerin depremde hangi düzeyde etkilendiklerini ölçmek amacıyla bir karar verme problemi oluşturulmuştur. Buradan belirlenen ağırlıklar da kullanılarak bir atama modeli oluşturulmuş ve atama yapılmıştır. Konut büyüklükleri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından belirlenen aile tipleri dikkate alınarak 4 farklı boyutta olacak şekilde belirlenmiştir. TÜİK tarafından aileler; tek kişilik aile, çekirdek aile, geniş aile ve çekirdek aile bulunmayan aile olarak 4 farklı tipte belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda kullanıcıların daha kolay yararlanabilmesi için bir karar destek sistemi (KDS) geliştirilmiştir.

Çalışmanın üçüncü ve son kısmında kamu koordinasyonu taşıyan afetzedeler için kapasite kısıtlı araç rotalama problemi (KKARP) geliştirilmiştir. Model tam sayılı programlama olarak kurulmuştur. Araç sayısının 100 ve araç kapasitesinin 50 olduğu kabul edilmiştir. Şehirlerin nüfusuyla orantılı olarak kamu misafirhanelerine ait

kapasiteler belirlenmiştir. Şehirlerarası mesafeler Karayolları Genel Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Problem çözülmüş ve sonuçlar tablo halinde verilmiştir.



## 2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu kısımda çalışmanın içeriğini de kapsayan afet sonrası iyileştirme çalışmaları hakkında detaylı kaynak özetleri verilecektir. Öncelikle afet yönetiminin alanları verilecek olup bu alanlardan birisi olan iyileştirme safhasının neden tercih edildiği literatürdeki çalışmalara atıf yapılarak izah edilmeye çalışılacaktır.

Bu bölümün ikinci kısmında, ele alınan problemlere ait kaynak özetleri bölümler halinde sunulacaktır. Sırasıyla ilk önce afetzedelere öncelik tanınmasıyla ilgili probleme ait kaynak özetleri, ardından konut atama problemine ait kaynak özetleri son kısımda ise afetzedelerin taşınması problemine ait kaynak özetleri verilecektir.

### 2.1. Afet Yönetimi

Afet yönetimi en genel haliyle afetlere ait bütün süreçlerin ele alınmasını ve bu süreçlerle ilgili çalışmaları kapsamaktadır. Endüstri mühendisliği ve yöneylem araştırması konuları kapsamında literatürde afet yönetimi dört aşamada ele alınmaktadır. Bu aşamalar afet öncesi, afet anı ve afet sonrasını kapsamaktadır ve sırasıyla; hafifletme (*mitigation*), hazır olma (*preparedness*), müdahale (*response*) ve iyileştirme (*recovery*) olarak kabul edilmektedir (Galindo and Batta 2013).

Hafifletme ve hazır olma evreleri afet öncesi süreçleri tanımlamada kullanılmaktadır. Hafifletme evresi olası bir afete karşın, afet olmadan önce devlet düzeyinde alınabilecek önlemleri kapsamaktadır. İmar düzenlemesi, yapı yönetmeliklerinin hazırlanması, vergi düzenlemeleri ve afet sonrası yapılanma gibi uzun vadeli ve devlet politikalarıyla şekillenebilecek olan süreçler hafifletme aşamasının konularından bazılarıdır.

Hazır olma evresi hafifletme evresine göre afet olmadan hemen önce yapılması ve hazır olması gereken örgütlenmeyi ve tedbirleri kapsamaktadır. Burada olası tüm afet türleri için acil durum planlarının oluşturulması, personel ve gönüllü kişilerin belirlenmesi,



belirlenen personelin ve vatandaşların konu hakkında aydınlatılması, araç gereç temini ve bütçelenmesi, iletişim kanallarının kontrolü ve olası afetlerle ilgili tatbikat planlanması ve yapılması süreçlerini kapsamaktadır.

Müdahale evresi afet olduğu andan itibaren başlayan ve hasar tespitinin yapılabildiği ana kadarki süreci kapsamaktadır. Bu süreç içerisinde acil durum planının başlatılması, operasyon merkezinin kullanılması, tehlike altındaki halkın tahliye edilmesi, bir deprem için yığın altında kalanların kurtarılması, geçici barınma merkezlerinin açılması sayılabilir. Acil durum ve ilk yardım personelinin sevk ve idaresi, acil durum araçlarının sevki, ulaşım yollarının tespit edilmesi ve yeni ulaşım yollarının açılması, yangın söndürme çalışmaları ve tıbbi müdahale gibi durumlar da bulunmaktadır.

İyileştirme evresi afete ilk müdahale yapıldıktan sonraki süreçleri kapsamaktadır. Literatürde diğer üç evreye oranla daha az çalışılmış bir alandır ve bu nedenle de çalışmanın konusu olmuştur. İyileştirme evresi afetin maddi ve manevi zararlarını yok etmek ve etkilerini azaltmak için yapılabilecek tüm çalışmaları kapsamaktadır. Bunların başında moloz yığınlarının temizlenmesi, yol ve köprü hizmetlerinin yeniden tesisi, yıkılan ya da oturulamaz hale gelen ev, iş yeri ve kamu kurumlarının inşa edilmesi, afetzedelere maddi ve manevi destekler verilmesi olarak sıralanabilir.

Afet yönetimine ait bu evreler arasında literatürde en çok çalışılan alan olarak müdahale evresi gelmektedir. Sağlık personeli, itfaiye ve güvenlik güçlerinin çizelgelenmesi, helikopter, ambulans ve iş makinesi planlaması, çadır kent gibi geçici barınma merkezlerinin inşası ve erzak yardımı gibi alanlar araştırmacılar tarafından en çok tercih edilen konular olmuştur.

Bu çalışmada deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkemizi de yakından ilgilendiren depremler üzerinden senaryolar oluşturulmuş ya da 2011 yılında Van'da meydana gelen ve büyük tahribatlara neden olan depreme ait veriler işlenmiştir. Çalışmaya konu edilen afet sonrası iyileştirme çalışmalarının daha iyi anlaşılabilmesi için diğer alanlarla birlikte mukayesesi yapılmıştır.

Altay and Green (2006) yılında yapmış oldukları çalışmada ilgili yıla kadarki afet operasyonları yönetimi alanında yapılmış, literatürde yer alan ve ulaşılabilen yayınları incelemişlerdir. Yapılan bu çalışmada afet alanındaki konuları hafifletme, hazır olma, müdahale ve iyileştirme olarak dört ana başlıkta incelemişlerdir. Yayınların hangi alanda olduğu, hangi dergilerde yayınlandığı, hangi matematiksel yaklaşım kullanıldığı gibi konular incelenmiştir. Bu çalışma neticesinde afet operasyonları yönetimi alanında en az çalışılan kısmın yaklaşık %11 ile iyileştirme safhası olduğu görülmüştür (Altay and Green 2006).

Galindo and Batta (2013) ise (Altay and Green 2006) tarafından yapılan literatür araştırmasının bir benzerini 2013 yılında yapmışlardır. Çalışmada akış olarak (Altay and Green, 2006)'in yöntemleri takip edilmiştir. Çalışma bu defa afet operasyonları yönetiminde yöneylem araştırması ve yönetim bilimi ekseninde genişletilmiştir. Çalışmada benzer şekilde yayınların hangi dergilerde, ne oranda, hangi alanlarda ve hangi yöntemlerle yapıldığı araştırılmıştır. Yine bu çalışma neticesinde afet sonrası iyileştirme çalışmalarının tüm çalışmalar içerisinde %3 olarak gerçekleştiği görülmüştür.

**Çizelge 2.1.** 2006 ve 2013 yılları arasında afet yönetimi çalışmaları

	<b>Altay ve Green</b>	<b>Galindo ve Batta</b>
<b>Makale Sayıları</b>	%	%
<b>Yazarların Milleti</b>		
ABD	43,1	52,9
Diğer Milletler	42,2	28,4
Uluslararası	14,7	18,7
<b>Metodoloji</b>		
Mat. Programlama	32,1	23,1
İstatistik ve Olasılık	19,2	6,4
Benzetim	11,9	9
Karar Teorisi	10,1	9
Kuyruk Teorisi	9,2	0,6
Bulanık Sayılar	5,5	1,9
Stokastik Programlama	3,7	9,6
Uzman Sistemler	3,7	3,8
Sistem Dinamiği	1,8	1,3

**Çizelge 2.1.** (devam)

Kısıt Programlama	0,9	0,6
YA yazılımları	0,9	1,3
Kavramsal Analiz	boş	16
Şebeke Optimizasyonu	boş	4,5
Oyun Teorisi	boş	1,3
Hibrit Yöntemler	boş	11,6
<b>Çalışma Alanı</b>		
Hafifletme	44	23,9
Hazır olma	21,1	28,4
Müdahale	23,9	33,5
İyileştirme	11	3,2
Çok aşamalı	0	11
<b>Felaket Tipi</b>		
Doğal	28,4	20
İnsan kaynaklı	33,1	5,8
İnsancıl	0,9	2,6
Tüm felaketler	37,6	71,6
<b>Araştırma Türü</b>		
Teori	26,6	19,3
Model	57,8	75,5
Uygulama	15,6	5,2

Çizelge 2.1’de sunulan veriler bu çalışmanın da dayanak noktasını oluşturmaktadır. Çizelgede her iki çalışmaya ait benzer veriler karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Çizelgenin ilk kısmında araştırmacıların milliyeti bulunmaktadır buna göre afet alanında yapılan çalışmaların yaklaşık olarak yarısının ABD’li bilim insanları tarafından yapıldığı ve bu oranın 2006-2013 yılları arasında arttığı gözlemlenmektedir.

Çalışmanın metodoloji kısmında Endüstri mühendisliği ve Yöneylem alanlarında kullanılan yaklaşımlar sınıflandırılmıştır. Matematiksel modellemenin her iki çalışmada da en çok kullanılan yöntem olduğu anlaşılmaktadır. 2006 yılında %32 olan kullanım oranı 2013 yılında %23’e gerilemiştir. Matematiksel modellemenin ardından en çok kullanılan yaklaşımın istatistiksel yaklaşımlar olduğu ve ardından sırasıyla benzetim, karar teorisi, kuyruk teorisi, bulanık yaklaşım, stokastik programlama, uzman sistemler

ve kısıt programlama olarak gerekleŒtiđi görülmektedir. Metodoloji kısmında bir dikkat çeken nokta ise 2006 yılına kadar hiç kullanılmayan kavramsal analiz uygulamaları, Œebeke optimizasyonu, oyun teorisi ve hibrit yöntemler 2006 yılından 2013 yılına kadarki zaman da daha fazla kullanılmıŒ olmasındır.

Felaket tipleri incelendiğinde doğal felaketler ve insan kaynaklı felaketlerin ağırlıkta olduğu gözlemlenmektedir. AraŒtırma türleri açısından bakıldığında ise modelin teori ve uygulama alıŒmalarına göre en çok tercih edilen alan olduğu görülmektedir.

Çizelgede alıŒma alanları kısmında hafifletme alıŒmalarının 2006 yılına kadar tüm alıŒmalar içinde %44'den yedi yılda %24'e gerilediği görülmektedir. Hazır olma alıŒmalarının tüm alıŒma konuları içinde oranının %21'den %28'e yükseldiği, müdahale evresinin %24'den %33'e yükseldiği ve bu alıŒmanın da ana temasını oluŒturan iyileŒtirme evresinin %11'den %3'e gerilediği görülmektedir. alıŒma alanları detaylı olarak incelendiğinde hafifletme alıŒmalarının 2006'ya kadar en çok tercih edilen alan olduğu, 2013'e kadar olan sürede bu etkinliğini yitirdiği görülmektedir. İyileŒtirme safhasının ise 2016 yılında ve 2013 yılında en az alıŒılan alan olduğu ve 2006-2013 arası bu safhada yapılan alıŒmaların azaldığı ve bitme noktasına geldiği görülmektedir.

Afet sonrası iyileŒtirme alıŒmaları içerisinde geçici konut (adır kent, konteyner kent) alanlarının belirlenmesi, bu konutlara insanların atanması, toplanma alanlarının belirlenmesi, moloz yığınlarının toplanması, afet sonrası acil temel insani ihtiyaçların insanlara ulaŒtırılması, afet sonrası kullanılacak olası yolların belirlenmesi, telefonla afetzedelere terapi uygulanması, afetzedelerin eŒitli öncelikler gözetilerek kalıcı konutlara atanması, depo ve dağıtım noktalarının tespiti, sağlık personeli atanması ve çizelgelenmesi, itfaiye, ambulans ve polis aracı gibi öncelikli araçların yollarının ve rotalarının belirlenmesi vb. diğer konular yer almaktadır.

## 2.2. AHP ve MOORA Yöntemleri Kaynak Özetleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri niceliksel veya niteliksel biçimde olan çok sayıda kriteri optimize ederek karar vericinin en iyi alternatifi seçmesine ya da bu alternatiflerin sıralanmasına imkân veren metodolojik araçlardır. Çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri literatürde birçok alanda sıkça başvurulan bir yaklaşımdır. Bünyesinde birçok farklı metot barındırmaktadır. Bu çalışmada bu metotlardan AHP ve MOORA yöntemleri açıklanacaktır.

Brauers and Zavadskas (2006) tarafından yapılan çalışmada Tunus tekstil endüstrisinin proje seçimi için çok amaçlı bir karar destek sistemi önerilmiştir. Çalışmada farklı türde çok amaçlı karar verme yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemler performanslarından sonra test edilmiştir. Ayrıca çalışmada bu yöntemlerin kullanımı bir benzetim çalışması ile gösterilmiştir. MOORA ve MULTIMOORA yöntemlerinin olumlu sonuçlar gösterdiği gözlemlenmiştir.

Çakır ve Canbolat (2018) tarafından yapılan çalışmada elektrikli küçük ev aletleri üreten bir şirkette bulanık AHP'ye dayanan envanter sınıflandırma sistemi önerilmiştir. Çalışmada, bulanık yaklaşımı ve gerçek envanter verilerini bütünleştiren bir karar destek sistemi tasarlanmıştır.

Brauers and Zavadskads (2010) güçlü ekonomik görüşlere dayandırarak modern geçiş ekonomisi adını verdikleri sistemi incelemek için ÇKKV yaklaşımlarını kullanmışlardır. Belirledikleri yedi gerekli şartı en iyi sağlayan yöntemi de araştıran araştırmacılar MOORA ve MULTIMOORA yaklaşımlarının bütün şartları sağlayan yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Bütünleşik imalat planlaması alanında üretim bileşenlerinin değerlendirildiği çalışmada bulanık AHP yaklaşımı Jung tarafından (2011) yılında kullanılmıştır. Çalışmanın en önemli çıktılarından birisi olarak imalatçı firmaların üretim performansını en çok artıran kriterlerden birisinin, tercih ettikleri tedarikçi firma olduğu vurgulanmıştır.

Gadakh (2011) MOORA yöntemini kullanarak öğütme işleminde uygun süreç parametrelerinin seçimini değerlendirmiştir.

Özdağoğlu (2011) çalışmasında farklı normalleştirme yöntemleri için MOORA yönteminin tercih sırasını nasıl değiştirdiğini analiz etmiştir.

Zheng *et al.* (2012) yaptıkları çalışmada sıcak ve nemli yerlerde iş güvenliğini değerlendirmek için bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır. Önerilen yöntemin etkinliği, bir mühendislik uygulaması örneği ile gösterilmiştir.

Karande and Chakraborty (2012) şirketler için doğru bir kurumsal kaynak planlama ERP yazılımı seçiminin çok önemli olduğunu belirterek, çeşitli firmalardan elde ettikleri verilerle bulanık MOORA yöntemi uygulamışlardır.

Brauers and Zavadskads (2012) yaptıkları çalışmada MOORA yönteminin oran analizi ve referans noktası yaklaşımlarının bir bütünü olduğunu ve MULTIMOORA yaklaşımının problem tipine göre çoğunlukla en çevik yaklaşım olduğunu vurgulamışlardır.

Vatansever ve Uluköy (2013) yaptıkları çalışmada, bir firma için ERP yazılım sistemi seçimini bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemlerini kullanarak gerçekleştirmişlerdir.

Chou *et al.* (2013) karar verme sürecini destekleyecek regresyon tabanlı simülasyonu ve bulanık AHP'yi birleştiren yeni bir entegre strateji önermişlerdir. Bu stratejide, bulanık AHP yöntemini kullanarak bir projenin maliyetini etkileyen faktörlerin anlamlılık derecesini hesaplamışlardır.

Yıldırım ve Önay (2013) bulanık AHP ve MOORA yöntemlerini kullanarak bulut teknolojisini kullanan bazı firmaların değerlendirmelerini yapmışlardır.

(2014) yılında yayınladıkları çalışmada Jalao *et al.* AHP yaklaşımının içerdiği bazı olumsuzluklara karşın yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşıma göre karar vericilerden alınan dilsel değişkenler önce olasılık dağılımlarına, bu dağılımlar moment-metot adı verilen bir yöntemle beta dağılımına dönüştürülür. Beta dağılımını kullanmanın en önemli avantajlarından birisi en az veri kaybıyla problemin modellenebilmesidir.

Somsuk and Laosirihongthong (2014) yapmış oldukları çalışmada Tayland'da üniversitelerin işletme bölümlerinin başarılarını sıralamak maksadıyla AHP yaklaşımını kullanmışlardır. Çalışmada 14 kritik faktör belirlenmiş ve kullanıcılardan değerlendirmeleri istenmiştir. Yapılan anketler sonucunda elde edilen veriler problemin veri setini oluşturmuştur. Sonuçlar incelendiğinde idarecilik ve politika faktörlerinin başarı sıralamasında en etkili faktörler olduğu gözlemlenmiştir.

Chan *et al.* çevre dostu ürünlerin tasarlanmasının, artan rekabet ortamında modern işletmeler için kritik bir görev olduğunu belirttikleri ve alternatif yeşil tasarımların seçimine karar vermek için entegre bir bulanık AHP yaklaşımı önerdikleri çalışmalarını (2014) yılında yayınlamışlardır.

Özçelik vd. (2014) tarafından yapılan çalışmada özel eğitim alması gereken öğrencilerin nerelerde eğitim alabileceklerinin belirlenmesi amacıyla, üç farklı alternatifin değerlendirilebilmesi için bulanık AHP ve MOORA yöntemlerini kullanmışlardır.

Akkaya vd (2015) bulanık AHP ve bulanık MOORA yaklaşımlarını kullanarak yaptıkları çalışmada endüstri mühendisliği bölümünden mezun ve halen eğitim almakta olan kişilerin sektör tercihlerini çeşitli kriterlere göre değerlendirmişlerdir. Çalışmada en çok tercih edilen iş kolları sırasıyla teknoloji, yazılım-bilişim ve finans olarak bulunmuştur.

Majumder and Maiti (2015) yılında yaptıkları çalışmada kimya sanayide kullanılan bir malzemenin yüzey pürüzlülüğünü ve mikro sertliğini ölçmek maksadıyla genel

regresyon sinir ağırları adı verilen yaklaşımla birlikte bulanık MOORA yaklaşımını kullanmışlardır.

(2015) yılında Patel and Maniya tarafından yapılan çalışmanın amacı AHP ve MOORA yöntemleri kullanılarak elektrik boşaltma (deşarj) işlemi yapan bir sanayi makinesinin çıktı parametrelerine ait optimal değerlerin belirlenmesidir.

Arabsheybani *et al.* (2018) tedarikçi seçimi konusunda bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada bulanık MOORA yaklaşımı kullanılarak elde edilen ağırlıklar matematiksel modelde kullanılmıştır. Tedarikçilerin karşılaştığı sorunların da tespit edilebilmesi için bir tedarikçiye hata türleri ve etkileri analizi (FMEA) uygulanmıştır.

Ghimire and Kim (2018) ait yapılan çalışmada Nepal özelinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önündeki engellerin araştırılması ve sıralanması amaçlanmıştır. Geçmiş çalışmalardan ve literatürden toplam olarak 22 engel tespit edilmiştir. Bu engeller sosyal, politik, teknik, ekonomik, yönetsel ve coğrafi olarak altı farklı grupta toplanmıştır. Tahmin ve sıralama yapmak için AHP yaklaşımı kullanılmıştır.

(2018) yılında Ly *et al.* tarafından yapılan çalışmada özellikle internet üzerinden işlem gören ticari işletmeler için hangi nesnelerin önemli olduğu konusu araştırılmıştır. Çalışmada kriterlerin değerlendirilmesi ve sıralanması amacıyla bulanık AHP kullanılmıştır. Sonuçlar somut faktörlerin somut olmayan faktörlerden daha önemli olduğunu göstermiştir.

Durmuşoğlu tarafından (2018) yapılan çalışma tekno-girişimcilik projelerinin analitik hiyerarşi süreci ile değerlendirilmesini kapsamaktadır. Çalışmada uzman görüşü kullanılarak AHP'ye ait yapı oluşturulmuştur. Gerçek zamanlı 10 proje incelenerek tekno-girişimcilik projelerinin daha sağlıklı değerlendirilebilmesi için faktörler belirlenmiştir.



Özdemir ve Şahin (2018) yapılan bir çalışmada Iğdır şehri için güneş enerji panellerinin kurulumunu konu edinmiştir. Kurulum yapılacak alanların seçimi için bazı kriterler belirlenmiş, ağırlıklandırılmış ve seçim için sıralama AHP yardımıyla yapılmıştır.

Literatürde yer alan ve bu çalışmada yararlanılan çok kriterli karar verme yöntemleri Çizelge 2.2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.2.** AHP ve MOORA kaynak özetleri

Yazar Adı/Yayın Yılı	Uygulama Alanları	Kullanılan Yöntem
Durmuşoğlu 2018	Tekno-girişimcilik projeleri	AHP
Özdemir ve Şahin 2018	Güneş paneli yer seçimi	
Ghimire and Kim 2018	Yenilenebilir Enerji	
Gadakh 2011	Üretim	MOORA
Karande and Chakraborty 2012	Malzeme seçilmesi	
Özdağoğlu 2014	Genel	
Patel and Maniya 2015	Çıktı parametrelerin sıralanması	AHP, MOORA
Çakir and Canbolat 2008	Envanter sınıflandırma	Bulanık AHP
Jung 2011	Bütünleşik imalat planlama	
Zheng <i>et al.</i> 2012	İş güvenliği	
Chou <i>et al.</i> 2013	Proje yönetimi	
Chan <i>et al.</i> 2014	Çevre dostu ürün tasarımı	
Somsuk and Laosirihongthong 2014	Üniversite başarı değerlendirmesi	
Majumder and Maiti 2015	Malzeme özellik ölçümü	
Ly <i>et al.</i> 2018	İnternet nesnelere	
Arabsheybani <i>et al.</i> 2018	Tedarikçi seçimi	
Yıldırım ve Önay 2013	Bulut teknoloji	
Özçelik vd 2014	Özel eğitim ve reh. Merkez seçimi	
Vatansever ve Uluköy 2013	Erp sistemi seçimi	Bulanık AHP, bulanık MOORA
Akkaya vd 2015	Endüstri mühendisliği sektör seçimi	

**Çizelge 2.2.** (devam)

Brauers and Zavadskas 2010	İmalat	MULTIMOORA
Brauers and Zavadskas 2006	Genel	MOORA, MULTIMOORA
Brauers and Zavadskas 2012	Proje seçimi	
Jalao <i>et al.</i> 2014	Genel	Stokastik AHP

### 2.3. Konut Atama Problemi Kaynak Özetleri

Erciyes ve Gencer (2003) yaptıkları çalışmada ataması gerçekleştirilen Jandarma Genel Komutanlığı personelinin atamalarının daha nesnel tabanlı yapılabilmesi için geliştirmiş oldukları karar destek sistemi yer almaktadır. Çalışmada her bir personel 8 kriter üzerinden değerlendirilmiş olup ağırlıklar AHP yardımıyla bulunmuştur.

Joshi and Nishimura (2004) Hint okyanusunda meydana gelen Tsunami üzerinden hareketle afet sonrası yapılan konut edindirme çalışmaları için devletle afetzedelerin iletişimi üzerinde çalışmışlardır. Bu iletişim ağında devletin afetzedelere malzeme ve maddi yardım gibi konular yer almaktadır.

Johnson tarafından (2007) yapılan çalışmada Düzce'de meydana gelen deprem sonrası yapılan geçici prefabrik konutların etkileri ele alınmıştır. Çalışmanın depremden 5 yıl sonra yapılması, yapılan konutların uzun dönem durumları hakkında daha detaylı bir izdüşüm sunabilmeyi amaçlamıştır. Özenli bir yönetim anlayışı, birimlerin yeniden kullanımı ve birimlerin en baştan uygun olarak tasarımı çalışmanın çıktılarını oluşturmaktadır.

Anwar *et al.* (2008) yaptıkları çalışmada 1994 Northridge depremini temele alan geçici barınma alanları için çok amaçlı matematiksel model yardımıyla çözüm önermişlerdir. Çalışmada yerlerinde olan aileler için sosyo-ekonomik etkilerin en küçüklenmesi, ailelerin güvenliğinin en büyüklenmesi, çevresel etkilerin en küçüklenmesi ve toplam maliyetin en küçüklenmesi amaç fonksiyonu bileşenleridir.

Anwar *et al.* (2009) yaptıkları çalışmada afet sonrası geçici konaklama hizmetlerinin daha iyi sağlanması için bir iyileştirme çalışması yapmışlardır. Çalışma hali hazırda kullanılmakta olan bir masaüstü uygulamasına entegre edilerek karar vericiler için daha iyi alternatif sunmayı amaçlamaktadır. Negatif sosyo-ekonomik etkilerin en küçüklenmesi, konut güvenliğinin en büyüklenmesi, çevresel etkilerin en küçüklenmesi ve kamu harcamalarının en küçüklenmesi gibi faktörlerin optimizasyonu amaçlanmaktadır.

Galarce *et al.* (2010) Şili’de meydana gelen depremden yola çıkarak afetzedeler için barınabilecekleri, tıbbi ve ruhsal tedavi görebilecekleri alanlara atanmasına olanak sağlayan bir matematiksel model geliştirmişlerdir, modelde servis kalitesinin en büyüklenmesi amaçlanmaktadır.

Cheng and Yang tarafından (2012) yapılan çalışmada afetzedelerin afetten hemen sonra taşınabilecekleri geçici barınma alanlarının hangi kriterler altında yeterli olabileceği değerlendirilmiştir. Üç kriter bu değerlendirmede kullanılmıştır bunlar; barınağın kapasitesi, yerleşim kalitesi ve ulaşılabilirlik olmuştur. Çalışmada AHP yöntemi kullanılmıştır.

(2012) yılında Hui tarafından yapılan çalışmada deprem sonrası yapılan konutların güvenliği ele alınmaktadır. Konutlar özellikle yangınlara karşı incelenmiştir. Çalışmada geçici konutların zaman içerisindeki değişen tanımı incelenmiştir ve daha sonra geçici konutlar için saha ve yangın riskini değerlendirmek amacıyla iki model kurulmuştur. Modellerin doğruluğu test edilmiş, onaylanmış ve çalışmanın sonuçları anlatılmıştır.

Felix *et al.* (2013) yapmış oldukları çalışmada büyük afetlerden sonra inşa edilen konutlarla ilgili sorunları araştırmış ve çözüm önerileri getirmişlerdir. Sorunların başında bu konutların sürdürülebilir olmadığı ve kültürel uyumsuzluk yaşandığı konuları gelmektedir. Çalışmada konutlar yapılırken kültürel uygunluğun dikkate alınması, konutların daha kullanılabilir yaşam alanları olarak inşa edilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Rakes *et al.* (2014) geliştirmiş oldukları karar destek sistemi yardımıyla afet sonrası ailelerin geçici konutlara eğitim ve sağlık gibi çeşitli kriterler gözetilerek atanmasını amaçlamışlardır. Çalışmada yöntem olarak tam sayılı matematiksel modelleme ve sezgisel yöntemlerden yararlanılmıştır.

Dikmen ve zkan (2016) Çankırı’da devlet tarafından afet sonucu yapılan yeni konutların insan ihtiyaçları ile uyumlu olup olmadığı konusunda çalışmışlardır. alışmalarında varyans analizi yöntemi kullanarak devlet tarafından yapılan konutlar ile kendi önermiş oldukları geleneksel konutların ihtiyaçları ne kadar karşıladığı konusu tartışılmıştır.

Othman and Beydoun (2016) afet yönetiminde bilgi paylaşımı konusunda çalışmışlardır. Sistemdeki bütün bilgiyi birleştiren ve kullanıcıların erişimi için kolaylaştıran bir sistem geliştirmişlerdir.

Fikar *et al.* (2016) yapmış oldukları çalışmada afet sonrası insani yardım operasyonları için karar destek sistemi geliştirmişlerdir. Çalışma zel ve kamu kuruluşlarının dayanışma içinde olması için bütünleşik bir sistem önermiştir. Çalışmada tam sayılı matematiksel modelleme ve etmen tabanlı simülasyon kullanılmıştır. Çalışma Avusturya’da yaşanan olaylar üzerine kurgulanmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Chacko *et al.* (2016) yaptıkları çalışmada potansiyel afetler için uzun vadeli ve toplum temelli yaklaşımı ele alan bir karar destek sistemi ve matematiksel model geliştirmişlerdir. Çalışmada Mombasa, Kenya ve Güney Afrika rnekleri kullanılmış olup daha önce literatürde yer alan uzun vadeli afet nleme planlarıyla karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmada hafifletme ve iyileştirme safhaları birlikte matematiksel modele dâhil edilmiştir.

Atmaca tarafından (2016) yapılan çalışmada Türkiye’de afet sonrası yapılan konteynır kent ve prefabrik evlerin enerji tüketim ve CO<sub>2</sub> salınımlarının llmesi amaçlanmıştır.

Çalışma Van'da 2011 yılında meydana gelen deprem sonrası yapılan geçici yerleşim yerleri için uygulanmıştır.

Perrucci *et al.* (2016) yapılan çalışmada sürdürülebilir geçici barınma konusu ele alınmıştır. Çalışmada bu konutların düşük maliyetli, enerji verimli ve yenilenebilir/yeniden kullanılabilir malzemedan yapılması konu edinmiştir. Geçici barınma ihtiyacının tek başına afetlerden doğmadığı aynı zamanda iklim değişiklikleri ve artan nüfus etkisiyle de oluştuğu savunulmaktadır.

Şahin ve Altın tarafından (2016) yapılan çalışmada olası bir Isparta depreminde kurulacak yeni yerleşim yerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada 6 aday bölge yer almaktadır ve problem p-medyan problemi olarak modellenmiş ve gams programından yararlanılmıştır.

Hosseini *et al.* tarafından (2016) yapılan çalışmada afetler sonrası sıklıkla kullanılan geçici barınma birimleri için birçok kriterli karar verme sistemi yardımıyla seçim yapılması önerilmiştir. Çalışmada barınma üniteleri duvar tipi, çatı tipi ve maliyet gibi çeşitli kriterler göz önüne alınarak AHP yardımıyla sıralanmıştır.

(2017) Hong tarafından yapılan çalışmada geçici barınma mekânlarından olan konteynırların tasarımı için çözüm önerileri geliştirilmiştir. Çalışma konteynırların kolay kurulabilmesi ve taşınabilmesi açısından önemli olduğunu ve farklı iç mekan tasarımlarının insanlar için daha iyi çözümler sunabileceğini savunmaktadır.

Gregorio and Soares (2017) yaptıkları çalışma Amerika örneği üzerinden gelişmiş ülkelerin konut iyileştirme süreçleri hakkında bir yol haritası oluşturulması hakkındadır. Veriler gerçek olay tabanlı araştırmalardan, resmi belgelerden ve katılımcılardan elde edilmiştir. Mevcut yaşam alanlarının iyileştirilmesi, geçici konut ve barınmanın sağlanması ve hak sahiplerinin programlara alınması ve bilinçlendirilmesi çözüm önerilerinden bazılarıdır.

Sadiqi *et al.* tarafından (2017) yapılan çalışmada afet sonrası yapılan konutlar için yönetim düzeyinde kararlar alınmasını amaçlayan bütünleşik bir yaklaşım önerilmiştir. Çalışma beş temel sorun belirlenerek kurgulanmıştır. Buna göre; toplumun konu hakkındaki yetersizliği, toplumsal cinsiyet sorunları, sivil toplum kuruluşlarının mesleki olarak yetersiz kalması, hükümet politikaları ve uygulamaları ve yetersiz güvenlik önlemleri en büyük beş engel olarak görülmektedir.

Kiel and Matheson (2018) yaptıkları çalışmada doğal afetlerin konut fiyatlarına etkisini araştırmışlardır. Çalışmada 2010 yılında ABD'nin Colorado eyaletinde meydana gelen ve binlerce yerleşim yerini yok eden büyük yangın üzerinden bir uygulama yapılmıştır.

(2018) yılında Abe *et al.* tarafından yapılan çalışma, insanların afet sonrası konut yapımına katılım düzeyi ile doğal afet için mevcut farkındalık düzeyi arasındaki uzun vadeli ilişkideki değişimleri değerlendirmeyi amaçlamaktadır. İki deprem ve bir tsunamiden etkilenen toplam 504 kişiyle anket yapılmış ve algı seviyeleri arasındaki farklılık gözlenmiştir.

Seike *et al.* tarafından (2018) yapılan çalışmada 2011 yılında Japonya'da yapılan acil durum konutlarının 2016 yılı itibariyle ne kadarının yıkıldığı ve ne kadarının tekrar kullanılmakta olduğu konusunda araştırma yapılmaktadır. Sonuçlar kat planlarında ve zeminlerde yapılan değişikliklerin yeniden yapılandırma sürecinde sorun olduğu yönündedir. Çalışma yeniden kullanılabilirlik için bir takım mevzuat geliştirilmesini önermiştir.

**Çizelge 2.3.** Konut atama problemi kaynak özetleri

Yazar Adı/Yayın Yılı	Uygulama Alanları	Kullanılan Yöntem
Joshi and Nishimura 2016	Afet sonrası konut edindirme	İstatistik
Dikmen ve Özkan 2016	Afet konutlarının yapımı	
Atmaca 2016	Afet konutlarının enerji salınımı	
Kiel and Matheson 2018	Afetlerin konut fiyatlarına etkisi	
Abe <i>et al.</i> 2018	Afetler ve insan davranışları	
Johnson 2007	Afet konutlarının kullanımı	
Felix <i>et al.</i> 2013	Afet konutlarının tasarımı	
Perrucci <i>et al.</i> 2016	Sürdürülebilir geçiçi konutlar	
Gregorio and Soares 2017	Afet konutların iyileştirilmesi	
Sadiqi <i>et al.</i> 2017	Afet konutlarının değerlendirilmesi	
Seike <i>et al.</i> 2018	Afet konutlarının değerlendirilmesi	Genel değerlendirme, istatistik
Hui 2012	Konutların güvenliği	
Hong 2017	Konteynır tasarımı	Tam sayılı modeller, sezgisel yöntemler
Rakes <i>et al.</i> 2014	Ailelerin konutlara atanması	
Galarce <i>et al.</i> 2017	Afetzedelerin taşınması	Kapasiteli hiyerarşik matematiksel model
Anwar <i>et al.</i> 2008	Aile tercihli konut atama	Çok amaçlı doğrusal modelleme
Cheng and Yang 2012	Afetzedelerin taşınması	AHP
Hosseini <i>et al.</i> 2016	Afet konutlarının yapımı	
Othman and Beydoun 2016	Afet yönetiminde bilgi paylaşımı	Karar verme yöntemleri-KDS
Chacko <i>et al.</i> 2016	Afetlerden korunma	Matematiksel model-KDS
Erciyes and Gencer 2003	Personel atama	Atama modeli, KDS
Fikar <i>et al.</i> 2016	İnsani yardım operasyonları	Tam sayılı modeller, etmen tabanlıbenzetim
Şahin ve Altın 2016	Afet konutları için yer seçimi	
Anwar <i>et al.</i> 2009	Konut atama	p-medyan atama modeli

#### 2.4. Araç Rotalama Problemi Kaynak Özetleri

Yi and Özdamar (2007) yapmış oldukları çalışmada afet müdahale evresi içinde yer alan çeşitli lojistik faaliyetlerin koordinasyonun modellenmesi söz konusudur. Çalışmada tıbbi malzemeler, personel, giyim ve diğer ihtiyaç kalemlerinin dağıtım merkezlerine taşınması ve afetten etkilenen insanların tahliyesi modellenmiştir. Problem karma tam sayılı şebeke akış problemi olarak ele alınmıştır.

Sheu tarafından (2010) yapılan çalışma büyük afetler için eksik ve hatalı bilgi olması durumunda insani yardım operasyonlarının yürütülmesi ile ilgilidir. Kurgulanan model üç aşamalıdır bunlar; çeşitli yerlerden gelen yardım taleplerinin birleştirilerek tahmin edilmesi; afetten etkilenen alanları sınıflandırmak için bulanık kümeleme yaklaşımının kullanılması; gruplara ait önceliklerin sıralanabilmesi için çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanılmasıdır.

Lin *et al.* tarafından (2011) yapılan çalışmada afet meydana geldikten sonra hayati öneme sahip ürünlerin tedarik sürecinin planlaması yapılmıştır. Model çok ürünlü, çok araçlı, çok periyotlu, zaman pencereli ve ayrı dağıtım senaryolu çok amaçlı tam sayılı programlama olarak modellenmiştir. Sezgisel yaklaşımlar gerçek zamanlı örnekler için kullanılmıştır.

Mguis *et al.* (2012) yapmış oldukları çalışmada afet durumunda araç rotalama problemini ele almışlardır. Problem iki aşamalı olarak ele alınmıştır ilk kısımda afet anında farklı istek ve çağrılara yanıt verebilmek için ARP kullanılması ikinci kısımda ise bir kargaşa veya yeni bir çağrı gibi gerçekleşmesi muhtemel olayların modellenmesidir. Bunun yanı sıra çalışmada bir aracın yönlendirilmesini planlamak için genetik algoritma ve gerçekleşmesi muhtemelen bir olayın yönetimi için yerel arama yöntemi kullanılmıştır.

Wolhgemuth *et al.* tarafından (2012) yapılan çalışmada afet sonrası nakliyecilik yapan firmaların rotalanması ve çizelgelemesi problemini ele almışlardır. Çalışma değişken



seyahat süreleri ve bilinmeyen siparişleri değerlendiren dinamik bir yapıya sahiptir. Amaç gecikmeleri önlemek ve ekipman kullanımını artırmaktır. Çalışma değişken talep ve ulaşım koşulları altında çalışabilen çok amaçlı karma tam sayılı olarak modellenmiştir.

Azimi *et al.* tarafından (2012) yapılan çalışmada amaç afet sonrası afetzedeler için gıda ve giyim gibi temel ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri sabit yardım noktaları oluşturulmasıdır. Yardım ekiplerinin tek tek bütün evleri dolaşması mümkün olmadığından bütün evlerin konumu dikkate alınarak yürüme mesafesinde yardım noktaları kurulması, bu noktalara tek bir büyük depodan dağıtım yapılması ve dağıtım için araçlar ve rotaların belirlenmesi problemi matematiksel model ve sezgisel yaklaşımlarla çözülmüştür.

Najafi *et al.* (2013) depreme müdahale anında etkin lojistik planlaması için çok amaçlı çevik optimizasyon modeli önermişlerdir. Deprem olduktan sonra veri kaynaklarının kısa ve yetersiz olmasından dolayı, etkin müdahale edebilmek için çok amaçlı, çok modlu, çok periyotlu dinamik bir yaklaşım önermişlerdir.

Rennemo *et al.* tarafından (2014) yapılan çalışmada üç aşamalı karma tam sayılı stokastik programlama modeli kullanılmıştır. Modelde müdahale evresi için, lokal dağıtım merkezlerinin kurulması, tedarikçilerin atanması, yardımların dağıtılması amaçlanmıştır. Araçların taşıma için uygun olduğu, şehrin altyapısı ve afetzedelerin taleplerinin stokastik olduğu varsayılmıştır.

Goerigk *et al.* tarafından (2014) yapılan çalışmada amaç bir şehirdeki acil durum anında tahliye planı oluşturulmasıdır. Çalışma daha önceki çalışmalara atıfta bulunarak, genellikle ayrı ayrı ele alınan barınak sayısı, tahliye süresi ve risk faktörleri birlikte ele alınmıştır. Karma tam sayılı programlama ve genetik algoritma kullanılmıştır.

Wex *et al.* tarafından (2014) yapılan çalışma doğal afetlere acil müdahale çalışmaları kapsamında kurtarma birimlerinin atanması ve çizelgelenmesi problemidir. Çalışmada

karma tam sayılı doğrusal olmayan programlama karar destek sistemiyle bütünleştirilmiştir. Problem literatürde ki birbiriyle ilişkisiz paralel makinelerin çizelgelenmesi problemi olarak ele alınmıştır.

Hasanzadeh and Bashiri (2015) insani yardım lojistik ağının modellenmesi konusunda çalışmışlardır. Çalışmada *covering location problem* ve *hub location* problemleri ele alınmıştır. Daha büyük boyutlu problemlerin çözümü için alt sınır bulmak amacıyla Lagrangian gevşetmesi kullanılmıştır.

Ahmadi *et al.* tarafından (2015) yapılan çalışmada insani yardım operasyonları yer almıştır. Çalışma şebekedeki bozukluklar, çoklu araç kullanımı ve standart yardım zamanı varsayımlarını kapsamaktadır. Çalışmaya rasgele seyahat süreleri eklenerek iki aşamalı stokastik yapıya dönüştürülmüştür. Çalışmanın çözümü için sezgisel yöntemler kullanılmıştır.

Huang *et al.* tarafından (2015) yapılan çalışmada büyük ölçekli afetlerde çoklu insani yardımların acil durumlar için modellenmesi konu edilmiştir. Çalışmada ele alınan insani yardımlar hayat kurtarma operasyonları, gecikme maliyeti ve tarafsızlık kavramlarıyla tanımlanmıştır. Çalışma dışbükey karasel şebeke akış problemi olarak ele alınmış ve 2008 yılında Çin’de meydana gelen büyük Sichuan depremi temel alınmıştır.

Onan vd. tarafından (2015) yapılan çalışma afet sonrası meydana gelen moloz yığınları üzerinedir. Çalışmada öncelikle moloz yığınlarının depolanabilmesi için geçici tesislere ait yerlerin belirlenmesi, moloz yığınlarının toplanması ve taşınması için planlar içeren bir çerçeve oluşturulması amaçlanmaktadır. Çalışma İstanbul örneği için uygulanmış olup çok amaçlı optimizasyon modeli geliştirilmiş ve çözülmüştür.

Alem *et al.* tarafından (2016) yapılan çalışmada afetzedelere hızlıca insani yardım ulaştırılabilmesi amacıyla iki aşamalı stokastik şebeke akış modeli geliştirilmiştir. Çalışma literatürde bu zamana kadar üzerinde çok durulmayan bütçe dağılımı, farklı

boyutlardaki araç filolarının sınıflandırılması, tedarik ve temin çalışmaları ve çeşitli işlem sürelerine sahip dinamik çok periyotlu yaklaşım olarak ele alınmıştır.

Ikeda and Inoue (2016) yapmış oldukları çalışmada afet meydana geldikten sonra, afetzedeler ve kurtarma ekiplerinin güvenli olarak kullanabilecekleri alternatif yolların dinamik olarak belirlenmesini amaçlayan çok amaçlı genetik algoritma yaklaşımı kullanmışlardır. Çalışma tahliye mesafesi, tahliye süresi ve tahliye rotasının güvenliği faktörlerini bütünlükten bir yaklaşım önermektedir. Çalışmada anlık veriler kişilerin cep telefonlarından uydu sistemleri aracılığı ile alınmaktadır.

Lu *et al.* tarafından (2016) yapılan çalışmada afet olduktan sonra gerçek zamanlı insani yardım ağının modellenmesi amaçlanmıştır. Modelde insani yardım taleplerini ve iletme sürelerini tahmin eden ve insani yardımların dağıtım ağını optimize eden iki amaç bulunmaktadır. Model kesin olmayan bilgi altında dağıtım sürelerini en küçükmeyi amaçlamaktadır.

Akbari and Salman tarafından (2017) yapılan çalışmada afet sonrası yolların moloz yığınlarıyla kapanması ve köprü ve otoyolların çökmesi gibi sorunlara karşı çözüm önerisi sunulmuştur. Çalışmanın temel amacı yolların temizlenip yeniden ulaşım açılması için müdahale ekiplerinin uyumlu bir biçimde koordinasyonun sağlanmasıdır. Bu amaçla karma tam sayılı modelleme ve sezgisel yaklaşımlar kullanılmıştır.

Oh *et al.* tarafından (2017) yapılan çalışmada afetzedelerin çeşitli öncelikler gözetilerek tahliye edilmesi tam sayılı matematiksel problem olarak ele alınmıştır. Çalışma afet olduktan hemen sonra afete maruz kalan insanların helikopterler aracılığıyla taşınması problemi. Taşınma işlemi için helikopterin kapasitesi, afetzedenin afetten etkilenme durumu ve afetzedelerle ilgili bazı diğer öncelikler gözetilerek yapılmaktadır.

Çimen ve Soysal tarafından (2017) yapılan çalışmada geleneksel yaklaşımlardan farklı olarak araçların yakıt tüketimi ve emisyon miktarını tahmin ederken, aracın hızının zamana bağımlılığını ve değişkenliğini hesaba katan zaman pencereli kapasite kısıtlı

araç rotalama problemi modellenmiştir. Çalışma sezgisel yöntemler kullanılarak çözülmüştür.

Espindola *et al.* (2018) yapılan çalışmada su baskınlarına karşı kaynak yönetimi modellemesi yapılmıştır. Modelde lojistik kararların optimize edilmesi ve aracı kurumların mümkün olabildiğince en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada tesis yeri seçimi, stok yapılandırma, kaynakların atanması ve insani yardımların dağıtılması modellenmiştir. Çalışmada çok organlı karar verme yapılarına yardımcı olmak amacıyla çok amaçlı optimizasyon ve coğrafi bilgi sistemleri bütünleştirilmiştir.

Oruç ve Kara (2018) yayımlanan çalışma afet müdahale operasyonları kapsamında insani yardımların daha hızlı yapılabilmesi amacıyla motor bisiklet ve insansız hava araçlarının kullanılarak yollara ve nüfus yoğunluğuna göre yeni bir yaklaşım geliştirmektedir.  $\epsilon$  kısıt metodu yardımıyla nesnel olmayan matematiksel modelleme (*bi-objective*) ve sezgisel yaklaşım kullanılmıştır.

Nikoo *et al.* (2018) yapmış oldukları çalışmada Tahran şehri için bir lojistik ağ tasarımı yapmışlardır. Çalışma afet olduktan sonra etkin bir yardım için optimum yolların belirlenmesini konu almaktadır. Bu amaçla çalışmanın amaç fonksiyonu uzunluk, seyahat süresi ve seyahat ağının hasar durumunu göz önüne alan alternatif güzergâhların sayısından oluşmaktadır. Çalışmada ağırlıklı toplam ve dilsel metotlar bu üç fonksiyonun birlikte değerlendirilebilmesi için kullanılmış ve çözüm metodu olarak dal-sınır algoritması kullanılmıştır.

Tavana *et al.* (2018) afet sonrası lokasyon-envanter-rotalama konulu tedarik zinciri ağı tasarımı çalışması yapmışlardır. Çalışmada merkezi depoların yerinin tespit edilmesi, kolay bozulabilen gıdaların envanterinin dengelenmesi ve yardım araçlarının rotalanması ele alınmıştır. Çalışmada karma tam sayılı programlama, sezgisel yaklaşımlar ve sonuçların değerlendirilmesi amacıyla varyans analizi kullanılmıştır.

**Çizelge 2.4.** Araç rotalama problemi kaynak özetleri

Yazar Adı/Yayın Yılı	Uygulama Alanları	Kullanılan Yöntem
Ahmadi <i>et al.</i> 2015	İnsani yardım ağı rotalama	Tam say. mod., stokastik mod.
Tavana <i>et al.</i> 2018	İnsani yardım ağı rotalama, tesis yeri atama	Karma tam sayılı prog., genetik algoritma
Sheu 2010	Acil durum yönetimi	Bulanık kümeleme, toptis
Onan <i>et al.</i> 2015	Atık malz. toplama., taşıma, dep.	Çok amaçlı optimizasyon
Rennemo <i>et al.</i> 2014	Yer seçimi, tedarikçi atama, dağıtım	Karma tam sayılı prog., stokastik modelle
Lin <i>et al.</i> 2011	Afette öncelikli ürünlerin dağıtılması	Çok amaçlı tam sayılı prog., genetik algoritma
Çimen ve Soysal 2017	Araç rotalama	Dinamik prog., sezgisel alg.
Lu <i>et al.</i> 2016	İnsani yardım dağıtılması	Karma tam sayılı prog.
Yi and Özdamar 2007	İnsanların tahliyesi ve yardım malz. dağıtılması	Karma tam sayılı programlama
Azimi <i>et al.</i> 2012	Yardım malz. dağıtım yer seçimi	Tam sayılı modelleme, sez.
Wex <i>et al.</i> 2014	Kurtarma ekiplerinin çizelgelenmesi ve atanması	Tam sayılı doğrusal olmayan programlama
Ikeda and Inoue 2016	Tahliye planı oluş., yol atama	Çok amaçlı genetik algoritma
Goerigk <i>et al.</i> 2014	Acil durum tahliye planı oluşturulması	Genetik algoritma
Oh <i>et al.</i> 2017	Afet. helikopterlerle tahliyesi	Tam sayılı mod., karar verme
Nikoo <i>et al.</i> 2018	Acil müdahale için öncelikli ağ tasarımı	Tam sayılı modelleme, dal-sınır algoritması
Wohlgemuth <i>et al.</i> 2012	Dinamik araç rotalama	Çok katmanlı karma tamsayı modelleme
Akbari and Salman 2017	Yol açma araçlarının çiz.	Karma tam sayılı prog., sez.
Mguis <i>et al.</i> 2012	Araç rotalama	Genetik algoritma
Oruç ve Kara 2018	Drone ve motorsikletle yeni yol atama	Nesnel olmayan mat.prog., sezgisel algoritma

**Çizelge 2.4.** (devam)

Espindola <i>et al.</i> 2018	Tesis yeri seçimi, kaynak at.ı, yardımların dağıtılması	Çok amaçlı optimizasyon
Huang <i>et al.</i> 2015	Kaynak atama ve dağıtımı	Bütünleşik çok amaçlı opt.
Alem <i>et al.</i> 2016	İnsani yardım ağı plan.	Stokastik tam sayılı prog, sezgisel algoritma
Najafi <i>et al.</i> 2013	Yaralılar için lojistik plan.	Çok amaçlı çevik opt.
Hasanzadeh and Bashiri 2015	Afet yönetimi için ağ tas.	Çok amaçlı tam sayılı prog.

### 3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde ilk olarak çalışmaya konu olan afet, afet yönetimi ve afet yönetimine ait kavramların tanımı yapılacaktır. Ardından çalışmada yer alan; çok kriterli karar verme yöntemleri AHP ve MOORA, stokastik yaklaşım, atama problemi ve kapasite kısıtlı araç rotalama problemi anlatılacaktır.

#### 3.1. Afet, Afet Yönetimi ve İlgili Kavramlar

**Afet:** Afet için literatürde birçok tanım yapılmış olmakla beraber en yaygın olarak kabul edilen ve kullanılan tanım Dünya sağlık örgütü (WHO) tarafından yapılmıştır. Buna göre afet; herhangi bir olay neticesinde zarar veren, yıkıma uğratan, ekolojik dzensizliğe sebep veren, insani kayıplar doğuran, insanların acı çektiği, afetten etkilenen bölgede sağlık ve sağlık hizmetlerinin dışardan büyük oranda yardım gerektirecek kadar çöktüğü durumlara denir (Barbarosoglu ve Arda 2004).

Afetleri insan kaynaklı (*man made*) ve doğal afetler olmak üzere iki gruba ayırmak mümkündür. İnsan kaynaklı afetlere örnek olarak terör saldırıları, biyolojik saldırılar, ekonomik saldırılar vb. gösterilebilir. Doğal afetler ise deprem, sel, tsunami ve çevresel felaketler vb. olarak gösterilebilir.

**Afet Yönetimi:** Genel olarak afetler meydana gelmeden önce başlayan, afet anını ve afet sonrasını da içine alan bir süreçtir denilebilir. Süreç üzerinde devletlerin afetlerle ilgili mevcut önlemleri, sivil toplum kuruluşlarının bu alandaki çalışmaları, eğitim öğretim içerisinde afetlerle ilgili gerekli bilgilendirmeler ve uyarılar, bireylerin afetlere karşı almış olduğu bireysel tedbirler gibi çok geniş bir alanda afet yönetiminden bahsetmek mümkündür.

Bu çalışmada afet yönetimi literatürdeki tanımına bağlı kalınarak sunulmuştur. Aynı zamanda uluslararası literatürde afet yönetimi, afet yönetimi operasyonları olarak da

(*Disaster Operations Management-DOM*) anılmaktadır. Literatürde afet yönetiminin dört aşamadan meydana geldiği kabul edilmektedir. Bunlar sırasıyla; hafifletme (*mitigation*), hazır olma (*preparedness*), müdahale (*response*) ve iyileştirme (*recovery*) olarak kabul edilmektedir (Galindo and Batta 2013). Bu aşamaların hangi çalışmalardan oluştuğunu gösteren Çizelge 3.1 aşağıda sunulmuştur.

**Çizelge 3.1.** Afet yönetimi aşamaları ve kapsamaları

<b>Hafifletme</b>	<b>Müdahale</b>
Tehlike seviyesi yüksek alanların imarı	Acil durum operasyon planının aktive edilmesi
Afet etkilerini yönlendirmek için önleyicilerin inşası	Acil durum operasyon merkezinin çalıştırılması
Gelişmekte olan durumları kontrol etmek için aktif önleyici tedbirler	Tehdit altındaki halkın tahliyesi
Yapıların afet direncini arttırmak için yeni inşa yönetmelikleri	Barınakların açılması ve halkın bakımının sağlanması
Vergi teşvikleri veya caydırma amaçlı vergiler	Acil müdahale ve tıbbi bakım
Afetlerden sonra yeniden inşa etme süreçleri	Yangın söndürme
Aşırı tehlikeli durumlar için risk analizi	Bölgesel arama ve kurtarma
Afetlerin mali etkilerini azaltmak için sigorta	Acil müdahale altyapısının korunması ve müdahale servislerinin iyileştirilmesi
<b>Hazır olma</b>	<b>İyileştirme</b>
Acil durumlar için personel ve gönüllü tedariki	Afetten geriye kalan yığınların temizlenmesi
Acil durum planlaması	Afetzedelere maddi yardımlar yapılması
Karşılıklı yardım anlaşmaları ve mutabakat zaptlarının geliştirilmesi	Yol, köprü ve önemli tesislerin yeniden inşası
Hem müdahale personeli hem de ilgili vatandaşlar için eğitim	Afetzedelere sürekli destek verilmesi
Tehdit/tehlike temelli toplum eğitimi	Afetten geriye kalanların temizlenmesi
Araç ve ekipman için bütçeleme ve satın alma	Müdahale servislerinin tüm bakımının yeniden yapılması
Acil durum ekipmanlarının düzenli bakımı	Maddi ve manevi destekler
Acil durum operasyon merkezi yapılması	Geçici konutların tasarımı
İletişim sistemlerinin geliştirilmesi	
Personeli eğitmek ve yeteneklerini test etmek için afet çalışmaları yapmak	



Çizelge 3.1'den de anlaşıldığı üzere hafifletme ve hazır olma evreleri afet olmadan önceki süreçleri, müdahale afet anını ve iyileştirme ise afet sonrası süreçleri kapsamaktadır.

### 3.2. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

AHP ilk olarak 1971 yılında Thomas Saaty tarafından geliştirilen ve 1980 yılından itibaren literatürde sıkça kullanılan bir karar verme tekniğidir (Saaty, 1980). AHP birçok kriterin ikili karşılaştırmalar yapılarak her bir kriterin ağırlık (önem) derecesinin belirlendiği, birçok alternatif arasından en iyi olanı (puanı en yüksek olanı) seçmeye yarayan bir karar verme aracıdır. Aşağıdaki Çizelge 3.2'de Saaty'nin ikili karşılaştırma tablosu bulunmaktadır.

**Çizelge 3.2.** Saaty'nin ikili karşılaştırma tablosu

Değer	Açıklama
1	Eşit derecede önemli
3	Biraz daha fazla önemli
5	Oldukça önemli
7	Çok daha önemli
9	Kesinlikle daha önemli
2,4,6,8	Ara değerler

İkili karşılaştırma sonucu elde edilen değerler A matrisini oluşturursun. Bu matristen elde edilen normalleştirilmiş ikili karşılaştırma matrisi Anorm olarak ifade edilir. Sütunlarda ki her bir değerın sütun toplamına bölünmesiyle elde edilen değerler aşağıdaki denklem yardımıyla hesaplanır;

$$\bar{a}_{jk} = \frac{a_{jk}}{\sum_{l=1}^m a_{lk}} \quad (3.1)$$

m karşılaştırılan kriter sayısını gösterebilir.  $w$  sütun vektörünün m değerine bölünmesiyle ağırlıklar hesaplanır. Elde edilen değerler büyükten küçüğe doğru sıralanarak kriterlerin önem (ağırlık) dereceleri belirlenir;  $w$  sütun vektörü ve denklemi aşağıda gösterilmiştir.

$$w_j = \frac{\sum_{i=1}^m a_{ji}}{m} \quad (3.2)$$

$$w = \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}$$

Bu aşamadan sonra en büyük değere sahip kriter en önemli kriter olarak kabul edilir, sırasıyla da diğer kriterlerin önem dereceleri görülebilir.

### 3.3. MOORA Algoritması

MOORA (*Multi-objective Optimization By Ratio Analysis*) yöntemi; ilk olarak (Brauers and Zavadskas 2006) tarafından bir bütün olarak 2006 yılında bir çalışma ile tanıtılmıştır. Bu metodun diğer metotlara göre üstün tarafları; tüm amaçları dikkate ve değerlendirmeye alması, alternatifler ve amaçlar arası tüm etkileşimleri parça parça değil aynı anda göz önüne alması ve subjektif ağırlıklı normalleştirme yerine subjektif olmayan yönsüz değerler kullanmasıdır.

Literatürde birden fazla MOORA yaklaşımı bulunmaktadır. Bunlar; Oran metodu, Referans noktası yaklaşımı, Önem katsayısı, Tam çarpım formu ve multi-moora olmak üzere beş tanedir. MULTIMOORA metodu hibrit bir metot olarak değerlendirilmekte ve metodoloji olarak ayrıca bir özgünlük taşımamaktadır. Şimdi bu metotlardan en çok kullanılan üç tanesi açıklanacaktır.

### 3.3.1. Oran metodu

$i=1,2,\dots,m$  alternatifin sayısı,  $j=1,2,\dots,n$  kriter (amaç) sayısı olmak üzere, her bir alternatifin karelerinin toplamının karekökü ile kriterler bölünerek normalizasyon işlemi yapılır. Bu işlem,

$$x_{ij}^* = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (3.3)$$

formülüyle gerçekleştirilir.  $x_{ij}^*$  i. alternatifin, j. amaçtaki (kriterdeki) değerinin normalleştirilmiş halidir.  $x_{ij}^* \in [0,1]$  dir. Bazı durumlarda  $x_{ij}^* \in [-1,1]$  olabilmektedir (Önay ve Çetin 2012).

Bu normalizasyon işleminden sonra hazırlanan çizelgede amaçların maksimum veya minimum amaçlar olmasına göre belirlenip toplanırlar ve toplanan maksimum amaçlar değeri toplanan minimum amaçlar değerinden çıkartılır. Yani  $j = 1, 2, \dots, g$  maksimize edilecek amaçlar,  $j = g + 1, g + 2, \dots, n$  minimize edilecek amaçlar olmak üzere;

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n x_{ij}^* \quad (3.4)$$

şeklinde yazılabilir.

$y_i^*$  ; i alternatifinin tüm amaçlara göre normalleştirilmiş değerlendirilmesidir.  $y_i^*$  'lerin sıralanmasıyla işlem tamamlanmış olur.

MOORA (*Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis*) çok kriterli karar verme tekniklerinden birisidir ve göreceli olarak yeni bir metottur.

### 3.3.2. Referans noktası metodu

Oran metoduna ek olarak her amaç için ayrı ayrı ‘Maksimal Amaç Referans Noktaları’ belirlenir. Bu noktalar amaç minimizasyon ise min, maksimizasyon ise max noktalarıdır. Belirlenen bu noktalardan, her  $x_{ij}^*$  için uzaklıklar aşağıdaki gibi bulunur. Burada yer alan  $r_j$  değeri oran metodunda da hesaplanan her bir limit değeri için maksimum değeri ifade etmektedir.

$$r_j - x_{ij}^* \quad (3.5)$$

Bu işlemler yardımıyla yeni bir matris elde edilir. Oluşturulan yeni matris, ‘Tchebycheff, Min-Maks Metrik’ işlemi uygulanır (Brauers and Ginevicius 2010).

$$\min_i \{ \max_j (|r_j - x_{ij}^*|) \} \quad (3.6)$$

### 3.3.3. Önem katsayısı metodu

Bazı durumlarda bir amaç (kriter) bir diğerinden daha çok veya daha az öneme sahip olabilir. Böyle bir durumla karşılaşıldığında, bir amaca daha fazla önem vermek için bir alternatifin normalize edilmiş değeri önem katsayısıyla çarpılır (Brauers *et al.* 2010; Önay ve Çetin 2012 ).

$$y_i^* = \sum_{j=1}^g s_j x_{ij}^* - \sum_{j=g+1}^n s_j x_{ij}^* \quad (3.7)$$

burada;

$j = 1, 2, \dots, g$  maksimize edilecek amaçlar,

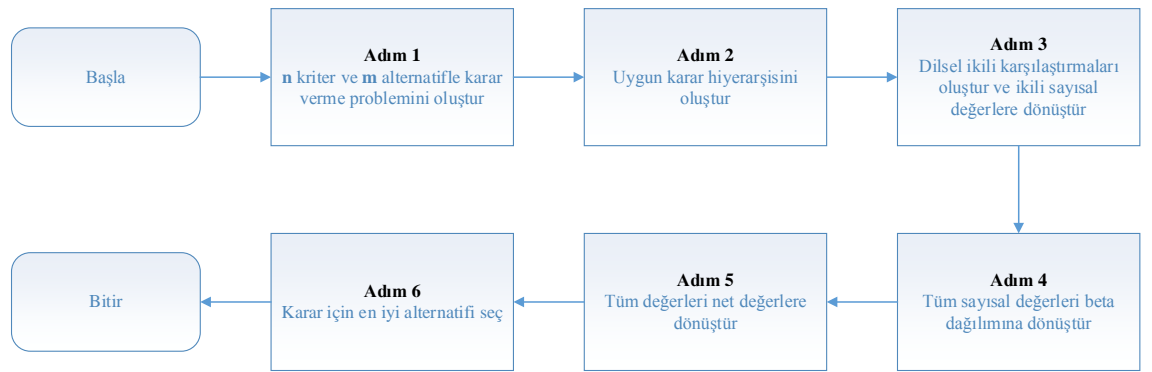
$j = g+1, g+2, \dots, n$  minimize edilecek amaçlar,

$y_i^*$ ;  $i$ . alternatifinin önem katsayısıyla tüm amaçlara göre normleştirilmiş değerlendirmesi,  
 $s_{j,j}$ . amacın önem katsayısıdır.

### 3.4. Stokastik Yaklaşım

Stokastik yaklaşım temelde bulanık yaklaşımla aynı mantık döngüsünde çalışmaktadır. Burada öncelik anketler ya da uzman görüşüyle elde edilen verilerin tutarlılığının artırılmasıdır. Stokastik yaklaşımın en büyük avantajlarından birisi en az veri kaybına neden olması ve bu da tercih edilmesinin önemli nedenlerinden birisidir (Jaloe *et al.* 2014).

Bu çalışmada stokastik AHP ve stokastik MOORA birlikte kullanılmıştır. Her iki teknik için de stokastik dönüşüm benzer şekilde yapılmıştır. İlk olarak veriler düzgün ve üçgensel yapıya ardından beta dağılımına dönüştürülmüştür. Bu aşamadan sonra net değerlerin elde edilmesi ve tahmin yapılması gelmektedir. Aşağıdaki Şekil 3.1’de bu döngü gösterilmiştir.



**Şekil 3.1.** Stokastik dönüşüm algoritması

Kullanıcıdan ya da uzman bilgisine başvuruyla alınan veriler bir matris formunda gösterilir. Ardından bu veriler yapısına göre bir algoritma kullanılarak dönüştürülür. Dönüşüm için kullanılan algoritma aşağıda verilmiştir.

Veri :

$$(i) \alpha_{ij} \square f_{ij}(\alpha_{ij} | \theta_{ij})$$

$$\text{Sonuç : } \tilde{\alpha}_{ij} \square B(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}, LL_{ij}, UL_{ij})$$

tüm  $\alpha_{ij} \square f_{ij}(\alpha_{ij} | \theta_{ij})$  için yap

eğer  $\alpha_{ij}$  net değer ise

başta dön  $\tilde{\alpha}_{ij} = \alpha_{ij}$ ; kabul et

değilse eğer  $\alpha_{ij} \square U(LL_{ij}, UL_{ij})$  ise

başta dön  $\tilde{\alpha}_{ij} \square B(\hat{\alpha}_{ij} = 1, \hat{\beta}_{ij} = 1, LL_{ij}, UL_{ij})$ ; kabul et

değilse eğer  $\alpha_{ij} \square T(LL_{ij}, ML_{ij}, UL_{ij})$  ise

$$\bar{\alpha}_{ij} = (LL_{ij}, ML_{ij}, UL_{ij}) / 3;$$

$$S_{ij}^2 = (LL_{ij}^2 + ML_{ij}^2 + UL_{ij}^2 - LL_{ij} ML_{ij} - LL_{ij} UL_{ij} - ML_{ij} UL_{ij}) / 18;$$

$\hat{\alpha}_{ij}$  ve  $\hat{\beta}_{ij}$  değerlerini denklemler kullanarak hesapla;

başta dön  $\tilde{\alpha}_{ij} \square B(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}, LL_{ij}, UL_{ij})$  kabul et

Algoritmada yer alan ifadeler ve açıklamaları şu şekilde özetlenebilir;  $\alpha_{ij}$ : net değerleri ifade etmektedir.  $\hat{\alpha}_{ij}$  ve  $\hat{\beta}_{ij}$ : Beta dağılımdaki kat sayıları ifade etmektedir.  $\bar{\alpha}_{ij}$  dağılımın ortalamasını,  $S_{ij}^2$  ise varyansını göstermektedir.  $LL_{ij}, ML_{ij}, UL_{ij}$  değerleri sırasıyla üçgensel bir dağılımdaki alt limit, orta limit ve üst limit değerlerini, T üçgensel dağılımı ve U ise düzgün dağılımı göstermektedir.

Algoritma; eğer değer net değerse olduğu gibi alınması gerektiğini, eğer ikili bir değerse düzgün dağılıma uyduğu kabul edilerek (1,1) değerleri eklenerek kabul edilmesi gerektiğini ve son olarak eğer değer üç değerden oluşuyorsa üçgensel dağılıma uyduğu kabul edilerek denklemler yardımıyla dönüştürülmesi gerektiğini anlatmaktadır.

Algoritmanın ilk adımında eğer değer net ise olduğu gibi alınması gerektiği görünmektedir.

$$\alpha_{ij} \text{ net değerse } \tilde{\alpha}_{ij} = \alpha_{ij} \text{ olarak al.}$$

(3.8)

İkinci adımda eğer ikili değerler varsa alfa ( $\alpha$ ) ve beta ( $\beta$ ) değerleri 1 olarak kabul edildiği görünmektedir.

$$\text{eğer } \alpha_{ij} \in U(LL_{ij}, UL_{ij}) \text{ ise } \tilde{\alpha}_{ij} \in B(\tilde{\alpha}_{ij} = 1, \tilde{\beta}_{ij} = 1, LL_{ij}, UL_{ij}) \text{ olarak al} \quad (3.9)$$

Üçüncü adımda eğer değerler üçgensel bir formda ise bu durumda önce bu değerlerin ortalaması  $\bar{\alpha}_{ij}$  ve varyansı  $S_{ij}^2$  hesaplanır. Bu değerlerin hesaplanması aşağıdaki formüllerde gösterilmiştir.

$$\bar{\alpha}_{ij} = (LL_{ij} + ML_{ij} + UL_{ij}) / 3 \quad (3.10)$$

$$S_{ij}^2 = (LL_{ij}^2 + ML_{ij}^2 + UL_{ij}^2 - LL_{ij}ML_{ij} - LL_{ij}UL_{ij} - ML_{ij}UL_{ij}) / 18 \quad (3.11)$$

Bu değerler hesaplandıktan sonra  $\hat{\alpha}_{ij}$  ve  $\hat{\beta}_{ij}$  değerleri sırasıyla hesaplanır. Bu değerlerin hesaplanması aşağıda gösterilmiştir.

$$\hat{\alpha}_{ij} = \left( \frac{\bar{\alpha}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left( \frac{\left( \frac{\alpha_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left( 1 - \left( \frac{\alpha_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \right)}{\frac{S_{ij}^2}{(UL - LL)^2}} - 1 \right) \quad (3.12)$$

$$\hat{\beta}_{ij} = \left( 1 - \frac{\bar{\alpha}_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left( \frac{\left( \frac{\alpha_{ij} - LL}{UL - LL} \right) \left( 1 - \frac{\alpha_{ij} - LL}{UL - LL} \right)}{\frac{S_{ij}^2}{(UL - LL)^2}} - 1 \right) \quad (3.13)$$

Tüm değerler beta dağılımına dönüştürüldükten sonra bu değerlerin önce ortanca değerleri ardından da net değerlerin hesaplanması gerekir. Hesaplama için gerekli

işlemler denklem 3.14 ve 3.15'te verilmiştir. Bu aşamadan sonra çalışmanın ilk kısmında AHP ikinci kısımda MOORA yöntemi kullanılmıştır.

$$m(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}) \approx \left( \frac{\hat{\alpha}_{ij} - 1/3}{\hat{\alpha}_{ij} + \hat{\beta}_{ij} - 2/3} \right) \quad (3.14)$$

Ortanca değer hesaplandıktan sonra aşağıdaki denklem yardımıyla her bir üçgensel dağılıma ait net değerler hesaplanır.

$$\alpha_{ij} = LL_{ij} + m(\hat{\alpha}_{ij}, \hat{\beta}_{ij}) * (UL_{ij} - LL_{ij}) \quad (3.15)$$

### 3.5. Atama Problemi

Bir atama problemi genel olarak belli sayıdaki alternatifin yine belli sayıdaki aktiviteye çeşitli sınırlamalar ve öncelikler gözetilerek atanması işlemidir. Bu durumun tersi de geçerlidir yani belli sayıdaki aktivite yine belli sayıdaki alternatife atanabilir.

Problemin literatürdeki genel anlatımı ve gösterimi şu şekildedir;

\*n sayıdaki kişiye n sayıda iş atanacaktır.

\*i. işi j. kişiye atamanın maliyeti  $C_{ij}$  biliniyor kabul edilsin.

\*Her kişiye bir iş, her işe bir kişi atanması gerekiyor.

Karar değişkeni: 
$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & i. \text{ iş } j. \text{ kişiye atandıysa} \\ 0, & \text{diğer durum} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu:

$$enk \ z. \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n C_{ij} * X_{ij} \quad (3.16)$$



Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (3.17)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3.18)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (3.19)$$

### 3.6. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi

Araç rotalama probleminin özelleşmiş bir hali olan KKARP NP-zor problem sınıfındadır. Araç rotalama problemin amaçları aşağıdaki gibi özetlenebilir.

- \*Toplam rota maliyetini en küçüklemek.
- \*Araçların maliyetlerini (sabit veya değişken ) en küçüklemek.
- \*Talebi karşılanamayan müşteriler varsa bu müşterilerden gelecek olan toplam ceza maliyetlerini en küçüklemek.
- \*Toplam tur zamanını en küçüklemek.
- \*Araç sayısını en küçüklemek.
- \*Tur sürelerini en küçüklemek.

$G = \{V, A\}$ : bir serim olsun

$V = \{0, \dots, n\}$ :düğümler

A: Ayrıt kümesi

Parametreler:

$C_{ij}$ : i şehrinden j şehrine gitme maliyeti

$D_{ij}$ : i şehri ile j şehri arasındaki mesafe

$u_i, u_j$ : Yardımcı değişkenler

$N$ : Olası tüm müşterilerin sayısı

Karar değişkeni:  $x_{ij} : \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ şehrinde } j \text{ şehrine gidiliyorsa} \\ 0, & \text{diğer durum} \end{cases}$

Amaç fonksiyonu:

$$\text{enk } z = \sum_{i \neq j} d_{ij} x_{ij} \quad (3.20)$$

Kısıtlar:

$$\sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall_i \in V \quad (3.21)$$

$$\sum_i x_{ij} = 1 \quad \forall_j \in V \quad (3.22)$$

$$u_i - u_j + N \sum_{k=1}^K x_{ijk} \leq N - 1, \quad i \neq j = 1, \dots, N \quad (3.23)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \forall i, j \quad ; i \neq j \quad (3.24)$$

Amaç fonksiyonu (3.20) toplam mesafeyi en küçükleme amaçtır, kısıt (3.21)'e göre her şehirden mutlaka başka bir şehre gidilmez, kısıt (3.22)'ye göre her şehre mutlaka başka şehirden gelmelidir ve aynı zamanda bu iki kısıt akış kısıtları olarak da adlandırılır. Kısıt (3.23) ise alt tur engelleme kısıtıdır. KKARP nin genel formu bu şekilde gösterilebilir.

#### **4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA**

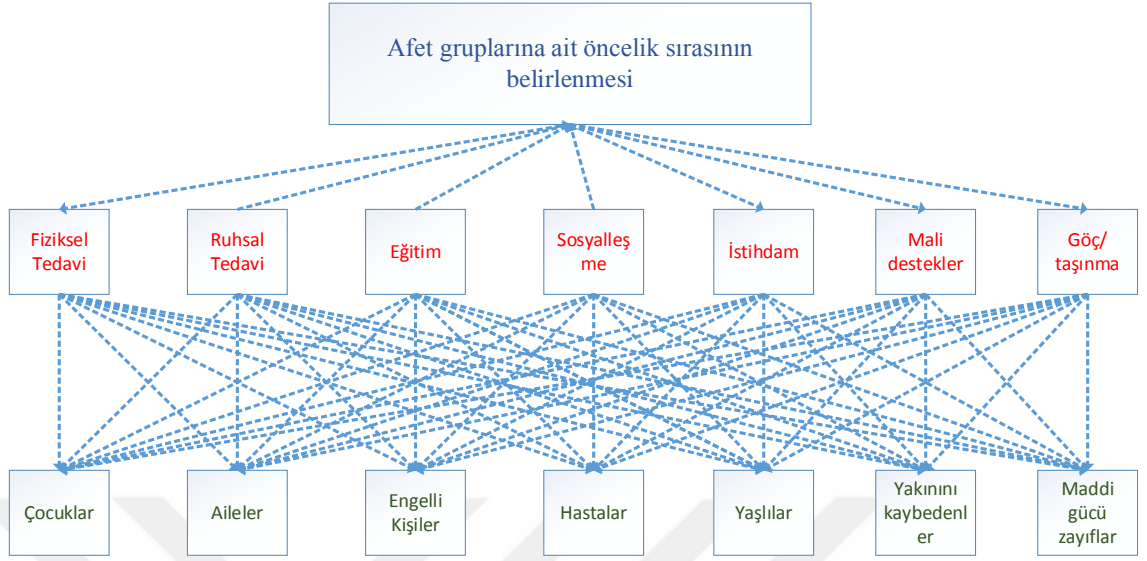
Bu çalışmanın birinci kısmında afetzedelerin gündelik hayatlarına dönebilmesi için kendi içlerinde gruplara ayrılması ve bu gruplara ait bir önem/öncelik sırası oluşturulması amaçlanmıştır. İkinci kısımda evi yıkılan ya da oturulamaz hale gelen afetzedelere çeşitli öncelikler dikkate alınarak konut ataması yapılmış olup bu atama bir karar destek sistemiyle desteklenmiştir. Üçüncü ve son kısımda afetzedelerin afetten hemen sonra ülkedeki çeşitli şehirlere kamu koordinasyonu ile taşınmasını amaçlayan bir kapasite kısıtlı araç rotalama problemi geliştirilmiş ve çözülmüştür.

##### **4.1. Afetzedelere Ait Önceliklerin Belirlenmesi Problemi**

Afetler en çok meydana geldikten sonraki birkaç haftalık süreçte konuşulmaktadır ve genellikle devletler ve otoriteler afet öncesi ve afet anına ait planlama yapmaktadırlar. Afet sonrası normal hayata dönülmesi yönünde yapılan çalışmalar sayıca çok yetersizdir (Altay and Green 2005). Bu çalışma afet meydana geldikten sonra afetten etkilenen kesimlerin (çocuk, ebeveyn, engelli, yaşlı, hasta, kaybı olan ve maddi gücü zayıf olanlar) gündelik yaşamlarına dönebilmesi için bu gruplara ait önem/öncelik sırası belirlemeyi amaçlamaktadır. Çalışma bağlamında literatürde ilk defa stokastik AHP ve stokastik MOORA yöntemleri birlikte kullanılmıştır. Çalışmaya konu olan gruplar ve bu grupların önem/öncelik sıraları belirlenirken sivil savunma alanında faaliyet gösteren, afet yönetim merkezlerinde çalışan uzman personelin görüşlerine başvurulmuştur.

##### **4.1.1. Stokastik AHP**

Çalışmada afet gruplarının öncelenmesine ait karar hiyerarşisi aşağıdaki Şekil 4.1'de verilmiştir.



**Şekil 4.1.** Karar verme probleminin hiyerarşik yapısı

Çalışmanın ilk adımı verilerin elde edilmesidir. Afet gruplarına ait veriler AFAD (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı) bünyesinde çalışan sivil savunma uzmanı ve sosyolog kişilerle yüz yüze yapılan görüşmeler sonucunda soru-cevap yöntemiyle elde edilmiştir. Uzmanlardan sorulara ait cevaplar istenirken Saaty'nin (1977) ikili karşılaştırma ölçeğini kullanmaları istenmiştir. Aşağıdaki Çizelge 4.1'de Saaty'nin ikili karşılaştırma skalası, Çizelge 4.2'de ise afetzedelerin gündelik hayatlarına dönebilmesi için önemli görülen tedavi ve yaklaşım şekillerine ait değerlendirme matrisi ve afet gruplarının kriterlere göre değerlendirilmesine ait matris sunulmuştur.

**Çizelge 4.1.** Saaty'nin ikili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	Her iki elementte eşit derecede önemlidir
3	Orta derecede önemli	İlk element diğerine göre biraz daha önemlidir
5	Önemli	İlk element diğerine göre önemlidir
7	Çok önemli	İlk element diğerine göre çok önemlidir
9	Daha çok önemli	İlk element diğerine göre daha çok önemlidir
2, 4, 6 ve 8 numaralı değerler ara değerleri temsil etmektedir.		

**Çizelge 4.2.** Değerlendirmeler matrisi

Kriterlerin kendi içlerinde değerlendirilmesi							
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma
Fiziksel Tedavi	*	1	5	7	5,6	7	7,8,9
Ruhsal Tedavi		*	9	7,8	9	9	8,9
Eğitim			*	4,5,6	5	6,7	7
Sosyalleşme				*	4,5,6	4,5,6	5
İstihdam					*	7	5,6
Maddi Destekler						*	7,8
Göç/Taşınma							*
Afet gruplarının kriterlere göre değerlendirilmesi							
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma
Çocuklar	8,9	9	9	9	4,5,6	6,7	1
Aileler	7	7,8	7	6,7,8	9	8,9	3
Engelli	7	9	5,6,7	7,8	5	4,5	1
Hasta	7,8,9	9	2,3	3	1	5,6	1
Yaşlılar	7	7,8	1	6,7	1	4	1
Bir yakını kaybedenler	7,8	9	4,5	7	5,6	8,9	5,6,7
Maddi gücü zayıflar	7,8	8,9	9	5,6,7	9	8,9	1,2

Çizelge 4.2 oluşturulurken uzmanlara sorular sorulmuş ve bu sorulara verilecek cevapların Saaty'nin ikili ölçeğine uygun olması istenmiştir. Burada cevaplar 'eşit derecede önemli, daha çok önemli' gibi dilsel değişken denilen ifade türlerinden oluşmaktadır. Bu dilsel ifadelerin nümerik değerlere aktarılması yine aynı ölçek kullanılarak yapılmış ve Çizelge 4.2'de sunulmuştur. Üç uzman ve bir sosyologdan alınan cevaplar birleştirilerek tek bir tablo haline getirilmiştir. Çizelgedeki bazı değerlerin tek bir sayıdan, bazılarının iki sayıdan bazılarının ise üç sayıdan oluşmasının nedeni değerlendirme yapan kişilerin ara değerler kullanması ve ilgili değerlendirme için farklı görüş bildirmelerinden kaynaklanmaktadır. Bu değerlendirmelerin ortalaması alınarak yukarıdaki Çizelge 4.2 elde edilmiştir.

Bu aşamadan sonra bu değerlerin önce dağılımlarının belirlenmesi ardından tümünün beta dağılımına dönüştürülmesi ve nihai olarak net değerler bulunarak önce AHP yardımıyla kriterlerin ağırlıklandırılması ardından da MOORA yöntemiyle AHP'den elde edilen ağırlıklar da kullanılarak afetten etkilenen gruplara ait önem sırası belirlenecektir.

Çizelge 4.3'te veriler ilk olarak düzgün ve üçgensel olarak ayrılmıştır. Çizelgeden de anlaşılacağı üzere uzmanlar tarafından yapılan ikili değerlendirmeler ((8,9)→U(8,9)) olarak, üçlü değerlendirmeler ise ((4,5,6)→T(4,5,6)) olarak dönüştürülmüştür.

Bölüm 3.4'te verilen algoritmaya göre net değerler olduğu gibi aktarılır, düzgün dağılıma sahip değerlerin  $\alpha$  ve  $\beta$  katsıları sırasıyla 1 ve 1 olarak alırlar. Kısa bir örnekle açıklamak gerekirse;

U(8,9)→B(1,1,8,9) olarak beta dağılımına dönüştürülür.

Üçgensel değerler ise yine ilgili algoritma yardımıyla beta dağılımına dönüştürülürler, açıklayıcı olması bakımından bir örnek aşağıda sunulmuştur.

Örnek:

T(4,5,6)

Öncelikle  $\bar{\alpha}_{ij}$  ve  $\bar{S}_{ij}^2$  değerlerinin hesaplanması gerekmektedir.

$$\bar{\alpha}_{ij} = (4 + 5 + 6) / 3 = 5$$

$$\bar{S}_{ij}^2 = (4^2 + 5^2 + 6^2 - 4 * 5 - 4 * 6 - 5 * 6) / 18 = 1 / 6$$

$$\hat{\alpha}_{ij} = \left( \frac{5-4}{6-4} \right) \left( \frac{\left( \frac{5-4}{6-4} \right) \left( 1 - \frac{5-4}{6-4} \right)}{\frac{1/6}{(6-4)^2}} - 1 \right) = \frac{5}{2}$$

$$\hat{\beta}_{ij} = \left( 1 - \frac{5-4}{6-4} \right) \left( \frac{\left( \frac{5-4}{6-4} \right) \left( 1 - \frac{5-4}{6-4} \right)}{\frac{1/6}{(6-4)^2}} - 1 \right) = \frac{5}{2}$$

Bu işlemler yapıldıktan sonra üçgensel değerler T(4,5,6)→B(2.5,2.5,4,6) olarak dönüştürülür.

**Çizelge 4.3.** Net değerlerin elde edilmesi süreci

Değerlerin düzgün ve üçgensel dağılıma dönüştürülmesi							
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma
Fiziksel Tedavi	1	1	5	7	U(5,6)	7	T(7,8,9)
Ruhsal Tedavi	1	1	9	U(7,8)	9	9	U(8,9)
Eğitim	1/5	1/9	1	T(4,5,6)	5	U(6,7)	7
Sosyalleşme	1/7	U(1/8,1/7)	T(1/6,1/5,1/4)	1	T(4,5,6)	T(4,5,6)	5
İstihdam	U(1/6,1/5)	1/9	1/5	T(1/6,1/5,1/4)	1	7	U(5,6)
Maddi Destekler	1/7	1/9	U(1/7,1/6)	T(1/6,1/5,1/4)	1/7	1	U(7,8)
Göç/ Taşınma	T(1/9,1/8,1/7)	U(1/9,1/8)	1/7	1/5	U(1/6,1/5)	U(1/8,1/7)	1
Değerlerin beta dağılımına dönüştürülmesi							
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma
Fiziksel Tedavi	1	1	5	7	B(1,1,5,6)	7	B(2.5,2.5,7,9)
Ruhsal Tedavi	1	1	9	B(1,1,7,8)	9	9	B(1,1,8,9)
Eğitim	1/5	1/9	1	B(2.5,2.5,4,6)	5	B(1,1,6,7)	7
Sosyalleşme	1/7	B(1,1,1/8,1/7)	B(2.3,2.63,1/6,1/4)	1	B(2.5,2.5,4,6)	B(2.5,2.5,4,6)	5

Çizelge 4.3. (devam)

İstihdam	B(1,1,1/6, 1/5)	1/9	1/5	B(2.3,2.63, 1/6,1/4)	1	7	B(1,1,5,6)
Maddi Destekler	1/7	1/9	B(1,1,1/7,1/6)	B(2.3,2.63, 1/6,1/4)	1/7	1	B(1,1,7,8)
Göç/ Taşınma	B(2.38,2.5 9,1/9,1/7)	B(1,1,1/9, 1/8)	1/7	1/5	B(1,1,1/6, 1/5)	B(1,1,1/8, 1/7)	1
Beta değerlerinin net değerlere dönüştürülmesi							
	<b>Fiziksel Tedavi</b>	<b>Ruhsal Tedavi</b>	<b>Eğitim</b>	<b>Sosyalleşme</b>	<b>İstihdam</b>	<b>Maddi Destekler</b>	<b>Göç/taşınma</b>
<b>Fiziksel Tedavi</b>	1	1	5	7	5.5	7	8
<b>Ruhsal Tedavi</b>	1	1	9	7.5	9	9	8.5
<b>Eğitim</b>	0.2	0.111	1	5	5	6.5	7
<b>Sosyalleşme</b>	0.143	0.134	0.205	1	5	5	5
<b>İstihdam</b>	0.183	0.111	0,2	0.205	1	7	5.5
<b>Maddi Destekler</b>	0.143	0.111	0.155	0.205	0.143	1	7.5
<b>Göç/ Taşınma</b>	0.126	0.118	0.143	0.2	0.183	0.134	1

Çizelge 4.3'de son kısımda verilen net değerlerin elde edilme süreci bir örnek üzerinden aşağıda açıklanmıştır.

Örnek:

B(2.5,2.5,4,6)

$$m(2.5, 2.5) \approx \left( \frac{2.5 - 1/3}{2.5 + 2.5 - 2/3} \right) = \frac{1}{2}$$

$$\alpha_{ij} = 4 + \frac{1}{2} * (6 - 4) = 5$$



Bu işlemler sonunda B(2.5,2.5,4,6) olarak ele alınan değer 5 olarak net değere dönüşmüştür. Benzer şekilde beta dağılımına uyan tüm değerler dönüştürülür ve çizelge 4.3'te verilen son kısım elde edilir. Net değerler elde edildikten sonra AHP yöntemiyle kriterlerin ağırlıkları sıralanmıştır. AHP yönteminin ayrıntıları bölüm üçte verilmiştir. Aşağıdaki Çizelge 4.4'te sonuçlar gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Kriterlerin AHP ile sıralanması

	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	$\Sigma M$	$\Sigma M / 7$
<b>M1</b>	0.358	0.387	0.318	0.332	0.213	0.196	0.188	1.992	0.285
<b>M2</b>	0.358	0.387	0.573	0.355	0.348	0.253	0.200	2.474	0.353
<b>M3</b>	0.072	0.043	0.064	0.237	0.194	0.182	0.165	0.956	0.137
<b>M4</b>	0.051	0.052	0.013	0.047	0.194	0.140	0.118	0.615	0.088
<b>M5</b>	0.065	0.043	0.013	0.010	0.039	0.196	0.129	0.495	0.071
<b>M6</b>	0.051	0.043	0.010	0.010	0.006	0.028	0.176	0.324	0.046
<b>M7</b>	0.045	0.046	0.009	0.009	0.007	0.004	0.024	0.144	0.021

Bu sonuçlara göre en önemli kriter 0,353 puanla Ruhsal tedavi, ardından sırasıyla fiziksel tedavi, eğitim, sosyalleşme, istihdam, maddi destekler ve göç/taşınma olmaktadır.

#### 4.1.2. Stokastik MOORA

AHP yardımıyla kriterler kendi aralarında değerlendirilip sıralandıktan sonra AHP'den elde edilen ağırlıklar da kullanılarak MOORA yöntemiyle afetzedeki gruplarına ait sıralama yapılacaktır. Stokastik süreç bir önceki bölümde anlatıldığı gibi yapılmaktadır ve bu kısımda ara işlemler gösterilmeyecektir.

**Çizelge 4.5.** Net değerlerin elde edilme süreci

Değerlerin düzgün ve üçgensel dağılıma dönüştürülmesi							
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma
<b>Çocuklar</b>	U(8,9)	9	9	9	T(4,5,6)	U(6,7)	1
<b>Aileler</b>	7	U(7,8)	7	T(6,7,8)	9	U(8,9)	3
<b>Engelli</b>	7	9	T(5,6,7)	U(7,8)	5	U(4,5)	1
<b>Hasta</b>	T (7,8,9)	9	U(2,3)	3	1	U(5,6)	1
<b>Yaşlılar</b>	7	U(7,8)	1	U(6,7)	1	4	1
<b>Kayıbı olan</b>	U(7,8)	9	U(4,5)	7	U(5,6)	U(8,9)	T(5,6,7)
<b>Maddi gücü zayıflar</b>	U(7,8)	U(8,9)	9	T(5,6,7)	9	U(8,9)	U(1,2)
Değerlerin beta dağılımına dönüştürülmesi							
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma
<b>Çocuklar</b>	B (1,1,8,9)	9	9	9	B(2.5,2.5,4, 6)	B(1,1,6,7)	1
<b>Aileler</b>	7	B(1,1,7,8)	7	B(2.5,2.5,6,8 )	9	B(1,1,8,9)	3
<b>Engelli</b>	7	9	B(2.5,2.5,5 ,7)	B(1,1,7,8)	5	B(1,1,4,5)	1
<b>Hasta</b>	B (2.5,2.5, 7,9)	9	B(1,1,2,3)	3	1	B(1,1,5,6)	1
<b>Yaşlılar</b>	7	B(1,1,7,8)	1	B(1,1,6,7)	1	4	1
<b>Kayıbı olan</b>	B (1,1,7,8)	9	B(1,1,4,5)	7	B(1,1,5,6)	B(1,1,8,9)	B (2.5,2.5,5,7)
<b>Maddi gücü zayıflar</b>	B (1,1,7,8)	B(1,1,8,9)	9	B (2.5,2.5,5,7)	9	B(1,1,8,9)	B (1,1,1,2)
Beta değerlerinin net değerlere dönüştürülmesi							
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma
<b>Çocuklar</b>	8.5	9	9	9	5	6.5	1
<b>Aileler</b>	7	7.5	7	7	9	8.5	3
<b>Engelli</b>	7	9	6	7.5	5	4.5	1
<b>Hasta</b>	8	9	2.5	3	1	5.5	1
<b>Yaşlılar</b>	7	7.5	1	6.5	1	4	1
<b>Kayıbı olan</b>	7.5	9	4.5	7	5.5	8.5	6
<b>Maddi gücü zayıflar</b>	7.5	8.5	9	6	9	8.5	1.5

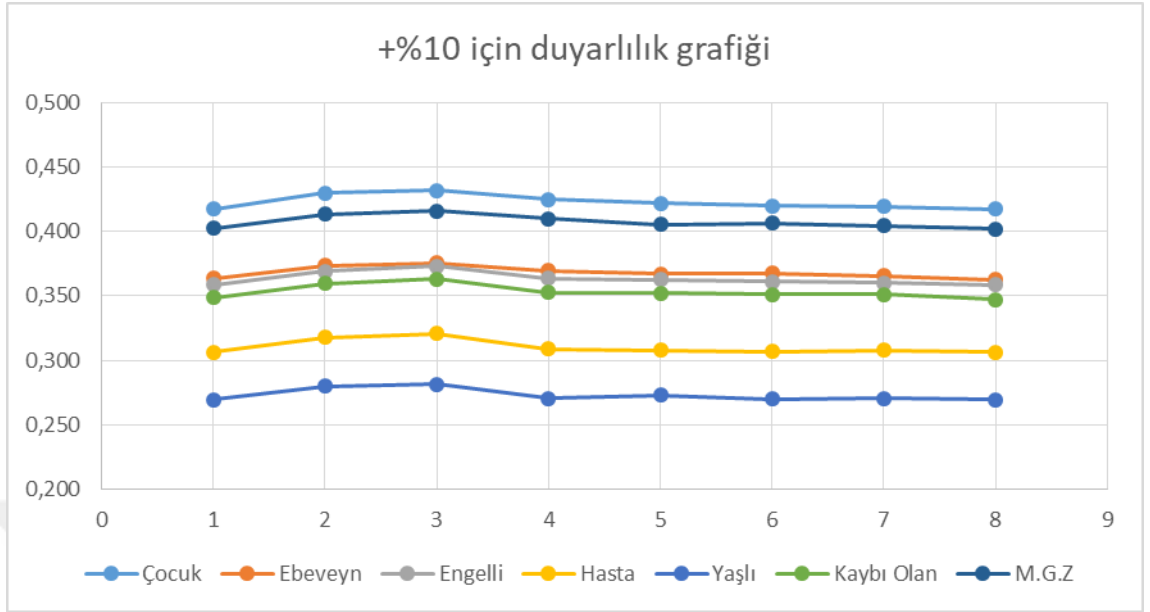
Çizelge 4.5 incelendiğinde bir önceki çalışmaya benzer şekilde verilerin önce düzgün ve üçgensel dağılıma ardından ara işlemler yardımıyla beta dağılımına ve son olarak net değerlere dönüştürüldüğü görülmektedir. Çizelge 4.6’da ise MOORA yöntemiyle elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. Bu değerlere göre afet gruplarına ait önem/öncelik sırası; çocuklar, maddi gücü zayıflar, aileler, engelliler, kaybı olanlar, hastalar ve yaşlılar olmaktadır.

**Çizelge 4.6.** MOORA yöntemiyle hesaplanan sonuçlar

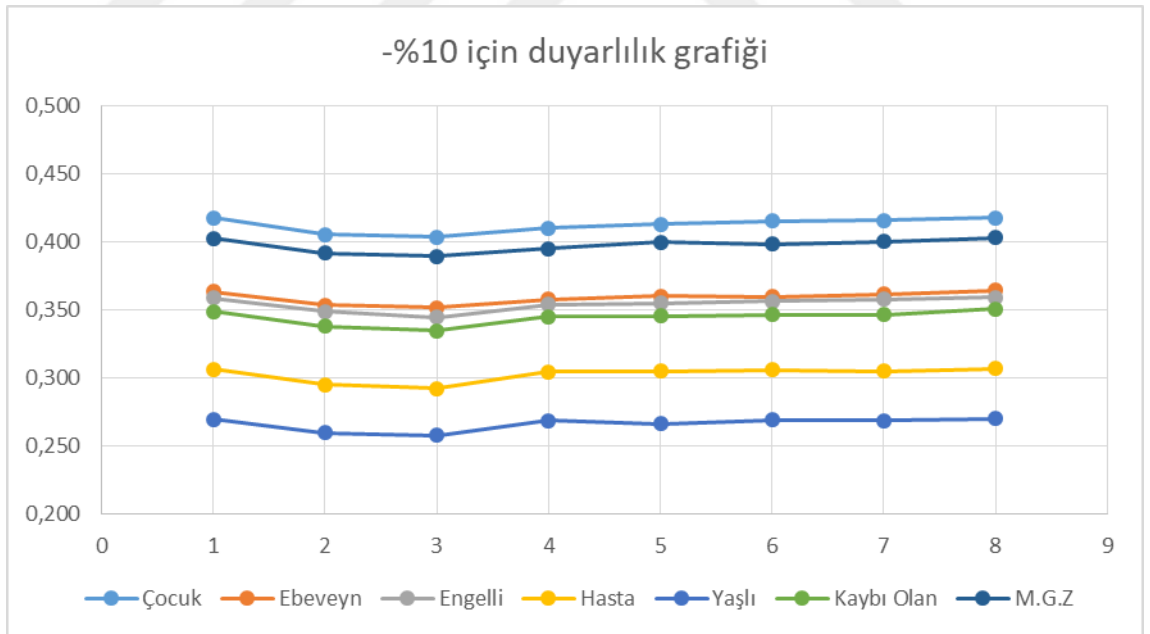
	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MAX	MIN		
	Fiziksel Tedavi	Ruhsal Tedavi	Eğitim	Sosyalleşme	İstihdam	Maddi Destekler	Göç/taşınma	$y_i$	Sıralama
Çocuklar	0,122	0,141	0,074	0,044	0,023	0,017	0,003	0,417	(1)
Aileler	0,100	0,117	0,058	0,034	0,041	0,022	0,009	0,364	(3)
Engelli	0,100	0,141	0,051	0,037	0,023	0,011	0,003	0,359	(4)
Hasta	0,115	0,141	0,021	0,015	0,005	0,014	0,003	0,306	(6)
Yaşlılar	0,100	0,117	0,008	0,032	0,005	0,010	0,003	0,270	(7)
Kayıbı olan	0,107	0,141	0,037	0,034	0,025	0,022	0,018	0,349	(5)
Maddi gücü zayıflar	0,107	0,133	0,074	0,029	0,041	0,022	0,004	0,402	(2)

#### 4.1.3. Duyarlılık analizi

Duyarlılık analizi yapılan karar verme işleminin hassasiyetini ölçmede kullanılmaktadır. Kriterlerin ağırlıkları çeşitli oranlarda değiştirilerek sonuçlardaki değişimin gözlemlenmesine dayanmaktadır. Bu çalışmada kriter ağırlıkları sırasıyla önce %10 oranında artırılarak ve ardından %10 oranında azaltılarak sonuçlar tekrar gözlemlenmiştir. Aşağıdaki Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de duyarlılık analizi sonuçları gösterilmektedir.



**Şekil 4.2.** %10 oranında artırılmış duyarlılık analizine ait sonuçlar



**Şekil 4.3.** %10 oranında azaltılmış duyarlılık analizine ait sonuçlar

Şekil 4.2 ve Şekil 4.3 incelendiğinde kriter ağırlıklarının artırılması ve azaltılması nihai sonuçlar üzerinde anlamlı bir değişikliğe sebep olmamıştır. Şekillerdeki dikey sütunlar kriter ağırlıklarını göstermektedir. Bu ağırlık değerleri 0,2 ila 0,5 arasında değiştiğinden

bu değerler seçilmiştir. şekillerdeki yatay eksenler her bir kriteri temsil etmektedir. Örneğin 1 numaralı ifade  $w_0$  durumunu yani orijinal ağırlıkları göstermektedir. 2 numaralı ifade  $w_1$  durumunu yani birinci kriterin ağırlığının %10 oranında artırıldığı durumda oluşan yeni sıralamayı ifade etmektedir. Tüm diğer eksen ifadeleri bu şekilde okunabilir.

#### 4.2. Afetzedelere Konut Atanması Problemi

Bu alışma doğal afetler sonucunda evi yok olan ya da oturulamaz hale gelen afetzedelere çeşitli kriterler dikkate alınarak bir karar destek sistemi (KDS) yardımıyla yeni konut atanması problemidir. Problemin ıkış noktası 2011 yılında Van'da meydana gelen iki büyük deprem neticesinde on binlerce evin yıkılması ve evi yıkılan insanlara devlet tarafından yapılan konutlardır.

Devlet tarafından yapılan konutların toplam sayısı 17.489 adettir. Bu konutların tümü tek tip (3+1) ve aynı büyüklükte (99,5 m<sup>2</sup> brüt) yapılmıştır. Konutlar afetten etkilenen ve konut talebi olan ailelere kura yoluyla dağıtılmıştır. Konutlar afetzedelere maliyeti karşılığında ve 18 yıl vadeli olarak dağıtılmıştır. Vade süresi boyunca herhangi bir faiz talep edilmemiştir.



**şekil 4.4.** Van'da yaptırılan afet konutlarının genel görünümü

Türk tipi aile yapısı, Van'ın da yer aldığı Güneydoğu Anadolu bölgesinin demografik yapısı ve devlet tarafından tanımlanan farklı aile tipleri (tek kişilik aile, çekirdek aile, geniş aile ve çekirdek aile bulunmayan aile) göz önüne alındığında yapılan konutların kullanılabilirlik bakımından zayıf olduğu gözlenmektedir. Tek kişilik aile için de geniş aile için de aynı büyüklükte daire yapılması buradaki aile yapısına uygun olmamaktadır. Türkiye genelinde aile büyüklüğü 2006 yılında 3,5 iken Van'da bu sayı 5,3 tür.

Bu çalışmada; toplam inşaat alanı aşılmamak kaydıyla yani toplam maliyet sabit tutularak aile tiplerine uygun dört farklı tipte konut yapılması ve ailelerin çeşitli öncelikler gözetilerek bu konutlara bir karar destek sistemi yardımıyla atanması amaçlanmıştır.

Çalışma üç kısımda ele alınmıştır. Birinci kısımda afet dolayısıyla evi yıkılan ya da oturulamaz hale gelen aileler için, onların afetten hangi düzeyde etkilendiklerini ölçebilecek bazı sorular sorulması önerilmiştir. Bu sorular afet alanında çalışan yetkin kişilerin önerisiyle hazırlanmıştır ve ahp yardımıyla kriter ağırlıkları belirlenmiştir. Buradan elde edilen ağırlıklar matematiksel modellemede kısıtların katsayılarını oluşturmuştur. Çalışmanın ikinci kısmında matematiksel modelleme yardımıyla model oluşturulmuş ve çözülmüştür. Son kısımda ise bu işlemlerin kullanıcı arayüzüyle kolayca yapılabilmesi için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir.

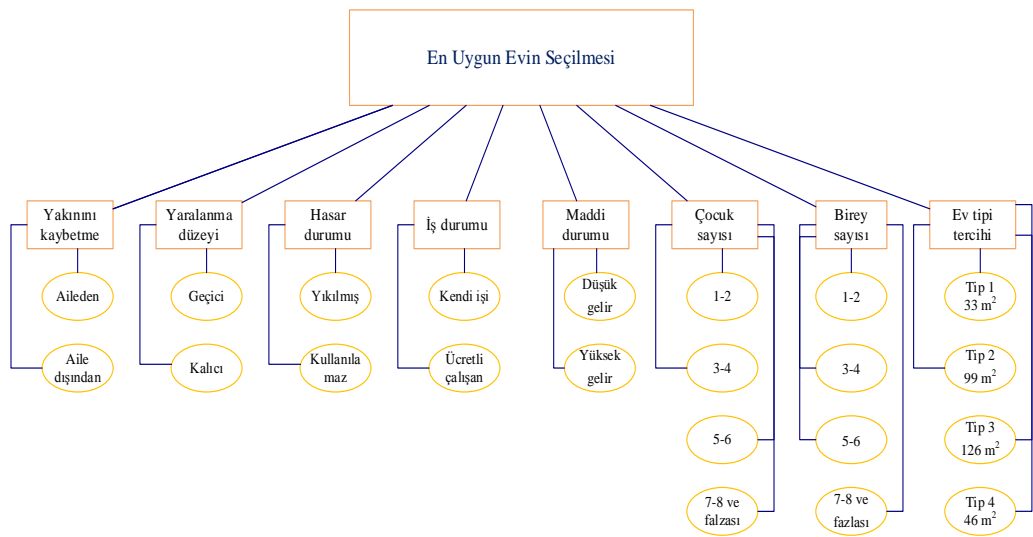
#### **4.2.1. Problemin yapısı ve kriter ağırlıkları**

Afet sonrası evi yıkılan ya da kullanılamaz hale gelen kişilere, onların afetten ne düzeyde etkilendiğini ölçebilmek amacıyla Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) çalışması yapılmıştır. Kriterler ve kriterlerin ikili kıyaslanması AFAD bünyesinde çalışan uzman sosyolog ve psikolog yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Kriter ağırlıklandırması AHP yöntemiyle yapılmıştır ve Çizelge 4.7 de sunulmuştur.

**Çizelge 4.7.** Kriter ağırlıkları

	Kriter Ağırlıkları							
	Birini kaybetme	Yaralanma düzeyi	Hasar durumu	İş durumu	Maddi durumu	Çocuk sayısı	Birey sayısı	Ev tipi tercihi
	0,42	0,136	0,094	0,065	0,068	0,115	0,059	0,042
Alt kriter 1	0,3	0,038	0,071	0,049	0,017	0,008	0,009	0,003
Alt kriter 2	0,12	0,098	0,023	0,016	0,051	0,022	0,013	0,013
Alt kriter 3						0,036	0,017	0,021
Alt kriter 4						0,049	0,02	0,005

Bu çalışma 50 aile için kurgulanmıştır. 50 ailenin tümünden aşağıdaki soruların cevapları alınmıştır. Sadece 'ev tipi tercihi' için bir tercih sırası oluşturmaları istenmiştir. Ailelerden bilgiler alınırken aşağıda şekilde sunulan diyagramdan yararlanılmıştır.

**Şekil 4.5.** Aileler için karar hiyerarşisi

Yukarıdaki şekilde ailelere sorulan sorular gösterilmiştir. Ailelerden bu sorulara 1 ve 0 rakamlarıyla cevap vermesi istenmiştir. Örneğin bir ailede birisi geçici olarak yaralanmışsa 1 cevabını işaretleyecektir ve bu durumda kalıcı durum 0 olacaktır. Tüm seçenekler için benzer şekilde cevaplama istenmiştir. Sadece ev tipi tercihi için tercih edilen ilk ev tipine 4’den başlamak koşuluyla tercih sırasına göre 3,2 ve 1 değerleri atanması istenmiştir. Örneğin aile afetten yaralanmadan kurtulmuşsa her iki durumda 0 olarak işaretlenmelidir. Bir aile için soruların cevaplarını ve ev tercihinin gösteren Çizelge 4.8’de verilmiştir.

**Çizelge 4.8.** Aile tercih matrisi

Aile 1 için tercih matrisi								
	Birini kaybetme	Yaralanma durumu	Hasar durumu	İş durumu	Maddi durum	Çocuk sayısı	Birey sayısı	Ev tipi tercihi
Alt Kriter(1)	1	0	0	1	1	0	0	4
Alt Kriter(2)	0	1	1	0	0	1	0	2
Alt Kriter(3)						0	1	1
Alt Kriter(4)						0	0	3

#### 4.2.2. Matematiksel model

Matematiksel model bir atama probleminin özelleşmiş halidir. Bu bölümde sırasıyla matematiksel modele ilişkin notasyonlar, karar değişkenleri, amaç fonksiyonu ve kısıtlar yer alacaktır.

Notasyonlar:

I: Atanacak toplam aile sayısı

C<sub>j</sub>: Ev tipi (j=1,...,4)



$P_{ij}$ : i. ailenin j. eve atanması durumunda elde edilen toplam fayda değeri

$P_{ijm}$ : i. ailenin j. eve atanması durumunda m kriterinden elde edilen fayda değeri

m: toplam kriter sayısı  $m= 1, \dots, 8$

$$a_{ijkl} : \begin{cases} 1, & i. aile j. evde k kriterinin l alt kriterine uyuyorsa \\ 0, & diğ er durum \end{cases}$$

Karar Değişkeni:

$$x_{ij} : \begin{cases} 1, & i. aile j. eve atandıysa \\ 0, & diğ er durum \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu:

$$enb z = \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J P_{ij} * X_{ij} \quad (4.1)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = 1 \quad " \quad i \quad (4.2)$$

$$\sum_{j=1}^J X_{ij} = C_i \quad " \quad i \quad (4.3)$$

$$P_{ij} = \sum_{m=1}^8 P_{ijm} \quad \forall_{i,j} \quad (4.4)$$

$$P_{ij1} = a_{ijk1} * w_{11} + a_{ijk1} * w_{12} \quad (4.5)$$

$$P_{ij2} = a_{ijk2} * w_{21} + a_{ijk2} * w_{22} \quad (4.6)$$

$$P_{ij3} = a_{ijk3} * w_{31} + a_{ijk3} * w_{32} \quad (4.7)$$

$$P_{ij4} = a_{ijk4} * w_{41} + a_{ijk4} * w_{42} \quad (4.8)$$

$$P_{ij5} = a_{ijk5} * w_{51} + a_{ijk5} * w_{52} \quad (4.9)$$

$$P_{ij6} = a_{ijk6} * w_{61} + a_{ijk6} * w_{62} + a_{ijk6} * w_{63} + a_{ijk6} * w_{64} \quad (4.10)$$

$$P_{ij7} = a_{ijk7} * w_{71} + a_{ijk7} * w_{72} + a_{ijk7} * w_{73} + a_{ijk7} * w_{74} \quad (4.11)$$

$$P_{ij8} = a_{ijk8} * w_{81} + a_{ijk8} * w_{82} + a_{ijk8} * w_{83} + a_{ijk8} * w_{84} \quad (4.12)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad (4.13)$$

Yukarıdaki matematiksel modelde  $w$  ile gösterilen değerler kriterlerin ağırlıklarını göstermektedir. Örneğin  $w_{11}$  ile gösterilen değer, birinci kriterin birinci alt kriterini,  $w_{12}$  ise birinci kriterin ikinci alt kriterini göstermektedir. Çizelge 4.7’de bu ağırlıkların nümerik değerleri görülebilir. İlk 5 kriter 2 alt kriterden son 3 kriter ise 4 alt kriterden oluşmaktadır. Modelde 4.1 numaralı amaç fonksiyonu atama sonucu elde edilecek faydanın en büyüklenmesini sağlamaktadır. 4.2 numaralı kısıt her bir aileye bir ev atanmasını, 4.3 numaralı kısıt her bir ev tipinden atanması gereken sayısı göstermektedir. 4.4 numaralı kısıt toplamda 8 adet fayda kısıtı olduğunu göstermektedir. 4.5’den 4.12’ye kadar olan kısıtlar her bir kriterden elde edilen fayda değerlerini göstermektedir. 4.13 numaralı kısıt ise  $X$  değişkeninin 0-1 değerlerini alabileceğini göstermektedir.

#### **4.2.2.a. Test problemi**

Test problemi 50 aile için uygulanmış olup model aşağıda verilmiştir.

$i = 50$  atanacak toplam aile sayısı

$C = 50$  atanacak toplam ev sayısı

$C_i = (17, 11, 14, 8)$ , (her bir ev tipi için sırasıyla kapasiteler, rastgele belirlenmiştir)

Amaç fonksiyonu;

$$enbz = \sum_{i=1}^{50} \sum_{j=1}^{50} P_{ij} * X_{ij}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j=1}^{50} X_{ij} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, 50$$

$$\sum_{j=1}^4 X_{ij} = c_i \quad i = 1, 2, \dots, 50 \quad \forall_i, \forall_j$$

$$P_{ij} = \sum_{m=1}^8 P_{ijm} \quad \forall_{i,j}$$

$$P_{ij1} = a_{ijk1} * 0,3 + a_{ijk1} * 0,12$$

$$P_{ij2} = a_{ijk2} * 0,038 + a_{ijk2} * 0,098$$

$$P_{ij3} = a_{ijk3} * 0,071 + a_{ijk3} * 0,023$$

$$P_{ij4} = a_{ijk4} * 0,049 + a_{ijk4} * 0,016$$

$$P_{ij5} = a_{ijk5} * 0,017 + a_{ijk5} * 0,051$$

$$P_{ij6} = a_{ijk6} * 0,008 + a_{ijk6} * 0,022 + a_{ijk6} * 0,036 + a_{ijk6} * 0,049$$

$$P_{ij7} = a_{ijk7} * 0,009 + a_{ijk7} * 0,013 + a_{ijk7} * 0,017 + a_{ijk7} * 0,02$$

$$P_{ij8} = a_{ijk8} * 0,003 + a_{ijk8} * 0,013 + a_{ijk8} * 0,021 + a_{ijk8} * 0,005$$

$$X_{ij} \in \{0,1\}$$

### 4.2.3. Karar destek sistemi (KDS)

Bir karar destek sistemi (KDS), özel veya kurumsal karar verme faaliyetlerini destekleyen, genellikle sıralama veya alternatifler arasından seçim yapmaya dayanan bilgisayara dayalı bir bilgi sistemidir. KDS'ler bir organizasyonun (genellikle orta ve üst düzey yönetim) yönetim, operasyon ve planlama seviyelerine hizmet eder ve insanlara hızla değişen ve önceden kolayca belirlenemeyen sorunlar hakkında kararlar vermelerine yardımcı olur. Bu aşamada karar destek sistemi de kullanılarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.9'da verilmiştir. KDS (Karar Destek Sistemi)'ne ait ara yüzler çalışmanın sonunda Ek 1'de sunulmuştur.

**Çizelge 4.9.** Atama modeli sonuçları

Tip 1 daire	Tip 2 daire	Tip 3 daire	Tip 4 daire
Aile1	Aile11	Aile4	Aile13
Aile2	Aile14	Aile5	Aile22
Aile3	Aile15	Aile7	Aile26
Aile6	Aile18	Aile10	Aile37
Aile8	Aile21	Aile16	Aile40
Aile9	Aile23	Aile17	Aile43
Aile12	Aile25	Aile19	Aile45
Aile24	Aile28	Aile20	Aile49
Aile30	Aile33	Aile27	
Aile31	Aile38	Aile29	
Aile32	Aile41	Aile36	
Aile34	Aile42		
Aile35	Aile44		
Aile39	Aile46		
Aile47			
Aile48			
Aile50			
Amaç fonksiyonu değeri			22817

### 4.3. Afetzedelerin Taşınması Problemi

Bu çalışma olası bir Erzurum depreminde, depremden etkilenen vatandaşların geçici olarak başka şehirlere dağıtılması probleminden oluşmaktadır. Çalışmanın çıkış

noktasını, 2011 yılında Van'da meydana gelen iki büyük deprem neticesinde, afetzedelerin valilik koordinasyonu ile Türkiye'nin çeşitlik illerine araçlarla götürülmesinden oluşturmaktadır.

2011 yılındaki Van depreminde, depremin ardından, evi yıkılan ya da oturulamaz hale gelen afetzedelerden 17.700 kişi kamu misafirhanelerinde ve 6626 kişi ise evlerde kalmak üzere valilik koordinasyonu ile, 10.008 kişi kamu misafirhanelerinde ve 126.659 kişi ise evlerde kendi imkânlarıyla konaklamıştır. Türkiye'nin Van dışındaki 80 iline de afetzedeler gitmiştir/götürülmüştür.

2011 yılı Ekim ayında meydana gelen bu deprem neticesinde çeşitli illere taşınan/giden vatandaşların büyük bir kısmı 2012 Haziran ayında kaldıkları kamu tesislerinden ayrılmıştır. Afetzedelerin ne tür araçlarla, ne kadar sürede, kaç araçla ve kaç farklı araçla taşındığı gibi detay bilgileri AFAD tarafından hazırlanan kapsamlı raporda yer almamıştır.

Bu çalışmada ise olası bir Erzurum depreminde kamu koordinasyonu ile taşınacak 10.000 kişi olduğu varsayılmıştır. Yani araçların çıkış noktası Erzurum'dur. Taşıma esnasında kullanılacak araç sayısının 100 ve her bir araç kapasitesinin 50 olduğu kabul edilmektedir. Çalışmada kullanılacak olan iller arası mesafeler matrisi karayolları genel müdürlüğünden alınmıştır. Yine çalışmada kullanılacak bir diğer veri grubu olan kamu misafirhane kapasitelerine, BİMER (Başbakanlık İletişim Merkezi), CİMER (Cumhurbaşkanlığı İletişim Merkezi) ve ilgili kurumlarla yapılan yazışmalar neticesinde tam olarak ulaşılamamasından dolayı, her ilin nüfusuyla orantılı sayıda misafirhane olduğu kabul edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; herhangi bir maliyet gözetmeksizin afetzedelerin kamu koordinasyonu ile Erzurum dışındaki şehirlere en kısa sürede gönderilmesini sağlamaktır. Bu amaçla tam sayılı matematiksel model oluşturulmuş ve gams adlı programda çalıştırılmıştır.

### 4.3.1. Tam sayılı matematiksel modelleme

Notasyonlar:

- $i, j$ : şehirler indisi

- $k$ : araç indisi

- $l$ : sefer sayısı

- $C$ : araç kapasitesi

- $D$ : şehirlerin talebi

- $t_{ij}$ :  $i$  ve  $j$  şehirleri arasındaki mesafe

$N$ : müşteri (olası tüm şehirlerin) sayısı

Karar değişkenleri:

$$X_{ijkl} : \begin{cases} 1, i \text{ şehrinde } j \text{ şehrine } l \text{ seferinde } k \text{ aracıyla gidiliyorsa} \\ 0, \text{diğer durum} \end{cases}$$

$S_{kli}$  :  $k$  aracının  $l$  seferinde  $i$  şehrinin talebinin karşılanma miktarı ya da oranı

$U_{ikl}, U_{jkl}$ : yardımcı değişkenler

Amaç fonksiyonu:

$$enkz = \sum_i \sum_j \sum_k \sum_l t_{ij} * x_{ijkl} \quad (4.14)$$

Kısıtlar:

$$\sum_j S_{kij} \leq C_k \quad \forall_{k,l} \quad (4.15)$$

$$\sum_k \sum_l S_{klj} = D_j \quad \forall_j \quad (4.16)$$

$$S_{kli} \leq \left( \sum_i X_{ijkl} \right) * C_k \quad \forall_{k,l,j} \quad (4.17)$$

$$\sum_{i \neq m} X_{imkl} - \sum_{j \neq m} X_{mjkl} = 0 \quad \forall_{k,l,m} \quad (4.18)$$

$$U_{ikl} - U_{jkl} + N * X_{ijkl} \leq N - 1 \quad \forall_{i,j,k,l} / \{1, i \neq j\} \quad (4.19)$$

$$X_{ijkl} \in \{0,1\} \quad (4.20)$$

$$S_{kli} \in N^+, \quad U_{ij} \text{ serbest} \quad (4.21)$$

Modelde 4.14 numaralı amaç fonksiyonunda şehirlerarası kat edilen mesafenin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. 4.15, 4.16 ve 4.17 numaralı kısıtlar kapasite kısıtlarıdır. 4.15 numaralı birinci kısıtta bir şehre bütün araçlarla tüm seferlerde gelen miktarın, aracın kapasitesinden fazla olamayacağı ifade edilmektedir. 4.16 numaralı ikinci kısıtta her bir j şehrine, bütün k araçları ve l seferleriyle gelen toplam kişi sayısı şehrin talebini aşmaması sağlanmaktadır. 4.17 numaralı üçüncü kısıt ise iki karar değişkeni arasındaki bağlantıyı sağlayan kısıttır, x değişkeni 1 değeri aldığı anda S tarafından karşılanan oran araç kapasitesini aşamaz, x değişkeni 0 değerini aldığı anda S de otomatik olarak sıfır olur ve herhangi bir karşılanma olmaz.

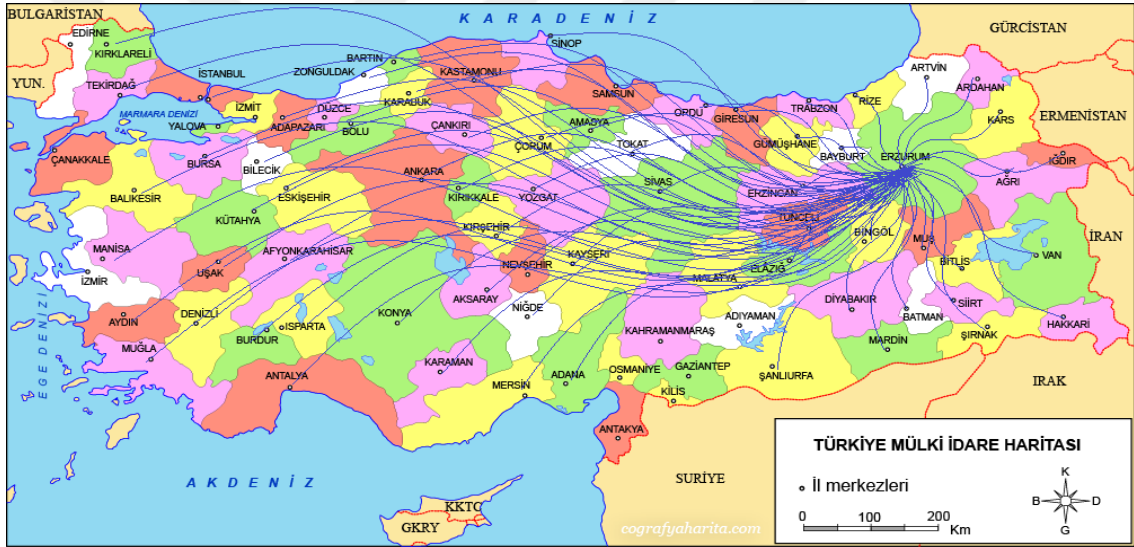
4.18 numaralı kısıt akış kısıtıdır. Herhangi bir i şehirden m şehrine giden aracın, m şehirden de başka bir j şehrine gitmesini sağlayan kısıttır. 4.19 numaralı kısıt, 4.18 numaralı kısıtla birlikte alt tur oluşmasını da engelleyen kısıtlardır. 4.20 numaralı kısıt x karar değişkenininin 0-1 ikili bir değişken olduğunu göstermektedir. Yedi numaralı kısıt ise S değişkeninin yalnızca pozitif değerler alabileceğini göstermektedir.



#### 4.3.1.a. KKARP uygulama çalışması

Bu çalışma olası bir Erzurum depremi senaryosunu kapsamaktadır. Deprem neticesinde başka şehirlere geçici süreyle taşınması gereken 10 bin kişinin en kısa sürede, 50 kişi kapasiteli 100 araçla taşınması amaçlanarak bir matematiksel model oluşturulmuş ve modelin çözümü GAMS’de yapılmıştır.

Matematiksel model 8 GB Ram, 64 bit işlemci ve 3.40 GHZ hıza sahip bilgisayarlarda çalıştırılmıştır.



Şekil 4.6. KKARP uygulama çalışması genel görünüm

Şekil 4.6’da depo/çıkış noktası Erzurum olan temsili bir gösterim bulunmaktadır. Çizelge 4.10’da ise 9 şehir için çeşitli araç ve sefer sayıları denenerek elde edilen sonuçlar verilmiştir.

**Çizelge 4.10.** KKARP sonuçlar

<b>Şehir Sayısı</b>	<b>Araç Sayısı</b>	<b>Sefer Sayısı</b>	<b>Süre (sn)</b>	<b>Gap</b>	<b>Amaç Fonk. Değeri</b>	<b>Kapasite/Araç</b>
9	3	7	18000	0.078554	7812	897/18
9	3	7	25000	0.072425	7812	897/18
9	3	7	32400	0.072480	7812	897/18
9	5	4	25000	0	7812	897/18
9	5	5	25000	0	7812	897/18
9	10	2	25000	0	7812	897/18

Modelde 9 ila 81 arasındaki şehir sayısı, 2 ila 50 arasında değişen araç sayısı, 2 ila 30 arasında değişen sefer sayısı ve 5 ila 100 saat arasında değişen sürelerde koşum yapılmıştır. Matematiksel modelin en fazla 9 şehire kadar optimal çözüm verdiği görülmüştür. Şehir sayısı, araç sayısı ve sefer sayısı arttıkça modelin optimal çözümden uzaklaştığı ve gap değerinin büyüdüğü gözlenmektedir. Gap optimal çözümden ne kadar uzaklaştığını gösteren bir değerdir. Modele ait yapılan tüm koşumlar çalışmanın sonunda çizelge olarak Ek-2’de verilmiştir.

## 5. SONUÇ

Afet yönetimi 4 temel evreden oluşmaktadır. Bu evreler toplumun ve bireylerin afetle ilgili olarak bilgilendirilmesi sürecinden başlayarak, afet anında ki acil durum eylem planlarının oluşturulması dâhil, afet sonrası yapılacak tüm olası çalışmaları kapsayan bir bütünün parçalarıdır. Devlet organlarının ve sivil toplum kuruluşlarının toplumu bilgilendirme, eğitme ve tüm olası afetlere karşı önlem alabilmesi için bilinçli hale getirmesi hafifletme evresinin temelini oluşturmaktadır. Yine bu evrede özellikle deprem kuşağı üzerinde bulunan ülkeler için imar alanlarının doğru seçimi, imar planlarının depreme dayanıklı olma koşuluyla yeniden şekillendirilmesi, kentsel dönüşüm çalışmalarının hızlandırılması, afet anında toplanma alanlarının belirlenmesi gibi çalışmalar yer almaktadır.

Hazır olma evresi afet olmadan hemen önce yapılması gereken tüm eylemleri içine alan bir süreci kapsamaktadır. Olası bir afet anında acil durum merkezinin aktif hale getirilmesi, ilgili personelin ivedilikle toplanması, arama kurtarma ekiplerinin yön ve eylem tayini, ilk müdahale edilecek yerlerin tespiti, araç ve personel planlaması gibi çalışma konuları bu evrede gerçekleşmektedir.

Müdahale evresi ise afet olduktan hemen sonra başlayan ve afetzedelerin tümüne ulaşıldığı ve ilk şokun atlatıldığı ana kadarki süreçleri kapsamaktadır. Arama kurtarma ve sağlık personelinin planlanması, ambulans, helikopter, iş makinesi gibi hayati öneme sahip vasıtaların dinamik bir yaklaşımla çizelgelenmesi, çeşitli kaynaklardan gelen ve doğruluğu teyit edilemeyen bilginin en hızlı şekilde doğrulanması ve bu doğrultuda yönlendirmeler yapılması. Ayrıca afetzedelerin geçici barınma alanlarına taşınması, tıbbi ilk yardımın yapılması, temel gıda ve ısınma gibi zaruri ihtiyaçların giderilmesi gibi konular bu evrenin çalışma konularındandır.

Son olarak bu çalışmaya da konu olan iyileştirme evresi ise afete yönelik ilk müdahale gerçekleşikten sonra başlayıp afetle ilgili uzun vadeli yapılabilecek tüm çalışmaları

kapsamaktadır. Bu çalışmalar geçici afet konutlarının (konteynir kent, çadır kent, kamu misafirhaneleri, özel konaklama yerleri,..vb) temini, iyileştirilmesi, sürdürülebilir biçimde dizaynı, kalıcı konutların yapılması ya da bu konuda devlet desteklerinin açıklanması, ısınma ve gıda temini, eğitimde devamlılığının sağlanması, yaralıların tedavi edilmesi, psikolojik olarak etkilenmiş kimselerin gündelik yaşamlarına dönebilmeleri için çözümler geliştirilmesi, sosyal ve ekonomik destekler,..vb olduğu söylenebilir.

Van'da 2011 yılı Ekim ayında meydana gelen iki büyük deprem bu çalışmanın ana temasını oluşturmaktadır. Van depreminden sonra mevsim şartları sebebiyle de birçok insan Türkiye'nin 81 iline kamu koordinasyonu ile taşınmıştır. Bu insanların büyük bir bölümü 2 yıl içinde geri dönüş yapmıştır. Yine bu depremde deprem olduktan sonra kısa bir süre içinde kalıcı konutlar için yer tespiti yapılmış ve inşaa süreci başlamıştır. Yapılan konutlar hak sahibi olarak kaydedilen kişilere kura yoluyla dağıtılmıştır. Konutlar maliyeti üzerinden kar almaksızın çok uygun taksitlerle hak sahiplerine uzun vadeli ve faizsiz olarak dağıtılmıştır.

Bu çalışmada olası bir Erzurum depremi olması durumunda çeşitli senaryolar altında afet sonrası iyileştirme evresi için çalışmalar yapılmıştır. Bunun yanı sıra daha genel bir bakışla afetten etkilenen kimselerin gündelik hayatlarına dönüşlerinde afetten etkilenme durumlarına göre bu kimselere ait bir önem/öncelik sıralaması oluşturulması amaçlanmıştır. Bu gibi çalışmalar genellikle psikolojik ve sosyolojik alanlardaki bilim insanları tarafından yapılmaktadır. Burada mühendislik bakış açısıyla ve çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak bu durum ele alınmıştır.

Literatürde afet yönetimi evreleri içinde sayıca ve oransal olarak en az çalışılan evre iyileştirme evresidir. Yapılan araştırmada afetten etkilenen insanların kamu koordinasyonu ile taşınmasına benzer bir uygulama olmadığı görülmüştür. Literatürde bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar genellikle afet anında insanların çeşitli araçlarla tahliye edilmesi ya da acil tıbbi müdahale için ambulans ve helikopter çizelgelenmesi konularını kapsamaktadır. Konut çalışmaları ise genellikle yer seçimi ve çevreye duyarlı

konutlar yapılması noktasında gerçekleşmiştir. Van örneği bu anlamda bir ilki temsil etmektedir çünkü burada yapılan konutlar geçici tip afet konutları olarak değil uzun vadede insanların yaşayabileceği yeni tip sosyal konutlar olarak inşa edilmiştir. Afet sonrası konut yapımı çalışmalarının literatürde neredeyse hiç yer almamasının bir nedeni ise dünyada henüz kabul görmüş ortak bir uygulama olmamasıdır. Sosyal devlet olgusunun çok değişken olması bunun kabul edilmiş bir standart olmamasında etkilidir.

Bu çalışmanın ilk konusu olan afetzedelere ait önem/öncelik sıralaması belirlenmesi problemi bir karar verme problemi olarak ele alınmıştır. Afetzedeler çocuklar, aileler, yaşlılar, engelliler, hastalar, bir yakınını kaybedenler ve maddi gücü zayıf olanlar olarak belirlenmiştir. Yine bu gruplara ait kriterler fiziksel tedavi, ruhsal tedavi, eğitim, sosyalleşme, istihdam, maddi destekler ve göç/taşınma olarak belirlenmiştir. Çalışmada gruplar ve kriterler AFAD bünyesindeki uzman sosyologlardan görüş alınarak oluşturulmuştur. Elde edilen verilerin daha anlamlı sonuçlar vermesi için stokastik olarak ele alınmıştır. Moment metot yöntemiyle veriler beta dağılımına dönüştürülmüştür. Öncelikle belirlenen kriterler için ağırlıklar AHP yardımıyla hesaplanmış olup ardından bu ağırlıklar da kullanılarak MOORA yöntemiyle literatürde ilk defa afetzede gruplarına ait önem/öncelik sırası oluşturulmuştur.

ÇKKV yöntemleri literatürde tek başına kullanılabildiği gibi hibrit ve stokastik olarak da ele alınmaktadır. Fakat stokastik olarak ele alınan çok fazla çalışma olmadığı yapılan araştırma sonucu gözlemlenmiştir. Çalışma bu yönüyle literatüre katkı sunmayı amaçlamaktadır. Çalışma sonuçları incelendiğinde ruhsal tedavi ve fiziksel tedavi kriterler arasında ağırlık olarak en fazla öneme sahip kriterler olarak bulunmuştur. Afet gruplarında ise çocuklar ve maddi gücü zayıf aileler en önemli gruplar olarak belirlenmiştir. Çalışmanın sonunda ağırlıklar %10 oranında iki yönlü değiştirilerek sonuçlar yeniden hesaplanmış olup duyarlılık analizi yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci kısmında afetzedelerin çeşitli kriterler gözetilerek devlet tarafından yapılan konutlara atanması problemi ele alınmıştır. TOKİ tarafından yapılan konutlar 99 m<sup>2</sup> büyüklükte ve 3+1 tipinde standart olarak inşa edilmiştir. Bu problemde ailedeki

birey sayısı ve ailenin ağırlığı dikkate alınarak konut ataması yapılması ve konutların 4 farklı büyüklükte inşa edilmesi önerilmiştir. Afetzedelere ait önceliklerin belirlenebilmesi için bir karar problemi oluşturulmuştur. Afette bir yakını kaybetme, yaralanma düzeyi, evin hasar durumu, iş durumu, maddi durum, çocuk sayısı, ailedeki toplam birey sayısı ve ev tipi tercihi alternatif alt kriterlerle birlikte afetzedelere sorulmuştur. Afette bir yakını kaybetme ve yaralanma olmasının en önemli kriterler olduğu AHP yardımıyla belirlenmiştir.

Ardından 50 aile için atama modeli kurulmuş ve ailelerin her birinden 4 farklı ev tipi için tercihte bulunmaları istenmiştir. Yapılan bu tercihleri ve kriter ağırlıkları da dikkate alınarak atama gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar tüm ailelerin ağırlık derecesine göre büyükten küçüğe olacak şekilde bir sırayla evlere atandığını göstermektedir. Bu işlemlerin yapılabilmesi için bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Atama problemi literatürde sıkça çalışılan bir problem tipidir. Ancak literatürde daha önce yapılan konut çalışmaları genellikle geçici konutların yapılması, bu konutların geri dönüştürülebilir olması ve çevreye duyarlı olması gibi konular çalışılmıştır. Kalıcı konutların yapılması ve ailelerin bu konutlara bir karar destek sistemiyle atanması problemi literatürde ilk kez çalışılmıştır.

Üçüncü ve son bölümde ele alınan problem afetzedelerin afet olduktan sonra çeşitli illere taşınması problemidir. Araç sayısı, araç kapasitesi ve şehirlerin misafirhane sayıları problemin parametreleridir. Problem kapasite kısıtlı araç rotalama problemi olarak ele alınmış olup, her bir aracın 50 kişi kapasiteli olduğu, her bir şehrin belli sayıda misafirhane kapasitesi olduğu ve araçların tüm yolcuları dağıttıktan sonra alt tur yapmadan başladıkları noktaya dönmesi kısıtları altında ele alınmıştır. Sonuçlar incelendiğinde küçük boyutlu problemler için uygun çözümlere ulaşıldığı ancak problem boyutu arttıkça optimal çözümden uzaklaşıldığı görülmektedir. Sonuçlar test edilmiş olup modelin uygunluğu doğrulanmıştır. Bu problem ilk kez Erzurum özelinde uygulanmıştır, bu haliyle bilinen bir yöntemin yeni bir probleme uygulandığı söylenebilir.

Gelecek dönem çalışmaları kapsamında ikinci bölümde yapılan ve 50 aile için konut ataması yapılmasına olanak sağlayan problem ve model daha fazla sayıdaki aile için genişletilebilir. Probleme akrabalık düzeyi, eğitim birimlerine ve sağlık kuruluşlarına olan yakınlık gibi kısıtlar eklenerek problem genişletilebilir. Geliştirilen KDS yeni ara yüzlerle desteklenerek daha işlevsel bir hale getirilebilir.

Yine üçüncü bölümde geliştirilen KKARP 10 şehire kadar optimum çözüm verdiği görülmektedir. Problem 10 şehirden sonra optimal çözümden uzaklaşmaktadır. Bu durumda çeşitli sezgisel ve meta sezgisel yöntemler kullanılarak uygun çözüm aranabilir. Probleme çeşitli kısıtlar eklenerek problem yeniden ele alınabilir.

**KAYNAKLAR**

- Abe, M., Ochiai, C., and Okazaki, K., 2018. Is post-disaster housing reconstruction with participatory method effective to increasing people's awareness for disaster prevention? *Procedia Engineering*, 212, 411-418.
- Ahmadi, M., Seifi, A., and Tootooni, B., 2015. A humanitarian logistics model for disaster relief operation considering network failure and standard relief time: A case study on San Francisco district. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 75, 145-163.
- Akbari, V., and Salman, S. F., 2017. Multi-vehicle synchronized arc routing problem to restore post-disaster network connectivity. *European Journal of Operational Research*, 257, 625-640.
- Akkaya, G., Turanağlu, B., and Öztaş, S., 2015. An integrated fuzzy AHP and fuzzy MOORA approach to the problem of industrial engineering sector choosing. *Expert Systems With Applications*, 42, 9565-9573.
- Alem, D., Clark, A., and Moreno, A., 2016. Stochastic network models for logistics planning in disaster relief. *European Journal of Operational Research*, 225, 187-206.
- Altay, N., and Green, G. W., 2006. OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 175, 475-493.
- Anwar, E. O., Rayes, E. L., and Elnashai, A., 2008. Multi-Objective Optimization of Temporary Housing for the 1994 Northridge Earthquake. *Journal of Earthquake Engineering*, 12, 81-91.
- Anwar, E. O., Rayes, E. L., and Elnashai, A., 2009. An automated system for optimizing post-disaster temporary housing allocation. *Automation in Construction*, 18, 983-993.
- Arabsheybani, A., Paydar, M. M., and Safaei, S. A., 2018. An integrated fuzzy MOORA method and FMEA technique for sustainable supplier selection considering quantity discounts and supplier's risk. *Journal of Cleaner Production*, 190, 577-591.
- Atmaca, N., 2016. Life-cycle assessment of post-disaster temporary housing. *Building Research & Information*, 45, 524-538.
- Azimi, N. Z., Renaud, J., Ruiz, A., and Salari, M., 2012. A covering tour approach to the location of satellite distribution centers to supply humanitarian aid. *European Journal of Operational Research*, 222, 596-605.
- Brauers W. K. M., and Zavadskas E. K., 2006. The MOORA method and its application to privatization in a transition economies. *Control and Cybernetics*, 35, 445-469.
- Brauers, W. K M., and Zavadskas, E.K., 2010. Project management by multimoora as an instrument for transition economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16, 5-24.
- Brauers, W. K M., and Zavadskas, E.K., 2012. Robustness of MULTIMOORA: A method for multi-objective optimization. *Informatica*, 23, 1-25.
- Cakir, O., and Canbolat, M.S., 2008. A web-based decision support system for multi-criteria inventory classification using fuzzy AHP methodology. *Expert Systems with Applications*, 35, 1367-1378.



- Chacko, J., Rees, P. L., Zobel, W. C., Rakes, R. T., Russell, S. R., and Ragsdale T. C., 2016. Decision support for long-range, community-based planning to mitigate against and recover from potential multiple disasters. *Decision Support Systems*, 87, 13-25.
- Chan, H.K., Wang, X. and Raffoni, A., 2014. An integrated approach for green design: life-cycle, fuzzy AHP and environmental management accounting. *The British Accounting Review*, 46, 344-360.
- Cheng, H., and Yang, K. X., 2012. The Comprehensive Evaluation Model for Earthquake Emergency Shelter. *Sustainable Transportation Systems conference paper*.
- Chou, J.-S., Pham, A.-D. and Wang, H., 2013. Bidding strategy to support decision-making by integrating fuzzy ahp and regression-based simulation. *Automation in Construction*, 35, 517-527.
- Çimen, M., ve Soysal, M., 2017. Time-dependent green vehicle routing problem with stochastic vehicle speeds: An approximate dynamic programming algorithm. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 54, 82-98.
- Dikmen, N., and Ozkan, E. T. S., 2016. Housing after disaster: A post occupancy evaluation of a reconstruction Project. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 167-178.
- Durmuşoğlu, U. D. Z., 2018. Assessment of techno-entrepreneurship projects by using Analytical Hierarchy Process (AHP). *Technology in Society*, 54, 41-46.
- Erciyes, E., ve Gencer, C., 2016. İl Jandarma Komutanlıklarında Jandarma Astsubayların Atanması İçin Karar Destek Sistemi.
- Espindola, R. O., Albores, P., and Brewster, C., 2018. Disaster preparedness in humanitarian logistics: A collaborative approach for resource management in floods. *European Journal of Operational Research*, 264, 978-993.
- Felix, D., Branco, M. J., and Feio, A., 2013. Temporary housing after disasters: A state of the art survey. *Habitat International*, 40, 136-141.
- Fikar, C., Gronalt, M., and Hirsch, P., 2016. A decision support system for coordinated disaster relief distribution. *Expert Systems with Applications*, 57, 104-116.
- Gadakh, V.S., 2011. Application of MOORA method for parametric optimization of milling process. *International Journal of Applied Engineering Research*, 1, 743-758.
- Galarce, P. F., Canales, J. L., Vergara, C., and Vejar, C. A., 2016. An optimization model for the location of disaster refugees. *Socio-Economic Planning Sciences*, 59, 56-66.
- Galindo, G., and Batta, R., 2013. Review of recent developments in OR/MS research in disaster operations management. *European Journal of Operational Research*, 230, 201-211.
- Ghimire, P. L., and Kim, Y., 2018. An analysis on barriers to renewable energy development in the context of Nepal using AHP. *Renewable Energy*, 129, 446-456.
- Goerigk, M., Deghdak, K., and Hebler, P., 2014. A comprehensive evacuation planning model and genetic solution algorithm. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 71, 82-97.

- Gregorio, D. T. L., and Soares, P. A. C., 2017. Post-disaster housing recovery guidelines for development countries based on experiences in the American continent. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 340-347.
- Hasanzadeh, H., and Bashiri, M., 2015. An efficient network for disaster management: Model and solution. *Applied Mathematical Modelling*, 40, 3688-3702.
- Hong, Y., 2017. A study on the condition of temporary housing following disasters: Focus on container housing. *Frontiers of Architectural Research*, 6, 374-383.
- Hosseini, A. M. S., Fuente, A., and Pons, O., 2016. Multi-criteria decision-making method for assessing the sustainability of post-disaster temporary housing units technologies: A case study in Bam, 2003. *Sustainable Cities and Society*, 20, 38-51.
- Huang, K., Jiang, Y., Yuan, Y., and Zhao, L., 2015. Modeling multiple humanitarian objectives in emergency response to large-scale disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 75, 1-17.
- Hui, L., 2012. Study on Safety Management of the Temporary Community after the Earthquake. *Procedia Engineering*, 43, 214-220.
- Ikeda, Y., and Inoue, M., 2016. An Evacuation Route Planning for Safety Route Guidance System after Natural Disaster Using Multi-objective Genetic Algorithm. *Procedia Computer Science*, 96, 1323-1331.
- Jalao, R. E., Wu, T., and Shunk, D., 2014. A stochastic AHP decision making methodology for imprecise preferences. *Information Sciences*, 270, 192-203.
- Johnson, C., 2007. Impacts of prefabricated temporary housing after disasters: 1999 earthquakes in Turkey. *Habitat International*, 31, 36-52.
- Joshi, A., and Nishimura, M., 2016. Impact of disaster relief policies on the cooperation of residents in a post-disaster housing relocation program: A case study of the 2004 Indian Ocean Tsunami. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, 258-264.
- Jung, H., 2011. A fuzzy AHP-GP approach for integrated production-planning considering manufacturing partners. *Expert Systems with Applications*, 38, 5833-5840.
- Karande, P., and Chakraborty, S., 2012. Application of multi-objective optimization on the basis of ratio analysis (MOORA) method for materials selection. *Materials & Design*, 37, 317-324.
- Kiel, A. K., and Matheson, A. V., 2018. The effect of natural disasters on housing prices: An examination of the Fourmile Canyon fire. *Journal of Forest Economics*, 33, 1-7.
- Lin, H. Y., Batta, R., Rogerson, A. P., Blatt, A., and Flanigan, M., 2011. A logistics model for emergency supply of critical items in the aftermath of a disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*, 45, 132-145.
- Lu, C. C., Ying, C. K., and Chen, J. H., 2016. Real-time relief distribution in the aftermath of disasters – A rolling horizon approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 93, 1-20.
- Ly, M. T. P., Lai, H. W., Hsu, W. C., and Shih, Y. F., 2018. Fuzzy AHP analysis of Internet of Things (IoT) in enterprises. *Technological Forecasting and Social Change*, 136, 1-13.

- Majumder, H., and Maity, K., 2018. Prediction and optimization of surface roughness and micro-hardness using grnn and MOORA-fuzzy-a MCDM approach for nitinol in WEDM. *Measurement*, 118, 1-13.
- Mguis, F., Zidi, K., Ghedira, K., and Borne, P., 2012. Distributed approach for vehicle routing problem in disaster case. *IFAC Proceedings Volumes*, 45, 353-359.
- Najafi, M., Eshghi, K., and Dullaert, W., 2013. A multi-objective robust optimization model for logistics planning in the earthquake response phase. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 49, 217-249.
- Nikoo, N., Babaei, M., and Mohaymany, S. A., 2018. Emergency transportation network design problem: Identification and evaluation of disaster response routes. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 27, 7-20.
- Oh, H. B., Kim, K., Choi, L. H., and Hwang, I., 2017. Integer Linear Program Approach for Evacuation of Disaster Victims with Different Urgency Levels. *IFAC-PapersOnLine*, 50, 15018-15023.
- Onan, K., Ülengin, F., ve Sennaroğlu, B., 2015. An evolutionary multi-objective optimization approach to disaster waste management: A case study of Istanbul, Turkey. *Expert Systems With Applications*, 42, 8850-8857.
- Oruc, E. B., ve Kara, Y. B., 2018. Post-disaster assessment routing problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 116, 76-102.
- Othman, H. S., and Beydoun, G., 2016. A metamodel-based knowledge sharing system for disaster management. *Expert Systems with Applications*, 63, 49-65.
- Özçelik, G., Aydoğan, E.M. and Gencer, C., 2014. A hybrid Moora-fuzzy algorithm for special education and rehabilitation center selection. *Journal of Military and Information Science*, 2, 53-62.
- Özdağoğlu, A., 2014. Normalizasyon yöntemlerinin çok ölçütlü karar verme sürecine etkisi–Moora yöntemi incelemesi. *Ege Akademik Bakış*, 14, 283-294.
- Özdemir, S., ve Şahin, G., 2018. Multi-criteria decision-making in the location selection for a solar PV power plant using AHP. *Measurement*, 129, 218-226.
- Patel, D. J., and Maniya, D. K., 2015. Application of AHP/MOORA Method to Select Wire Cut Electrical Discharge Machining Process Parameter to Cut EN31 Alloys Steel with Brasswire. *Materialstoday: Proceedings*, 2, 2496-2503.
- Perrucci, V. D., Vazquez, A. B., and Aktas, B. C., 2018. Sustainable Temporary Housing: Global Trends and Outlook. *Procedia Engineering*, 145, 327-332.
- Rakes, R. T., Deane, K. J., Rees, P. L., and Fetter, M. G., 2014. A decision support system for post-disaster interim housing. *Decision Support Systems*, 66, 160-169.
- Rennemo, J. S., Ro, F. K., Hvattum, M. L., and Tirado, G., 2014. A three-stage stochastic facility routing model for disaster response planning. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 62, 116-135.
- Sadiqi, Z., Trigunarsyah, B., and Coffey, V., 2017. A framework for community participation in post-disaster housing reconstruction projects: A case of Afghanistan. *International Journal of Project Management*, 35, 900-912.
- Seike, T., Kim, Y., Hosaka, Y., Ida, S., and Masuda, T., 2018. Intraregional reuse of emergency temporary housing in Japan. *Sustainable Cities and Society*, 42, 650-662.

- Sheu, B. J., 2010. Dynamic relief-demand management for emergency logistics operations under large-scale disasters. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 46, 1-17.
- Somsuk, N., and Laosirihongthong, T., 2014. A fuzzy AHP to prioritize enabling factors for strategic management of university business incubators: Resource-based view. *Technological Forecasting & Social Change*, 85, 198-210.
- Şahin, Y., ve Altın, G. F., 2016. Çadırkent Yer Seçimi Problemi İçin Bir Atama Modeli: Isparta Örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8, 323-336.
- Tavana, M., Abtahi, R. A., Di Caprio, D., Hashemi, R., and Zenouz, Y. R., 2018. An integrated location-inventory-routing humanitarian supply chain network with pre- and post-disaster management considerations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 64, 21-37.
- Vatansever, K., and Uluköy, M., 2013. Kurumsal kaynak planlaması sistemlerinin bulanık AHP ve bulanık MOORA yöntemleriyle seçimi: üretim sektöründe bir uygulama. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 11(2).
- Wex, F., Schryen, G., Feuerriegel, S., and Neumann, D., 2014. Emergency response in natural disaster management: Allocation and scheduling of rescue units. *European Journal of Operational Research*, 235, 697-708.
- Wohlgemuth, S., Oloruntoba, R., and Clausen, U., 2012. Dynamic vehicle routing with anticipation in disaster relief. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46, 261-271.
- Yıldırım, B. F., and Önay., O., 2013. Bulut teknolojisi firmalarının bulanık AHP-MOORA yöntemi kullanılarak sıralanması. *İ.Ü. İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 75.
- Yi, W., and Özdamar, L., 2007. A dynamic logistics coordination model for evacuation and support in disaster response activities. *European Journal of Operational Research*, 179, 1177-1193.
- Zheng, G., Zhu, N., Tian, Z., Chen Y. and Sun, B., 2012. Application of a trapezoidal fuzzy ahp method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments. *Safety Science*, 50, 228-239.

## ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Erzurum’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Erzurum’da tamamladı. 2009 yılında Dumlupınar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde lisans eğitimini tamamladı. 2010 yılında Atatürk Üniversitesi’nde araştırma görevlisi olarak göreve başladı. Aynı üniversitede Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Evli ve bir çocuk babası olan Sinan ÖZTAŞ, halen Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Endüstri Mühendisliği Bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.