

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**



**ELAZIĞ İLİNDE DEPREM RİSK ANALİZİ İLE  
ACİL DURUM TESİS YERLERİNİN SEÇİMİNE YÖNELİK  
MATEMATİKSEL BİR MODEL ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Danışman Hazırlayan  
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE Ahmed İhsan ŞİMŞEK**

**Malatya 2022**

**T.C.  
İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
İŞLETME ANABİLİM DALI  
ÜRETİM YÖNETİMİ ve PAZARLAMA BİLİM DALI**

**ELAZIĞ İLİNDE DEPREM RİSK ANALİZİ İLE ACİL DURUM TESİS  
YERLERİNİN SEÇİMİNE YÖNELİK MATEMATİKSEL BİR MODEL ÖNERİSİ**

**DOKTORA TEZİ**

**Ahmed İhsan ŞİMŞEK**

**Danışman  
Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE**

**Malatya 2022**

## ONUR SÖZÜ

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa DESTE'nin danışmanlığında doktora tezi olarak hazırladığım “Elazığ İlinde Deprem Risk Analizi ile Acil Durum Tesis Yerlerinin Seçimi ve Atamasına İlişkin Matematiksel Bir Model Önerisi” başlıklı bu çalışmanın, bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurmaksızın tarafımdan yazıldığını ve yararlandığım bütün yapıtların hem metin içinde hem de kaynakçada yöntemine uygun biçimde gösterilenlerden oluştuğunu belirtir, bunu onurumla doğrularım.

14/03/2022

Ahmed İhsan ŞİMŞEK

## ÖZET

Afetler genellikle önceden tahmin edilememekle birlikte önemli maddi ve manevi kayıplara neden olan olaylardır. Bu noktada afetlere hazır olunması, afetlerin yol açacağı zararların azaltılması açısından çok önemlidir. Afetlere hazır olabilmek için doğru bir planlama ve koordinasyon gerekmektedir.

Bu çalışmada, deprem bölgesinde yer alan Elazığ ilinde deprem risk analizi yapılmıştır. Ayrıca deprem risk analizi göz önünde bulundurularak acil durum tesis yerlerinin seçimi ve bu tesislere atanacak olan mahallelerin belirlenmesine yönelik matematiksel bir model önerisi geliştirilmiştir. Çalışma Elazığ ili merkez mahallelerine yönelik gerçekleştirilmiştir.

Çalışmanın birinci aşamasında, bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak Elazığ ili Merkez mahallelerinin deprem risk katsayıları belirlenmiştir. Bu noktada öncelikle alanında uzmanlardan oluşan bir karar verici grup belirlenmiştir. Belirlenen karar verici grup ile birebir görüşmeler yürütülmüş ve bir bölgenin deprem riskini belirleyen kriterler tespit edilmiştir. Kriterler belirlendikten sonra ise Elazığ ili için deprem risk analizi bulanık TOPSIS yöntemi adımları uygulanarak tamamlanmıştır. Yapılan risk analizi çalışmasından sonra ise bu katsayılar kullanılarak acil durum yardım merkezlerinin yerlerinin seçimi yapılmıştır.

Matematiksel modelde, öncelikle küme kapsama modeli ile kabul edilebilir kapsama mesafesi içerisinde kurulacak en az sayıda tesis belirlenmiştir. Küme kapsama modelinden sonra ise önerilen p-medyan modeli ile mahallelerin deprem risk katsayıları da göz önünde bulundurularak bir önceki modelde belirlenen tesislere mahallelerin atamaları yapılmıştır. Önerilen iki aşamalı matematiksel model beş farklı senaryo için çözülmüş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca açılacak olan tesislere atanan nüfus sayısı göz önünde bulundurularak tesislerin kapasitelerine yönelik bir değerlendirme yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Afetler, İnsani Lojistik, Deprem Risk Analizi, Bulanık TOPSIS, Küme Kapsama Problemi, P-Medyan Problemi

## ABSTRACT

Disasters are generally unpredictable events that cause significant damages. Being prepared for disasters is very important in terms of reducing the damage caused by disasters. In order to be prepared for disasters, proper planning and coordination are required.

In this study, an earthquake risk analysis was carried out in Elazig. In addition, considering the earthquake risk analysis, a mathematical model has been developed for the selection of emergency facility locations and the determination of the districts to be assigned to these facilities.

In the first stage of the study, the earthquake risk coefficients of the central districts of Elazig were determined by using the fuzzy TOPSIS method. At this point, a decision-making group was determined. Interviews were conducted with the decision-making group and the criteria that determine the earthquake risk of a district have been determined. Then earthquake risk analysis for the province of Elazig was completed by applying the fuzzy TOPSIS method steps. After the risk analysis study, the locations of the emergency aid centers were selected by using these coefficients.

In the mathematical model, the minimum number of facilities to be established is determined by the cluster coverage model. Then, with the proposed p-median model, the districts were assigned to the facilities determined in the previous model, taking into account the earthquake risk coefficients of the districts. The proposed two-stage mathematical model was solved for five different scenarios and the results were compared. In addition, an evaluation was made regarding the capacities of the facilities.

**Keywords:** Disaster, Humanitarian Logistics, Earthquake Risk Analysis, Fuzzy TOPSIS, Cluster Coverage Problem, P-Median Problem

## İÇİNDEKİLER

ONUR SÖZÜ.....	i
ÖZET .....	ii
ABSTRACT.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	x
KISALTMALAR .....	xi
GİRİŞ.....	1

### BİRİNCİ BÖLÜM

#### AFET VE İNSANİ LOJİSTİK KAVRAMI

1.1. Afet Kavramı.....	5
1.2. Kaynaklarına Göre Afetler .....	7
1.2.1. Doğal Afetler.....	8
1.2.2. İnsan Kaynaklı Afetler .....	9
1.3. Ülkemizde Meydana Gelen Afetler ve İstatistikler.....	9
1.4. Lojistik Kavramı ve Gelişimi.....	13
1.4.1. Lojistiğin Öneminin Artmasının Nedenleri.....	14
1.4.2. Lojistik Türleri.....	15
1.4.2.1. Tedarik Lojistiği .....	15
1.4.2.2. Üretim Lojistiği.....	15
1.4.2.3. Dağıtım Lojistiği .....	15
1.4.2.4. Tersine Lojistik .....	16
1.5. İnsani Lojistik Kavramı .....	16
1.5.1. İnsani Lojistik ile İşletme Lojistiği Arasındaki Farklar .....	17
1.5.2. İnsani Lojistik Faaliyetleri .....	20

**İKİNCİ BÖLÜM**  
**DEPREM RİSK ANALİZİ VE İNSANİ LOJİSTİKTE TESİS YERİ SEÇİMİ**  
**PROBLEMİ KAVRAMI**

<b>2.1. Deprem Risk Analizi Kavramı .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1. Deprem Risk Analizinde Kullanılan Yöntemler .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Kavramı.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.1.2. Bulanık Mantık Kavramı.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.1.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Konusunda Yapılan</b>	
<b>Çalışmalar.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1.1.4. Bulanık Topsıs.....</b>	<b>37</b>
<b>2.2. İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi Kavramı .....</b>	<b>40</b>
<b>2.2.1. İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Literatür Araştırması....</b>	<b>41</b>
<b>2.2.1.1. Amaç Fonksiyonunun Türüne Göre İnsani Lojistikte Tesis</b>	
<b>Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....</b>	<b>55</b>
<b>2.2.1.2. Afet Tipine Göre İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili</b>	
<b>Yapılan Çalışmalar .....</b>	<b>56</b>
<b>2.2.1.3. Amaç Türüne Göre İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile</b>	
<b>İlgili Yapılan Çalışmalar .....</b>	<b>57</b>
<b>2.2.1.4. Kullanılan Çözüm Algoritmasına Göre İnsani Lojistikte</b>	
<b>Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....</b>	<b>58</b>

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM**  
**ELAZIĞ İLİNDE DEPREM RİSK ANALİZİ İLE ACİL DURUM TESİS**  
**YERLERİNİN SEÇİMİ VE ATAMASINA İLİŞKİN UYGULAMA**

<b>3.1. Araştırmanın Amaç ve Önemi.....</b>	<b>71</b>
<b>3.2. Araştırmanın Varsayımları ve Sınırlılıkları .....</b>	<b>72</b>
<b>3.3. Araştırmanın Yöntemi .....</b>	<b>73</b>
<b>3.4. Elazığ İli Merkez Mahallelerinin Deprem Risk Analizi.....</b>	<b>76</b>
<b>3.4.1. Karar Vericilerin ve Kriterlerin Belirlenmesi.....</b>	<b>76</b>
<b>3.4.2. Verilerin Toplanması.....</b>	<b>77</b>
<b>3.4.3. Verilerin Toplanması ve Uzman Görüşlerinin Alınması .....</b>	<b>77</b>

3.4.4. Bulanık TOPSIS Yöntemi Adımları Kullanılarak Deprem Risk Analizi .....	79
<b>3.5. İnsani Lojistikte Deprem Riski Göz Önünde Bulundurularak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Seçimi ve Atamasına İlişkin Uygulama .....</b>	<b>83</b>
3.5.1. Mahalleler Arası Mesafelerin Tespit Edilmesi.....	84
3.5.2. Küme Kapsama Modeli.....	85
3.5.2.1. 10 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü .....	87
3.5.2.2. 15 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü .....	88
3.5.2.3. 20 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü .....	88
3.5.2.4. 25 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü .....	88
3.5.2.5. 30 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü .....	89
3.5.3. P-Medyan Modeli.....	89
3.5.3.1. 10 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü .....	91
3.5.3.2. 15 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü .....	92
3.5.3.3. 20 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü .....	93
3.5.3.4. 25 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü .....	95
3.5.3.5. 30 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü .....	96
<b>3.6. Her Bir Senaryo için Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....</b>	<b>97</b>
3.6.1. 10 Dk. Senaryosu için Kurulacak Olan Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	97
3.6.2. 15 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	99
3.6.3. 20 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....	100



<b>3.6.4. 25 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....</b>	<b>101</b>
<b>3.6.5. 30 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi .....</b>	<b>101</b>
<b>3.7. Modelin Geçerliliği ve Olası Riskler .....</b>	<b>102</b>
<b>SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>104</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>108</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>141</b>



## TABLULAR LİSTESİ

<b>Tablo 1.1.</b> İşletme Lojistiği ile İnsani Lojistik Arasındaki Farklar .....	18
<b>Tablo 2.1.</b> Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Yapılan Çalışmalar .....	27
<b>Tablo 2.2.</b> Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Yapılan Risk Analizi Çalışmaları .....	28
<b>Tablo 2.3.</b> Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak İnsani Lojistik ile Afet ve Acil Durum Yönetimiyle İlgili Yapılan Çalışmalar .....	30
<b>Tablo 2.4.</b> Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Bina ve Bölgelerin Deprem Risk Analizi Çalışmaları.....	32
<b>Tablo 2.5.</b> Kriterlerin Ağırlıklandırılmasında Kullanılan Dilsel Değişkenler .....	38
<b>Tablo 2.6.</b> Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler .....	38
<b>Tablo 2.7.</b> İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar .....	48
<b>Tablo 3.1.</b> Deprem Risk Analizi için Belirlenen Kriterler .....	76
<b>Tablo 3.2.</b> Kriterlerin Değerlendirilmesi için Kullanılan Dilsel Değişkenler .....	77
<b>Tablo 3.3.</b> Alternatiflerin Değerlendirilmesi için Kullanılan Tablo .....	78
<b>Tablo 3.4.</b> Kriterlerin Ağırlıklandırılması için Kullanılan Tablo.....	80
<b>Tablo 3.5.</b> Alternatiflerin Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Olan Uzaklıkları.....	81
<b>Tablo 3.6.</b> Elazığ İli Merkez Mahallelerinin Deprem Risk Katsayıları .....	82
<b>Tablo 3.7.</b> 10 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları.....	91
<b>Tablo 3.8.</b> 15 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları.....	92
<b>Tablo 3.9.</b> 20 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları.....	94
<b>Tablo 3.10.</b> 25 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları.....	95
<b>Tablo 3.11.</b> 30 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları.....	96
<b>Tablo 3.12.</b> 10 Dk. Senaryosu için Kurulması Planlanan Merkezlerin Kapasite Planlaması .....	98

<b>Tablo 3.13.</b> 15 Dk. Senaryosu için Kurulması Planlanan Merkezlerin Kapasite Planlaması .....	99
<b>Tablo 3.14.</b> 20 Dk. Senaryosu için Kurulması Planlanan Merkezlerin Kapasite Planlaması .....	100
<b>Tablo 3.15.</b> 25 dk Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitesi .....	101
<b>Tablo 3.16.</b> 30 dk Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitesi .....	102



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1.1. Afet Türleri.....	8
Şekil 1.2. 1939'dan İtibaren Ülkemizde Meydana Gelen Afetler.....	11
Şekil 1.3. 1939 Yılından İtibaren Ülkemizde Meydana Gelen Afetlerde Kaybettiğimiz İnsan Sayısı.....	12
Şekil 1.4. İnsani Lojistik Faaliyetleri.....	21
Şekil 2.1. Tesis Yeri Seçim Problemleri.....	42
Şekil 3.1. Araştırma Modeli .....	71
Şekil 3.2. Matematiksel Model.....	84



## KISALTMALAR

<b>AFAD</b>	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
<b>AHP</b>	: Analytic Hierarchy Process
<b>ANOVA</b>	: Varyans Analizi
<b>AUGMECON</b>	: Model Augmented E-Constraint Yöntemi
<b>CFLP</b>	: Sürekli Tesis Yeri Seçim Problemleri
<b>CSMP</b>	: Council of Supply Chain Management Professionals
<b>DIF-LP</b>	: Ayrık Tesis Yeri Seçim Problemleri
<b>FLAP</b>	: Tesis Yeri Tahsis Problemleri
<b>FUMCO</b>	: Bulanık Çok Kriterli Optimizasyon
<b>HILP</b>	: Hiyerarşik Tesis Yeri Seçim Problemleri
<b>HULP</b>	: Hub Tesis Yeri Seçim Problemleri
<b>MUFLP</b>	: Çoklu Tesis Yeri Seçim Problemleri
<b>NFLP</b>	: Şebeke Tesis Yeri Seçim Problemleri
<b>NSGA-II</b>	: Genetik Sınıflandırma Algoritması
<b>RPBNSGA-II</b>	: Referans Noktası Tabanlı Baskın Olmayan Genetik Sınıflandırma Algoritması
<b>SIFLP</b>	: Tek Tesis Yeri Seçim Problemleri
<b>TABB</b>	: Türkiye Afet Bilgi Bankası
<b>TOPSIS</b>	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution

## GİRİŞ

Afet genel anlamda insanlar için maddi ve manevi kayıplara sebep olan olaylar olarak tanımlanabilir. Bu afetler doğa kaynaklı olabileceği gibi insan kaynaklı da olabilmektedir. Ülkemiz sıklıkla hem doğal hem de insan kaynakları afetlere maruz kalmaktadır. Yaşanacak olan afetlerin önlenmesi ve önlenemeyen afetlerin ise yol açtığı hasarın azaltılması için çeşitli tedbirler alınması gerekmektedir. Özellikle kentleşme konusundaki plansızlıklar, gerekli tedbirlerin alınmaması ve iklim değişikliği gibi sebepler yaşanan doğal afetlerin verdiği maddi ve manevi kayıpların artmasına neden olmaktadır.

Ülkemiz doğal ve insan kaynaklı afetler açısından birçok sınav vermiştir. Ancak afetlere karşı yeterli hazırlığın yapılmaması ve halkımızın afetler konusundaki bilinçsizliği nedeniyle çok sayıda can ve mal kaybı yaşanmıştır. Yukarıda belirtilen gerekçeler afetlerin daha koordineli ve planlı bir şekilde yönetilmesini gerektirmektedir. Bu noktada afet risklerinin azaltılması ve olası can ve mal kayıplarının azaltılması önemli bir sorun haline gelmiştir. Özellikle doğa kaynaklı afetlerin engellenmesi mümkün değildir. Ancak bu afetlerin yol açtığı zararların minimize edilmesi doğru planlama ile sağlanabilir. Şeklinde bir cümle ile peş peşe aynı kelimelerin kullanımının önüne geçilebilir.

Afetlere hazırlık aşamasında, afet öncesi ve afet sonrası yapılması gerekenler doğru bir şekilde belirlenmelidir. Bu noktada insani lojistik ve afet yönetimi kavramları karşımıza çıkmaktadır. Afet öncesinde risklerin azaltılması için neler yapılması gerektiği, afet sonrasında ise yardımların en hızlı ve etkili biçimde afetzedelere ulaştırılması ancak doğru bir planlama ile mümkündür. İnsani lojistik kavramı olası bir afet esnasında afetzedelerin uğradığı maddi ve manevi zararları azaltmak ve afet sonrasında afetzedelerin ihtiyaç duyabileceği her türlü materyalin en verimli şekilde ulaştırılması için yapılan faaliyetler bütünü olarak tanımlanabilir (Şatoğlu ve Öksüz, 2018:2). Bu faaliyetler; afet risklerinin azaltılması, afete hazırlık, afet sırasında müdahale ve iyileştirme olarak sayılabilir (Altay ve Green, 2006:481).

Bu çalışmada ise afet öncesi hazırlık aşamasında, bölgelerin deprem risk analizi göz önünde bulundurularak acil durum yardım hizmetlerinin verileceği tesislerin

yerlerinin seçimi ve belirlenen bu tesislerden hizmet alacak afetzedelerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde ülkemizde ve dünyada meydana gelen afetler ile ilgili istatistikler ile afet, lojistik ve insani lojistik ile ilgili genel kavramlar incelenmiştir. İkinci bölümde ise deprem risk analizi kavramı ve insani lojistikte tesis yeri seçimi kavramı açıklanmıştır. Daha sonra ise deprem risk analizi ve insani lojistikte tesis yeri seçimine ilişkin literatür çalışmaları incelenmiştir. Üçüncü ve son bölümde ise Elazığ ilinde deprem risk analizi ile acil durum tesis yerlerinin seçimi ve atamasına ilişkin matematiksel bir model önerisi geliştirilmiştir.

Önerilen matematiksel modelde öncelikle Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk katsayısının belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütülmüştür. Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk katsayıları çok kriterli karar verme yöntemlerinden bir tanesi olan TOPSIS yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Bu noktada bulanık mantık kullanılmıştır.

Öncelikle alanında uzman müteahhit, inşaat mühendisi, akademisyen, Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü'nde çalışan uzmanlar, jeoloji mühendisleri ve Elazığ Belediyesi'nde çalışan uzmanlardan oluşan bir karar verici grubu belirlenmiştir. Belirlenen karar vericiler ile birebir görüşmeler yürütülmüş ve bir bölgenin deprem riskini belirleyen kriterler belirlenmiştir. Uzmanlar ile yapılan görüşmeler sonucunda bina sayısı, mahallelerin nüfusu, binalardaki bağımsız birim sayısı, binaların taşıyıcı sistem durumu, binaların genel durumu (iyi-orta-kötü), binaların ortalama yaşı, zemin katın kullanım durumu, bitişik nizam-ayrık nizam durumu, binalardaki ortalama kat sayısı, mahallenin zemin durumu, mahallenin ortalama yeraltı suyu seviyesi, mahallenin genel sosyo-ekonomik durumu ve fay hattına olan mesafesi olarak 13 kriter tespit edilmiştir. Uzmanların ortak görüşüne göre fay hattına olan mesafe kriteri, farklı ilçeleri ya da illeri kapsayan çalışmalar için belirleyici bir kriter olsa da aynı ilçenin farklı mahalleleri için belirleyici bir kriter değildir. Bu nedenle fay hattına olan mesafe kriteri çalışmadan çıkarılmıştır.

Kriterler belirlendikten sonra veri toplama aşamasına geçilmiştir. Bina sayısı, mahallelerin nüfusu, binalardaki bağımsız birim sayısı, binaların taşıyıcı sistem durumu, binaların genel durumu (iyi-orta-kötü), binaların ortalama yaşı, zemin katın kullanım

durumu, bitişik nizam-ayrık nizam durumu, binalardaki ortalama kat sayısı kriterleri ile ilgili bilgiler Fırat Üniversitesi tarafından hazırlanan “24 OCAK 2020 Mw 6.8 Sivrice Depremi Elazığ Bölgesi Yapısal Hasarlar İnceleme Ve Değerlendirme Raporu”ndan elde edilmiştir. Zemin durumu ve ortalama yer altı suyu seviyesi kriterlerine ilişkin bilgiler ise Elazığ ilinde zemin etüdü yapan firma sahibi uzman ve Elazığ Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü’nde çalışan uzman jeoloji mühendisleri ile birebir yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Mahallelerin sosyo-ekonomik durumuna ilişkin veriler ise Elazığ ilinde sosyal hizmet alanında çalışan uzmanlar ile yapılan birebir görüşmeler sonucunda elde edilmiştir.

Veriler elde edildikten sonra belirlenen karar vericiler ile görüşmeler yürütülmüştür. Bu doğrultuda öncelikle karar vericilerden verilen form ile belirlenen kriterlerin bir mahallenin deprem riskini etkileme derecesini belirlemesi istenmiş ve elde edilen veriler birleştirilmiştir. Kriterlerin bir mahallenin deprem riskini etkileme derecesi belirlendikten sonra ikinci aşamaya geçilmiştir. Karar vericilerden verilen tablo yardımıyla Elazığ ili Merkez ilçesinde bulunan mahallelerin deprem riskini ilgili kriterlere göre değerlendirmeleri istenmiştir. Sonrasında uzmanlardan elde edilen veriler birleştirilmiştir. Uzman görüşleri alındıktan sonra ise Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan mahallelerin deprem risk katsayılarının belirlenmiştir. Elazığ ili Merkez ilçesinde bulunan mahallelerin deprem risk katsayıları belirlendikten sonra ise kurulacak olan acil durum yardım merkezlerinin seçimi ve bu merkezlere mahallelerin atanmasına ilişkin matematiksel model önerisi geliştirilmiştir.

İnsani lojistikte tesis yeri seçim problemleri sabit ve dinamik tesis yeri seçim problemleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Bu çalışmada amacımız, bütün hizmet noktalarını kapsayacak şekilde en az sayıda tesisin kurulması ve bu tesislerden en düşük maliyet hizmet alacak noktaların belirlenmesidir.

Küme kapsama problemlerinde var olan bütün talep noktalarını belirli bir hizmet seviyesinde kapsayan en az sayıda tesisin belirlenmesi amaçlanmaktadır (Current vd., 2001:86). P-Medyan problemlerinde ise p adet tesisin n adet düğümden oluşan şebeke üzerinde minimum maliyet oluşacak şekilde yerleştirilmesi ve yerleştirilen bu tesislerden hizmet alacak talep noktalarının belirlenmesi amaçlanmaktadır (Sule, 2001:21-22). Bu çalışmada belirlediğimiz amaca ulaşabilmek için en uygun



matematiksel model küme kapsama ve p-medyan problemidir. Bu doğrultuda iki aşamalı bir matematiksel model önerilmiştir. Birinci aşamada beş farklı kabul edilebilir kapsama mesafesi için senaryo oluşturulmuştur. Kabul edilebilir kapsama mesafesi (10,15,20,25 ve 30dk) içerisinde en az kaç tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği önerilen küme kapsama modeli ile belirlenmiştir. İkinci aşamada ise önerilen p-medyan modeli ile her bir senaryo için kurulacak olan tesislere talep noktalarının atanması sağlanmıştır. Bunun yanı sıra her bir senaryo için kurulacak olan tesislerin kapasiteleri değerlendirilmiştir. 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) 1999 Marmara Depremi'nden sonra birlikte bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmanın C senaryosunda, afet durumunda acil yardım ihtiyacı duyacak olan afetzede sayısının nüfusun %5'i olarak belirlenmiştir (JICA ve İBB,2002). Bu çalışmada Elazığ ilinde olası bir afet durumunda nüfusun %5'inin acil durum yardım merkezlerinden yardım talep edeceği varsayılmıştır. Bu doğrultuda her bir senaryo için kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine atanan mahallelerin nüfusları göz önünde bulundurularak kapasite planlaması yapılmıştır.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### AFET VE İNSANİ LOJİSTİK KAVRAMI

Bu bölümde afet kavramı genel hatlarıyla açıklanacak daha sonra Türkiye’de meydana gelen afetler ile ilgili istatistiki bilgiler verilecektir. Sonrasında lojistik kavramından bahsedilerek lojistiğin öneminin artmasının nedenleri irdelenecektir. Ayrıca lojistik türleri kısaca açıklanacaktır. Son olarak insani lojistik kavramı sunulacaktır.

#### 1.1. Afet Kavramı

Literatür incelendiğinde afet kavramı ile ilgili farklı tanımlar bulunmaktadır. Ergünay (1996)’a göre afet, insanlara sosyal, ekonomik ve fiziksel yönden zarar veren, günlük yaşamı kesintiye uğratan ve insanları olumsuz yönde etkileyen doğal, teknolojik ya da insan kaynaklı olaylar olarak tanımlamıştır (Ergünay, 1996: 263). Akdağ (2002) afeti, ekonomik, sosyal ve fiziksel kayıplara neden olan ve gündelik yaşamı olumsuz yönde etkileyen insan, doğal ya da teknolojik kökenli olaylar olarak tanımlamıştır (Akdağ, 2002:5). Afet AFAD tarafından ise, “Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olay” olarak tanımlanmaktadır. Afet bir olayın kendisi değil, doğurduğu sonuçtur. (<https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu> E.T. 18.02.2020). Afetlerin genel özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Çeber, 2005:7);

- Yol açtığı çok sayıda can ve mal kaybının yanı sıra afetin meydana geldiği bölgede yaşayan insanları ekonomik, fiziksel ve psikolojik açıdan olumsuz etkiler.
- Afetlerin yol açtığı bu etkilerin giderilmesi için uzun zaman gereklidir.
- Afetler, devlet ve özel sektör yatırımları ile altyapıyı olumsuz etkiler.
- Meydana gelen afetin büyüklüğüne göre ihtiyaç duyulan yardımlar artar.
- Özellikle sosyo-ekonomik durumu kötü olan bölgelerde meydana gelen afetler, bölgede bulunan yapıların dayanıklılığı, nüfus yoğunluğu ve afete

hazır olma derecesi gibi nedenlerden dolayı daha çok sosyal ve ekonomik yıkıma sebep olur.

Afetlerin fiziksel büyüklüğü, afetin meydana geldiği bölgenin nüfusun yoğun olduğu alanlara olan uzaklığı, sosyo-ekonomik durumu, hızlı nüfus artışı, afete karşı savunmasız bölgelerdeki plansız şehirleşme, doğal kaynakların hatalı kullanımı, toplumun afetlere karşı bilinçlendirilmemesi ve afetlere karşı alınan tedbirlerin yetersizliği afetin yol açacağı zararlar konusunda belirleyici faktörler olarak sayılabilir (Çeber, 2005:7-8). Bu noktada afetlere karşı direncin artırılması, afetlerin yol açacağı zararların azaltılması konusunda önemli bir yer tutmaktadır. Afetlere karşı direncin artırılması için uluslararası düzeyde çalışmalar yürütülmektedir. Bu çalışmalardan en kapsamlısı 2000-2015 dönemi için hazırlanan Hyogo Eylem Planı'dır. Hyogo Eylem Planı'nda afetlerin yol açacağı zararların azaltılması amacıyla (Varol ve Kırıkkaya, 2017:3);

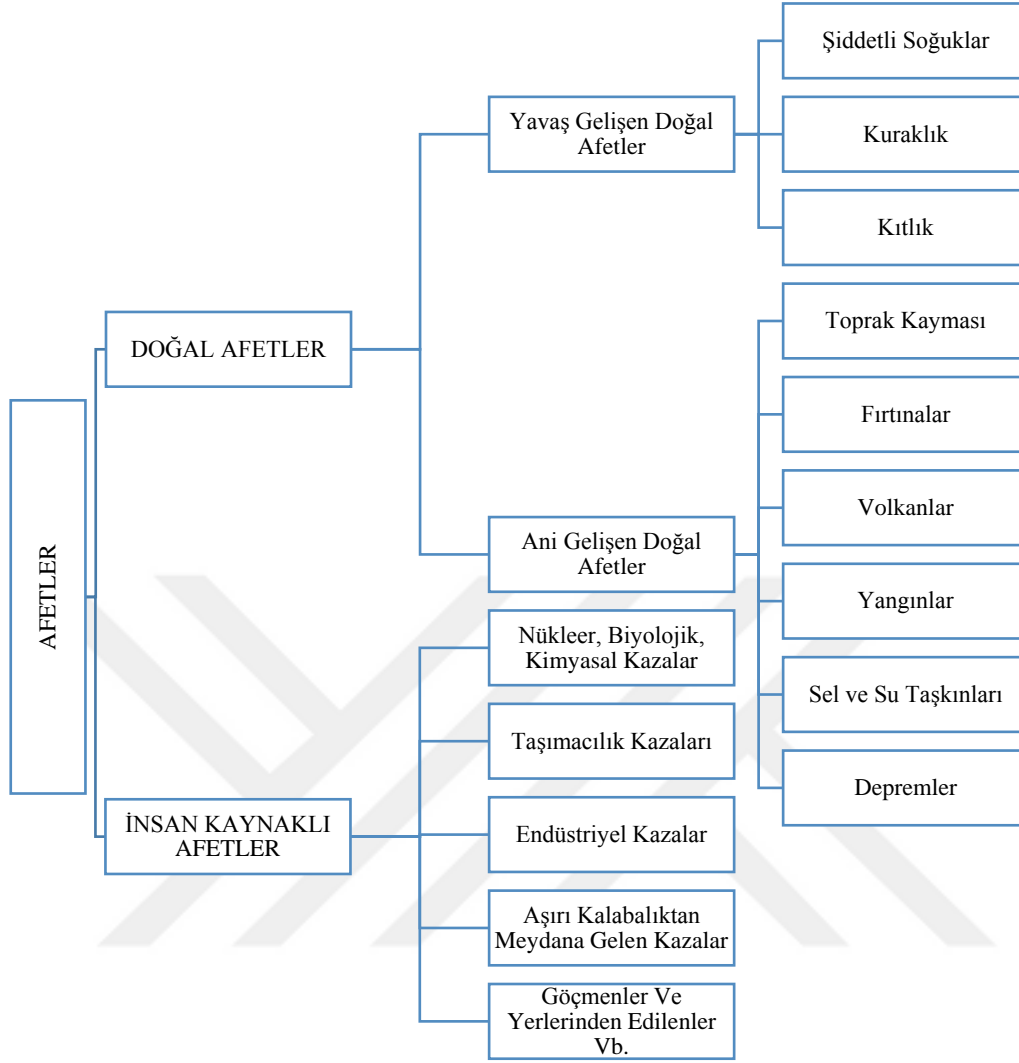
- Hükümetlerin, afetin yol açacağı risklerin azaltılması konusunda eylem planları geliştirmesi,
- Afetin yol açacağı risklerin belirlenmesi ve afetlere karşı erken uyarı sistemlerinin geliştirilmesi,
- Afetlere karşı toplumun bilinçlendirilmesi ve afet farkındalığının sağlanması,
- Risklerin azaltılması amacıyla risk yönetimi tekniklerinin uygulanması,
- Afetlerle etkin bir mücadele için gerekli hazırlıkların yapılması önerileri yapılmıştır.

Az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde organize olmayan afet yönetim çalışmaları afet ile mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Bu ülkelerde, kırsal alanlardan kentlere göç yoğun ve düzensiz bir şekilde olmaktadır. Yoğun ve düzensiz göç sonucunda ise insanlar belirli bölgelerde toplanmakta ve afetlere karşı savunmasız koşullarda yaşamaktadır. Bu durum afetlerin yol açtığı hasarların artmasına neden olmaktadır (Güler ve Çobanoğlu, 1994:11). Nüfusun yoğun olduğu kentler, afetlerin yol açacağı zararlar konusunda daha riskli olarak nitelendirilebilir. Yoğun nüfusun yanı sıra bölgenin coğrafi ve fiziksel özellikleri de afet riskini belirleyici unsurlardan bir tanesidir. Ayrıca sosyo-ekonomik durum, düzensiz ve plansız şehirleşme ve gecekondü sayısının artması gibi problemler zaten mevcut olan riskleri daha da artırmaktadır (Genç, 2007:349).

Afetlerin önlenmesi ve meydana gelen afetlerin yol açacağı zararların azaltılması afetlere karşı direncin artırılması ile sağlanabilir. Bu da afet konusunda toplumun ve kurumların koordineli bir şekilde çalışması ile mümkün olabilir. Bu noktada uluslararası düzeyde belirlenen Hyogo Eylem Planı gibi yol haritaları önemli bir yer tutmaktadır. Bu sayede, afetlere karşı toplum bilinci artırılarak afetlerin yol açacağı zararlar azaltılabilir. Ayrıca afetler meydana geldikten sonra neler yapılacağına planlanmasından ziyade afetlere hazırlıklı olma konusunda yapılacak olan çalışmalar, afetlerin yol açacağı maddi ve manevi zararlar azaltılabilir (Varol ve Kırıkkaya, 2017:7-8).

## **1.2. Kaynaklarına Göre Afetler**

Afetler, Şekil 1.1.'de görüldüğü üzere ikiye ayırmıştır. Afet türlerinin ilki doğal afetler iken, ikincisi insan kaynaklı afetlerdir. (<https://www.afad.gov.tr/afet-turleri> E.T. 18.02.2020).



Kaynak: [www.afad.gov.tr](http://www.afad.gov.tr)

**Şekil 1.1.** Afet Türleri

### 1.2.1. Doğal Afetler

Doğal afetler en sık karşılaşılan afet türlerinden bir tanesidir. Doğal afetler hemen her ülkeyi etkilemektedir. Doğal afetler ile ilgili literatürde farklı tanımlar yapılmıştır. Durmuş (1996) doğal afetleri, aniden ya da zaman içerisinde oluşan ve toplum hayatını birçok yönden olumsuz etkileyen doğa olayları olarak tanımlamıştır. Shaluf (2007) ise doğal afetleri, tamamen doğal sebeplerle meydana gelen ve insan faktörünün rol oynamadığı felaketler olarak tanımlamıştır. Doğal afetler, yavaş gelişen doğal afetler ve ani gelişen doğal afetler olmak üzere ikiye ayrılır. Yavaş gelişen doğal afetler şiddetli soğuklar, kuraklık ve kıtlık olarak sayılabilir. Ani gelişen doğal afetler ise toprak kayması, fırtınalar, volkanlar, yangınlar, sel ve su taşkınları ile depremler olarak

sayılabilir (www.afad.gov.tr/afet-turleri E.T. 18.02.2020). Her ne kadar doğal afetlerin önlenmesi mümkün olmasa da alınacak olan tedbirler ile yol açacağı zararlar azaltılabilir. Örneğin, iklim değişikliği ve küresel ısınmaya yol açan sera gazlarının salınımının azaltılması şiddetli soğukların ve kuraklığın azaltılmasını sağlayabilir. Ayrıca toprak kaymasına karşı ağaçlandırma çalışmaları ya da depremlere karşı binaların güçlendirilmesi gibi tedbirler, bu afetlerin yol açacağı maddi ve manevi zararları önleyebilir.

### **1.2.2. İnsan Kaynaklı Afetler**

İnsan kaynaklı afetler, doğa olaylarından ziyade insan unsuru nedeniyle meydana gelen afetler olarak tanımlanabilir (Yavuz ve Laçiner, 2012:210). Teknolojik gelişmeler birçok avantaj sağlamaktadır. Ancak bu teknolojik gelişmeler insan faktörüne bağlı olduğundan yapılacak olan hatalar ciddi sonuçlar doğurabilmektedir. İnsan kaynaklı afetler nükleer, biyolojik ve kimyasal kazalar, taşımacılık kazaları, endüstriyel kazalar, aşırı kalabalıkta meydana gelen kazalar ve göçmenler ve yerlerinden edilenler olarak beşe ayrılır (www.afad.gov.tr/afet-turleri E.T. 18.02.2020). İnsan kaynaklı afetlerin alınacak tedbirler ile oluşumu engellenebilir. Ülkemizde hem insan kaynaklı hem de doğal afetler sıklıkla yaşanmaktadır. Bu noktada insan kaynaklı afetlerin önlenmesi için gerekli tedbirlerin alınması ve doğal kaynaklı afetlere karşı direncin artırılması, afetlerin yol açacağı zararları azaltacaktır.

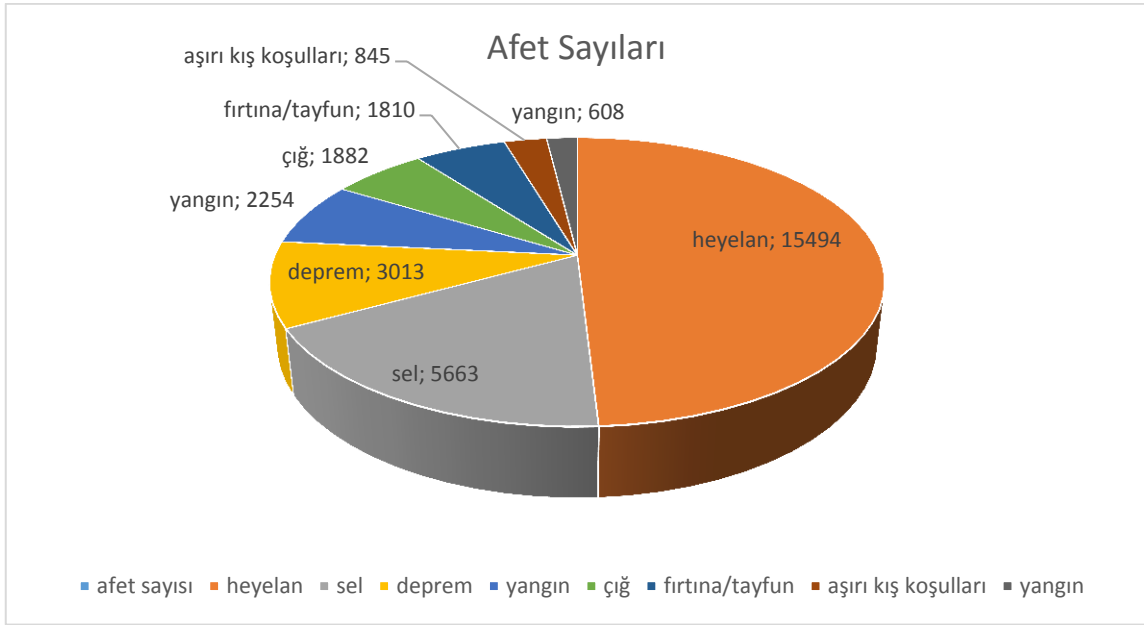
### **1.3. Ülkemizde Meydana Gelen Afetler ve İstatistikler**

Meydana gelen doğal afetler sonucunda oluşan ekonomik kayıplar afetin gerçekleştiği yerin sosyal ve ekonomik koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Afetler nüfusun yoğun olduğu bir bölgede gerçekleşirse ekonomik kayıplar da büyük olmaktadır. Bunun yanı sıra afetin gerçekleştiği yerin ekonomik durumu da afetin neden olduğu ekonomik zararları etkilemektedir. Görece ekonomik durumu kötü olan bölgelerde gerçekleşen afetler daha yüksek ekonomik kayıplara neden olmaktadır. 2000'li yıllardan itibaren dünyada ciddi ekonomik kayıplara neden olan afetler yaşanmıştır. Örneğin 2004 yılında Hint Okyanusu'nda meydana gelen 9.1 büyüklüğündeki deprem yaklaşık 230 bin kişinin ölümüne ve 15 milyar dolarlık bir ekonomik kayba neden olmuştur. Yine 2008 yılında Çin'de yaşanan 7.8 büyüklüğündeki Sichuan depremi 148 milyar dolarlık bir ekonomik kayba neden

olmuştur. 2011 yılında ise Japonya’da yaşanan 9.0 büyüklüğündeki Tohoku depremi ve tsunamisi 300 milyar dolar ekonomik kayba neden olmuştur. Depremlerin yanı sıra kasırgalarda ciddi ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Örneğin ABD’de 2005 yılında yaşanan Katrina Kasırgası yaklaşık 45 milyar dolara, 2008 yılında yine ABD’de meydana gelen Ike Kasırgası ise yaklaşık 29.6 milyar dolara mal olmuştur (Ersoy, 2013:3). Yapılan araştırmalara göre her yıl dünyada yaklaşık 60 bin insan doğal afetlerden dolayı hayatını kaybetmektedir. Afetlerde can kayıpları genellikle az gelişmiş ülkelerde binaların çökmesi sonucu meydana gelmektedir. Bu konu ile ilgili mühendislik çözümleri geliştirilmesine rağmen özellikle az gelişmiş ülkelerde bu çözümlerin uygulanması ekonomik faktörler nedeniyle gerçekleştirilememektedir. Afetlerin neden olduğu riskleri azaltmak oldukça maliyetlidir ve bu nedenle afetlerde can kayıpları kaçınılmaz olmaktadır (Ersoy, 2013:8-9).

Ülkemiz jeolojik yapısı gereği sıklıkla doğal afetlerle karşılaşmaktadır. Özellikle ülkemizde yaşanan depremlerde çok sayıda vatandaşımız hayatını kaybetmektedir. İstatistiklere göre ülkemiz depremlerde insan kaybı açısından dünyada üçüncü sırada ve depremden etkilenen insan sayısı açısından ise sekizinci sırada yer almaktadır. Ülkemizde her yıl, büyüklüğü 5 ile 6 arasında değişen en az bir deprem yaşanmaktadır. Türkiye’de doğal afetler ile ilgili politikalar ilk olarak 1939 yılında geliştirilmeye başlamıştır. 1939 yılında yaşanan Erzincan depreminden sonrası ise 1959 yılında çıkarılan “Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun” ile afetler ile ilgili yasal boşluk giderilmeye çalışılmıştır. 1988 yılında ise “Afetlere İlişkin Acil Yardım Teşkilatı ve Planlama Esaslarına Dair Yönetmelik” çıkarılarak devletin bütün imkânlarıyla afetten etkilenen vatandaşların ihtiyaçlarının karşılanması amaçlanmıştır. 1999 yılında yaşanan büyük Marmara Depreminden sonra ise ülkemizde afet yönetimi ve koordinasyonu alanında büyük bir dönüşüm başlamıştır. Çok sayıda insanımızın hayatını kaybetmesine neden olan bu afette birçok vatandaşımız ise evsiz kalmıştır. Yaşanan bu kötü tecrübeden sonra ülkemizde afet yönetimi konusunun yeniden ve daha planlı bir şekilde ele alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Afet anında birlikte ve koordinasyon içerisinde çalışması gereken kurumların afet ile ilgili yetki ve sorumlulukları yeniden tanımlanmış ve karşılaşılan afet sırasında yetki ve koordinasyonun tek elde toplanması sağlanmıştır. Bunun için İçişleri Bakanlığı’na bağlı olarak çalışan Sivil Savunma Genel Müdürlüğü,

Bayındırlık ve İskân Bakanlığı'na bağlı Afet İşleri Genel Müdürlüğü ile Başbakanlığa bağlı olarak çalışan Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü kapatılmış ve çıkarılan 5902 sayılı yasa ile 2009 yılında Başbakanlığa bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) kurulmuştur. AFAD'ın kurulması ile birlikte afet anında yetki ve koordinasyon tek elde toplanmıştır. AFAD ülkemizde afetlerin önlenmesi ve afetin zararlarının azaltılması, afetlere müdahale ve afet sonrasında yapılacak iyileştirme çalışmalarının hızlı bir şekilde yapılması için gerekli olan faaliyetlerin planlanması, yürütülmesi ve koordinasyonu için faaliyet göstermektedir ( <https://www.afad.gov.tr/afad-hakkinda> E.T.18.02.2020).

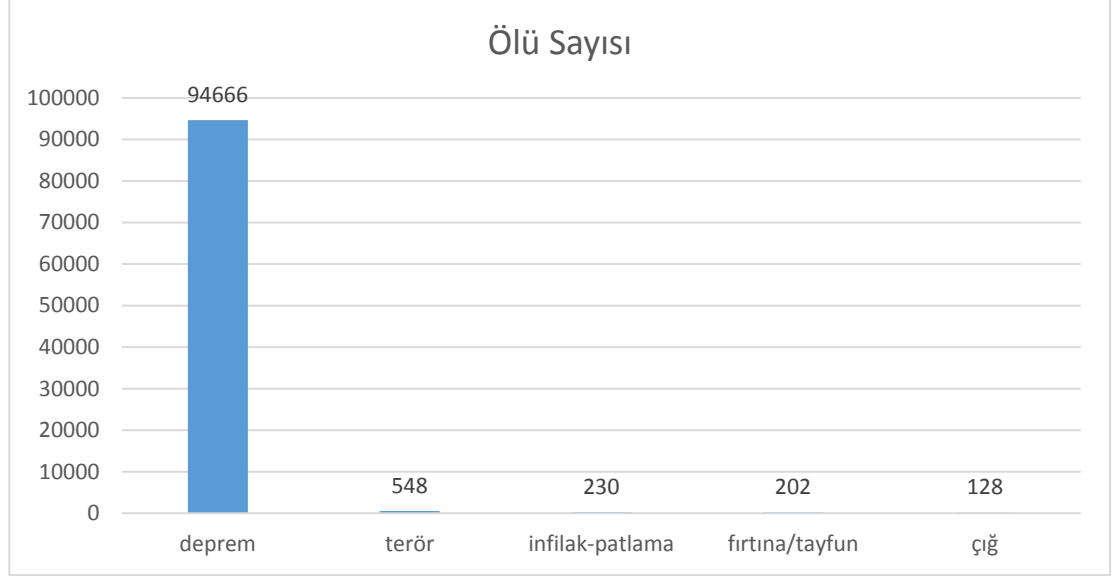


Kaynak: [www.afad.gov.tr](http://www.afad.gov.tr)

### Şekil 1.2. 1939'dan İtibaren Ülkemizde Meydana Gelen Afetler

AFAD ülkemizde kayıtlara geçen doğal afetlerin istatistiklerini tutmaktadır. Türkiye'de doğal afetler ile ilgili politikaların geliştirilmeye başlandığı 1939 yılından itibaren yaşanan afetlere bakıldığında en çok heyelan felaketinin yaşandığı görülmektedir. AFAD kayıtlarına göre 1939 yılından itibaren 15494 heyelan felaketi yaşanmıştır. Bunun yanı sıra 5663 sel, 2254 yangın, 1882 çığ, 1810 fırtına/tayfun, 845 aşırı kış koşulları, 608 kentsel yangın felaketi yaşanmıştır. Ülkemizde en çok can ve mal kaybına neden olan deprem felaketi ise 3013 kez yaşanmıştır.





Kaynak: www.afad.gov.tr

**Şekil 1.3. 1939 Yılından İtibaren Ülkemizde Meydana Gelen Afetlerde Kaybettiğimiz İnsan Sayısı**

Ülkemizde 1939 yılından itibaren afetlerde yaklaşık 99 bin insanımız hayatını kaybetmiştir. Bu kayıpların 94666 tanesi deprem felaketlerinde hayatını kaybetmiştir. Bunun yanı sıra 265 insanımız infilak/patlama felaketlerinde, 230 insanımız sel felaketlerinde, 208 insanımız fırtına/tayfun felaketlerinde, 202 insanımız terör olaylarında ve 128 insanımız ise çığ felaketlerinde hayatlarını kaybetmiştir.

Ülke çapında 1939 yılından itibaren meydana gelen afetlerde yaklaşık 60 bin insanımız ise yaralanmıştır. 46279 insanımız deprem felaketlerinde, 1352 insanımız infilak/patlama felaketlerinde, 944 vatandaşımız aşırı kış koşullarında, 548 vatandaşımı terör olaylarında, 326 vatandaşımız fırtına/tayfun felaketlerinde, 250 vatandaşımız ise kentsel yangın felaketlerinde yaralanmıştır.

Yine AFAD verilerine göre afetlerde 58121 bina yıkılmıştır. Yıkılan binaların 56223 tanesi depremde, 1099 tanesi heyelanda, 507 tanesi sel felaketlerinde ve 135 tanesi ise çığ felaketlerinde yıkılmıştır.

Meydana gelen afetlerde 1234741 bina ise hasar almıştır. Hasar alan binaların 1135819 tanesi deprem felaketlerinde hasar almıştır. Bunun yanı sıra 62400 bina sel felaketlerinde, 21334 bina heyelan felaketinde, 3648 bina fırtına/tayfun felaketlerinde, 1179 bina çığ felaketlerinde ve 961 bina ise kentsel yangınlarda hasar almıştır. (<https://tabb-analiz.afad.gov.tr/Genel/Raporlar.aspx> E.T. 19.02.2020)

Türkiye Afet Bilgi Bankası (TABB) kayıtlarına göre ülkemizde en çok deprem felaketinden kaynaklanan can ve mal kayıpları yaşanmaktadır. Buna göre kayıtlara geçen ölümlerin yaklaşık %95'i, yaralanmaların %76'sı, yıkılan binaların yaklaşık %96'sı ve hasarlı binaların yaklaşık %92'si deprem felaketi nedeniyle meydana gelmiştir. Bu nedenle depreme hazırlıklı olunması ve gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

#### **1.4. Lojistik Kavramı ve Gelişimi**

Lojistik kavramının tarihsel gelişimine bakıldığında, lojistiğin öncelikle askeri alanda kullanıldığı görülmektedir (Çekerol, 2013:4) Lojistik ilk olarak orduların ulaştırma, tedarik ve askerlerin savaş sırasında doğru bir şekilde konumlandırılması sanatı olarak tanımlanmıştır (Wolf ve Yıldız, 2018:188). Lojistiğin askeri alandan çıkıp işletmeler tarafından benimsenmesi yirminci yüzyıl ile birlikte olmuştur. Modern anlamda lojistiğin en geçerli tanımı Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP) tarafından yapılmıştır. Bu tanıma göre lojistik; “tüketici ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla; malların, hizmetlerin ve bilginin son tüketiciye ulaşmaya kadar gerekli olan prosedürlerin planlanması, uygulanması ve kontrol edilmesi süreci”dir ([https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx) E.T. 05.01.2022).

Lojistiğin ticari alanda gelişim süreci incelendiğinde beş temel süreçten bahsedilebilir. 1960'lı yıllarda lojistik daha çok depolama ve ulaştırma amacıyla kullanılmıştır. Bu dönemde lojistik faaliyetler arasında bağlantı zayıf ve dağınıktır. 1980'li yıllara gelindiğinde ise lojistik faaliyetler toplam maliyet yönetimin önemli bir unsuru haline gelmiştir. Bu dönemde lojistik merkezleştirilmiş, süreç optimizasyonu sağlanması için adımlar atılmıştır. Bunu sağlamak adına bilgisayar uygulamaları lojistik süreçlerde kullanılmaya başlanmıştır. 1980'li yıllar ile birlikte lojistiğin rekabet avantajı sağlamada önemli bir unsur olduğu fark edilmiştir. 1990'lı yıllarda ise entegre lojistik yönetimi kavramı işletmeler tarafından benimsenmiştir. Lojistik faaliyetler, işletme faaliyetleri ve süreçleri ile bütünleştirilmiştir. 2000'li yıllara gelindiğinde ise tedarik zinciri yönetimi kavramı ortaya çıkmıştır. Tedarik zinciri yönetimi kavramı ile birlikte teknoloji kullanımı artmıştır. Gelişen teknoloji ve bu teknolojinin lojistik alanında kullanımının artması ile birlikte E-Tedarik Zinciri Yönetimi kavramı geliştirilmiştir.

Tedarik Zinciri yönetimi kavramına internetin eklenmesi ile birlikte düşük maliyetli anında veri tabanı paylaşımı, tedarik zinciri yönetimi senkronizasyonu ve tedarik zinciri ağı ile ticari ortaklıklar ön plana çıkmıştır (Gülenç ve Karaköz, 2008:77).

#### **1.4.1. Lojistiğin Öneminin Artmasının Nedenleri**

1980'li yıllardan itibaren teknolojinin gelişmesi ile birlikte üretim maliyetleri azalmıştır. Ayrıca taşımacılık alanındaki gelişmeler sonucu daha önce taşınması mümkün olmayan ürünler yeni pazarlara girmeye başlamıştır. Bu da uluslararası alanda rekabetin artmasına neden olmuştur. İşletmeler ise küresel rekabet ortamında ayakta kalabilmek için maliyetlerini düşürmek zorunda kalmıştır. Bütün işletmeler benzer hammadde maliyetleri ile karşı karşıya olduğundan hammadde maliyetleri açısından bir rekabet avantajı oluşturmak pek mümkün değildir. Bu da işletmeleri farklı arayışlara sevk etmiştir. İşletmeler üretimlerini işgücü maliyetlerinin düşük olduğu, hammadde ve hedef pazarlara yakın olan bölgelere taşımaya başlamıştır. Bu durum lojistik faaliyetlerinin öneminin artmasına neden olmuştur. Lojistiğin günümüzde öneminin artmasının sebepleri;

- Küreselleşme ile birlikte tedarik, üretim ve hedef pazar arasında gerçekleşen depolama ve malzeme ihtiyacının artması,
- Küresel rekabet ortamında maliyet avantajı yaratmanın zorlaşması,
- Rekabet avantajı sağlamak amacıyla lojistik süreçlerin verimli bir şekilde gerçekleştirilmesi gerekliliği,
- Rekabet avantajı sağlamak amacıyla doğru malzemelerin, doğru yerde ve doğru zamanda sağlanması gerekliliği,
- İşletmelerin dış kaynak kullanımının artması ile birlikte üretim süreçlerinde ihtiyaç duyulan malzeme, hizmet ve bilgi akışının sağlanması ihtiyacı,
- Küreselleşme ile birlikte müşteri beklentilerinin değişmesi,
- Değişen müşteri beklentilerinin tespiti için doğru bilgi akışı ihtiyacı,
- Tedarik zinciri yapısının değişmesi ile birlikte farklı bölgelerden malzeme, bilgi ve hizmet akışı ihtiyacı ve
- Müşteri memnuniyeti için ihtiyaç duyulan hızlı teslimat, sipariş takibi, ürün iadesi gibi yeni nesil hizmet kavramlarının ortaya çıkması olarak sayılabilir (Demir, 2013:5-7).

Değişen müşteri beklentileri ile birlikte lojistik işletmeler açısından daha önemli hale gelmiştir. Etkin ve doğru bir şekilde yönetilen lojistik faaliyetler tüketicilere yer ve zaman faydası sağlamaktadır. Ürünlerin tüketicilerin istediği zamanda ve yerde bulunması müşteri memnuniyeti açısından hayati önem taşımaktadır. Lojistik süreçlerde yaşanabilecek herhangi bir aksaklık ise hem tüketici hem de işletmeler açısından çeşitli problemlere neden olmaktadır (Sezen, 2001: 25).

#### **1.4.2. Lojistik Türleri**

Lojistik faaliyetler üretim lojistiği, tedarik lojistiği, dağıtım lojistiği ve tersine lojistik olmak üzere dörde ayrılabilir.

##### **1.4.2.1. Tedarik Lojistiği**

Tedarik lojistiği, üretim için ihtiyaç duyulan malzemelerin tespiti, kaynakların planlanması, araştırma, tasarım, geliştirme, üretim hattının optimizasyonu ve kalite kontrol gibi faaliyetler bütünü olarak tanımlanabilir (Orhan, 2003: 18). Tedarik lojistiği üretim öncesinde gerçekleştirilir. Tedarik lojistiği sayesinde üretimde kullanılacak olan kaynaklar üretim hattına taşınır. Tedarik lojistiği ile işletmeler üretimde kullanılacak olan hammadde ve yarı mamulleri daha az maliyetle üretim hattına ulaştırmayı amaçlar (Eker, 2006:7).

##### **1.4.2.2. Üretim Lojistiği**

Üretim lojistiği; endüstriyel işletmelerde üretim için kullanılacak bütün malzemelerin akışları ve bu akışlara ilişkin bilginin planlanması, yönetimi ve kontrolü olarak tanımlanabilir (Koban ve Keser, 2007: 65). Bir üretim tesisinde üretim için kullanılacak olan malzemelerin fabrikaya getirilmesi gerekmektedir. Bütün bu malzemeler üretimi aksatmayacak şekilde depolanmalıdır ve gerektiği zaman üretim hattında bulundurulmalıdır. Bunun yanı sıra gerekli bilgi akışının da doğru bir şekilde sağlanması gerekmektedir (Karacan ve Kaya, 2011: 76-77).

##### **1.4.2.3. Dağıtım Lojistiği**

Dağıtım lojistiği; üretimi tamamlanan ürünlerin tüketicilere ulaştırılması süreci olarak tanımlanabilir. Dağıtım lojistiği sürecinde üreticiler, dağıtım kanallarını kullanarak toptancı ve perakendeciler yardımıyla ürünlerin tüketicilere ulaştırılmasını

sağlar ve rekabet üstünlüğü elde etmeye çalışmaktadır (Eker, 2006: 9). Üretilen ürünlerin tüketicilere istenilen yer ve zamanda ulaştırılması gerekmektedir. Bu noktada dağıtım lojistiği devreye girmektedir. Dağıtım lojistiği sayesinde tüketicilere yer ve zaman faydası sağlanır (Görçün, 2010: 22). Dağıtım lojistiğinin en önemli unsurlarından bir tanesi stok yönetimidir. Ürünler tüketicilere ulaştırılmadan önce bekletilmesi gerekebilir. Doğru bir şekilde planlanan dağıtım lojistiği süreci ile birlikte işletmeler daha yüksek müşteri memnuniyeti sağlayabilir (Kurt, 2010: 89).

#### **1.4.2.4. Tersine Lojistik**

Artan rekabet ortamı, çevresel sorunların artması ve kaynakların azalması gibi nedenler işletmeleri ürünlerin geri kazanımı konusunda çözümler üretmeye zorlamaktadır. Bu noktada tersine lojistik kavramı ortaya çıkmıştır. Tersine lojistik; ürün ve bilgilerin tüketim noktasından üretim noktasına doğru akışının yönetimi olarak tanımlanabilir (Karaçay, 2005: 317). Tersine lojistik faaliyetleri ile ürünler tekrar üretime kazandırılmaktadır. Bu sayede işletmeler maliyetlerini azaltma imkânı bulurken aynı zamanda kaynak kullanımı ve çevreye verilen zarar azaltılmaktadır. Tersine lojistik faaliyetlerinin sağladığı yararlar sürdürülebilir üretim ve kalkınmaya katkıda bulunmaktadır.

#### **1.5. İnsani Lojistik Kavramı**

Literatür incelendiğinde insani lojistik kavramı zaman zaman afet lojistiği, insani yardım lojistiği gibi kavramlarla da ifade edilmektedir. Afetler meydana geldikten sonra çok sayıda insan yardıma ihtiyaç duymaktadır. Afetten etkilenen insanlara gerekli yardım malzemelerinin ulaştırılması için doğru bir planlamanın yapılması gerekmektedir. Afetzedelere ulaştırılacak yiyecek, içecek, ilaç ve barınma ihtiyaçları için malzemelerin dağıtımının etkin ve verimli bir şekilde planlanması, yönetimi ve kontrolü afet sırasında ortaya çıkacak zararların en aza indirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır.

İnsani lojistik ile ilgili literatürde farklı tanımlar bulunmaktadır. Tomasini ve Wassenhove (2009) insani lojistiği; afetlerden etkilenen ihtiyaç sahiplerine ulaştırılmak üzere insani yardım malzemelerinin planlanması, dağıtımı ve kontrolünden oluşan süreç olarak tanımlamıştır. Heiserich vd. (2011)'e göre insani lojistik, olası bir afet sırasında afetten etkilenenlere gerekli yardımların ulaştırılması için yapılan lojistik faaliyetlerin

bütünüdür. Çağlar ve Kuşçuoğlu (2013) ise insani lojistiği, afete maruz kalan afetzedelere gerekli yardımların lojistik faaliyetler yardımıyla etkin ve verimli bir şekilde yönetimi olarak tanımlamıştır. İnsani lojistik; karşılaşılan bir afet sırasında afetzedelerin karşılaştığı zararları en aza indirmek ve ihtiyaçlarını karşılamak için gerekli olan her türlü gıda, içecek, ilaç, bilgi ve hizmetlerin afet noktalarına verimli ve en düşük maliyet ile ulaştırılması için yürütülen bütün planlama, uygulama ve kontrol faaliyetleri olarak tanımlanabilir. Aynen geleneksel tedarik zinciri yönetiminde olduğu gibi insani lojistikte de afetzedelere doğru ürünü, doğru kalitede, doğru zaman ve yerde ulaştırmak hedeflenmektedir. Son yıllarda artan doğal afetler insanlara hem maddi hem de manevi açıdan büyük zararlar vermektedir. Bu nedenle insani lojistik alanında yapılacak olan çalışmalar doğal afetlerin verdiği zararların azaltılmasında önemli bir rol oynamaktadır (Şatoğlu ve Öksüz, 2018: 2).

### **1.5.1. İnsani Lojistik ile İşletme Lojistiği Arasındaki Farklar**

İnsani lojistik kavramının her ne kadar işletme lojistiği ile benzer yönleri olsa da özellikle amaç ve uygulama alanında belirgin farklılıkları vardır. Balçık ve Beamon (2008) yaptıkları çalışmada bu farklılıkları temel olarak dört başlıkta toplamıştır. İnsani lojistikte oluşacak olan talep, talebin zamanı, yeri, tipi ve büyüklüğünün tahmin edilmesi zordur. Bunların yanı sıra insani lojistikte malzeme, personel, teknolojik ve mali yetersizlikler mevcuttur. Ayrıca talep aniden ve büyük miktarlarda ortaya çıkmaktadır. Bütün bu problemlere rağmen afetlerden etkilenen kişilere gerekli malzemelerin teslimi, zamanında ve yeterli bir şekilde yapılmalıdır. Bu da insani lojistik faaliyetlerinin planlanması ve uygulanması konusunda problemlere neden olmaktadır. Ertem vd. (2010) yaptıkları çalışmada işletme lojistiği ile insani lojistik arasındaki farklılıkları sıralamıştır.

**Tablo 1.1.** İşletme Lojistiği ile İnsani Lojistik Arasındaki Farklar

	İşletme Lojistiği	İnsani Lojistik
Amaç	Kar Maksimizasyonu	Hayat Kurtarma ve Afetzedelere Yardım
Talep Yapısı	Çoğunlukla Sabit ve Tahmin Yöntemleri İle Öngörülebilir.	Nicelik, Zaman ve Yer Bakımından Düzensiz. Talep Genellikle Afetin Oluştuktan Sonra Tahmin Edilebilir.
Tedarik Yapısı	Çoğunlukla Öngörülebilir.	Tedarik İçin Ayni ve Nakdi Yardımlar Kullanılır. Yapılan Yardımlar Darboğazları Azaltmaya Öncelik Verilerek Sıralanır.
Akış Tipi	Ticari Ürünler	Tahliye Araçları, İnsanlar, Barınak, Yiyecek, Hijyen Kitleri vb.
Teslimat Süresi	Çoğunlukla Önceden Belirlenir	Yardımlara Acil İhtiyaç Duyulduğundan Hemen Teslim Edilmesi Gerekir.
Teslimat Ağ Yapısı	Depo ve Dağıtım Merkezlerinin Sayısının ve Yerlerinin Tespiti İçin Belirli Teknikler Geliştirilmiştir.	Dinamik Ağ Yapısı, Ad hoc tesisler
Envanter Kontrolü	Emniyet Stoğu Bulundurulur	Tahmin Edilemeyen Talep Nedeniyle Envanter Kontrolü Zordur.
Teknoloji Ve Bilgi Sistemleri	Ticari Yazılım Paketleri ile Yüksek Teknoloji Kullanılır.	Lojistik Verilerin Kayıt ve Takibi İçin Daha Düşük Teknolojili Yazılımlar Kullanılır.
Performans Ölçüm Yöntemi	Temel Tedarik Zinciri Metrikleri Kullanılır.	Afete Müdahale Zamanı, Talebin Ne Kadar Karşılındığı Gibi Ölçümler Geçerlidir.
Ekipman Ve Araçlar	Kamyonlar, Çeşitli Taşıma Araçları ve Forkliftler	Kolay Montaj ve Demontaja İmkan Sağlayan Ekipmanlar
İnsan Kaynakları	Ticari Tedarik Zinciri Yönetimi Alanında Çalışanlar	Gönüllü Çalışanlara Dayalı, Zorlu Fiziksel ve Psikolojik Şartlarda Çalışma, Yüksek Çalışan Devir Hızı
Paydaşlar	Hissedarlar, Müşteriler ve Tedarikçiler	Bağışçılar, Hükümetler, Ordu, STK'lar, Afetzedeler, Uluslararası Kuruluşlar

Kaynak: Ertem vd. (2009)'dan türetilmiştir.

İşletme lojistiği ile insani lojistik kavramı birbirinden farklı kavramlardır. İşletme lojistiğinde temel amaç karın maksimizasyonudur. İnsani lojistikte ise afetzedelerin kurtarılması ve temel insani ihtiyaçlarının karşılanması amaçlanır. İşletme lojistiğinde talep yapısı genellikle sabittir. Bunun yanı sıra talep, tahmin yöntemleri ile öngörülebilir. İnsani lojistik faaliyetlerinde ise talep nicelik, zaman ve yer bakımından düzensizdir. İnsani lojistikte talebi belirlemek zordur ve genellikle afet olduktan sonra talep tahmini doğru bir şekilde yapılabilir. İşletme lojistiğinde tedarik yapısı genellikle öngörülebilir. Ancak insani lojistikte tedarik için ayni ve nakdi yardımlara ihtiyaç duyulur. Ayrıca yapılan bu yardımların doğru bir şekilde sınıflandırılması ve öncelikler belirlenerek kullanılması gerekir. İşletme lojistiğinde ticari ürünlerin akışı sağlanır. İnsani lojistikte ise tahliye araçları, barınak, afetzedelere ulaştırılacak yiyecek ve içecek maddeleri ile hijyen kitleri gibi ürünlerin akışı sağlanır. İşletme lojistiğinde teslimat süreleri özel durumlar dışında önceden belirlenmiştir. İnsani lojistikte ise yardımlar, afetzedelere afet olduktan sonra hemen teslim edilmelidir. İşletme lojistiğinde talep miktarı ve talebin olduğu yerler genellikle sabittir. Bu nedenle kullanılacak olan depolar ve dağıtım merkezlerinin yeri ve sayısının belirlenmesi için belirli yöntemler kullanılır. İnsani lojistikte ise talebin nerede olacağı ve talep miktarını belirlemek zordur. Bu nedenle daha dinamik bir ağ yapısı bulunmaktadır. İnsani lojistikte daha çok ad-hoc dağıtım tesisleri ya da talep noktaları kullanılır. İşletme lojistiğinde emniyet stokları bulundurulur. Ancak insani lojistikte talep tahmini ile ilgili problemlerden dolayı envanter kontrolü zordur. İşletme lojistiğinde daha yüksek teknoloji ürünü yazılımlar kullanılır. İnsani lojistikte ise bunun yerine verilerin kayıt ve takibi için daha düşük teknoloji kullanılır. İşletme lojistiğinde performans ölçümü için temel tedarik zinciri metrikleri kullanılır. Ancak insani lojistikte performans ölçümünde afete müdahale zamanı, afetzedelerin ihtiyaçlarının ne ölçüde karşılandığı ve ayni veya nakdi yardım yapanların memnuniyet düzeyi gibi metrikler belirleyicidir. Ticari lojistikte çeşitli taşıma araçları ve forklift gibi araçlar kullanılırken insani lojistikte afet anında hızlı bir şekilde monte ve demonte edilebilecek araçlar kullanılır. İşletme lojistiğinde insan kaynaklarını ticari tedarik zinciri yönetiminde çalışanlar oluştururken insani lojistikte daha çok gönüllüler görev alırlar. Bunun yanı sıra zorlu psikolojik ve fiziksel çalışma koşulları bulunmaktadır. Ayrıca genellikle gönüllülük esasına dayandığından çalışan devir hızı işletme lojistiğine göre daha fazladır. İşletme lojistiğinde hissedarlar,

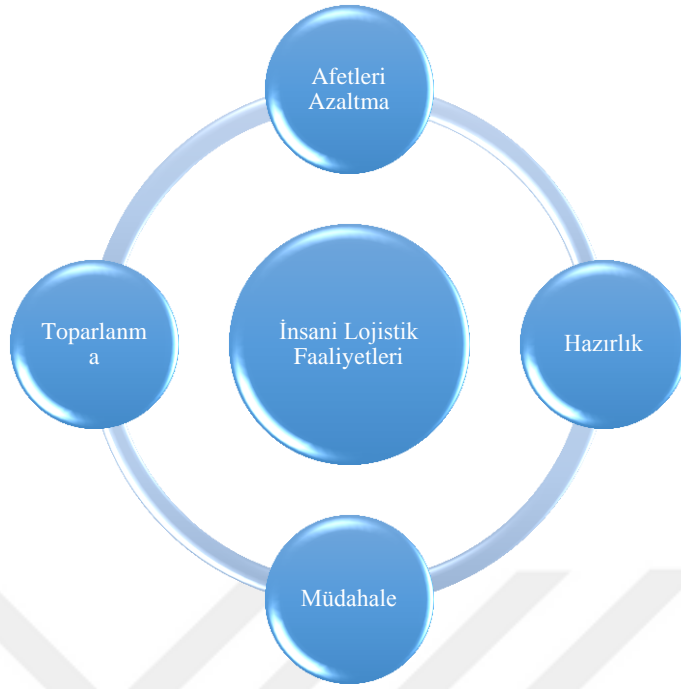


müşteriler ve tedarikçiler paydaşları oluşturur. İnsani lojistikte ise bağışçılar, hükümetler, sivil toplum kuruluşları, afetzedeler ve uluslararası örgütler gibi paydaşlar bulunmaktadır.

İşletme lojistiğı ile insani lojistik arasında özellikle amaç ve lojistik faaliyetlerin uygulaması konusunda farklılıklar bulunmaktadır. Özellikle işletme lojistiğinde talep, tedarik yapısı, teslimat süresi ve teslimat ağ yapısı gibi faktörlerin belirlenmesi daha kolaydır. Bu da belirsizliğı azaltmaktadır. İnsani lojistikte ise bu faktörlerin belirlenmesi zordur ve oluşan afetin büyüklüğü, afetin oluştuğı yerin fiziksel özelliklerine göre farklılık göstermektedir. Bu durum planlama aşamasında zorluklara neden olmaktadır. İşletme lojistiğinde karın maksimizasyonu için faaliyetlerde bulunulurken insani lojistikte afetin neden olduğı zararların azaltılması için faaliyetler yürütölmektedir. Çünkü afetten hemen sonra mümkün olduğunca daha çok afetzedeye ulaşarak yardımların ulaştırılması hayati önem taşımaktadır. İşletme lojistiğinden farklı olarak maliyet ikinci plandadır ve temel amaç mevcut imkânları etkin şekilde kullanarak afetzedelere maksimum faydayı sağlamaktır (Çağlar ve Kuşçuoğlu, 2013:48).

### **1.5.2. İnsani Lojistik Faaliyetleri**

Şekil 1.4'te göröldüğü üzere Altay ve Green insani lojistik faaliyetlerini dört ana başlık halinde incelemiştir(Altay ve Green, 2006:481). Altay ve Green'e göre bu aşamalar afetleri azaltma, hazırlık, müdahale ve toparlanma aşamalarıdır. Afetleri azaltma aşamasında arazilerin nasıl kullanılacağı ile ilgili planların yapılması, afet sırasında kayıpları önlemek için teknolojik imkânlardan faydalanılması, afetleri önceden tespit edebilmesi için gerekli ölçümlerin yapılması, potansiyel afet bölgelerindeki binaların afete karşı dirençlerinin geliştirilmesi, devletin vergi teşvikleri ve diğere caydırıcı tedbirleri alması, afetten sonra gerekli altyapının yeniden kurulması için uygun metotların belirlenmesi, afet sırasında olası tehlikelerin risk analizi yöntemleri kullanılarak ölçülmesi ve afetlerin neden olduğı maddi sorunların önüne geçmek için doğru sigorta planlarının oluşturulması ve bu sigorta planlarının uygulanması için teşviklerin yapılması afetleri azaltma aşamasında alınabilecek tedbirler olarak sayılabilir.



Kaynak: Altay ve Green, 2006:481'den uyarlanmıştır.

#### Şekil 1.4. İnsani Lojistik Faaliyetleri

Hazırlık aşamasında yapılacak faaliyetler ise afet anında acil hizmetlerin sağlanabilmesi için gerekli personelin temini, afet anında yardımları düzenleyecek ve dağıtacak gönüllü gruplarının kurulması, acil durum planlaması, lojistik planlama, uluslararası kar amacı gütmeyen kuruluşlar ile ortaklık anlaşmalarının yapılması, hem vatandaşlar hem de hizmet sağlayacak personelin eğitimi, afet anında gerekli olacak malzemelerin temini ve uygun şartlarda depolanması, iletişim sistemlerinin modernizasyonu ve geliştirilmesi ve gerekli tatbikatların yapılması olarak sayılabilir.

Afet sırasında ise acil eylem planının uygulanması için harekete geçilmesi, oluşturulan acil operasyon merkezlerinin harekete geçirilmesi, afetten etkilenen bölgelerin hızlı bir şekilde tahliye edilmesi, afetten etkilenenlerin kalacağı acil merkezlerin hazırlanması ve altyapı gibi gerekli hizmetlerin sağlanması ve afet anında gerekli güvenliğin sağlanması için kolluk kuvvetlerinin görevlendirilmesi müdahale aşamasında yapılabilecek faaliyetlerdir.

Toparlanma aşamasında ise afet bölgelerindeki enkazın kaldırılması, afetten etkilenenler için finansal yardımların sağlanması, afetten zarar gören altyapı tesislerinin yeniden inşa edilmesi, afetten etkilenen insan ve hayvanlar için kalıcı barınakların yapılması ve afetten sonra vatandaşlara psikolojik desteklerin verilmesi faaliyetleri yürütülebilir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### DEPREM RİSK ANALİZİ VE İNSANİ LOJİSTİKTE TESİS YERİ SEÇİMİ PROBLEMİ KAVRAMI

Bu bölümde deprem risk analizi kavramı ile insani lojistikte tesis yeri seçimine ilişkin kavramsal çerçeve sunulmuştur. Öncelikle deprem risk analizi kavramından bahsedilerek, deprem risk analizinde kullanılan yöntemler belirtilmiştir. Daha sonra ise deprem risk analizinde kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri genel olarak anlatılarak bulanık mantık kavramı açıklanmıştır. Literatürde bulanık mantık kullanılarak yapılan risk analizi çalışmaları incelenmiştir. Son olarak ise insani lojistikte tesis yeri seçiminde kullanılan yöntemler incelenerek literatürde insani lojistikte tesis yeri seçimine ilişkin yapılan çalışmalar sunulmuştur.

#### 2.1. Deprem Risk Analizi Kavramı

Ülkemiz sıklıkla depremlerin yaşandığı bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle deprem riskinin belirlenmesi ve tedbirlerin bu riskler çerçevesinde alınması önem arz etmektedir. Tanım olarak deprem riski, deprem tehlikesinin oluşma olasılığı ve deprem oluştuğunda bu depremin neden olacağı zararların bütünü olarak tanımlanabilir (Kundak ve Türkoğlu, 2017: 37). Ülkemizin deprem kuşağında yer aldığı gerçeğiyle yüzleşerek risk analizi çalışmalarını bu doğrultuda yapmak daha doğru bir bakış açısı olacaktır. Bunun için depremin önceden tahmin edilmesi yerine deprem bölgelerindeki yapılaşma göz önünde bulundurularak depremin oluşturacağı zararların risk analizinin yapılması gerekmektedir (Yalçın, 2021: 58).

Bir bölgenin deprem riski dört ana başlık altında belirlenebilir. Bunlar deprem tehlikesi, arazi kullanımı, demografik yapı ve ekonomik yapıdır. Deprem riski belirlenirken, depremin büyüklüğü ve oluşan depremin farklı zemin koşullarında yayılım hızı ve ivmesi önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca depremin yaşandığı bölgedeki arazinin kullanımı deprem riskini belirleyici faktörlerden bir tanesidir. Örneğin, deprem bölgesindeki bina yoğunluğu, yapısı ve yüksekliği deprem riskini belirleyen faktörlerdir. Bunun yanı sıra deprem bölgesindeki demografik yapı, deprem sırasında ve sonrasında insanların kendilerini koruma potansiyelini belirleyen faktörlerden bir tanesidir. Özellikle çok genç ve çok yaşlı nüfusun olduğu bölgeler, tehlike sırasında acil

yardımlara daha çok ihtiyaç duyacağı değerlendirilebilir. Bunun yanı sıra depremin yaşandığı bölgedeki ekonomik durum bir başka risk unsuru olarak öne çıkmaktadır. Deprem ekonomik açıdan kötü durumda olan bölgelerde daha çok zarara neden olacağı düşünülebilir (Kundak ve Türkoğlu, 2007:40-41).

### **2.1.1. Deprem Risk Analizinde Kullanılan Yöntemler**

Literatür incelendiğinde bir bölgenin deprem riski belirlenirken farklı yöntemlerin kullanıldığı gözlemlenmektedir. Coulomb gerilme analizi (Gök vd., 2020), Poisson ve Gumbel uç değerler dağılım modelleri (Sezer ve Hiçyılmaz, 2019), Gutenberg ve Richter bağıntısı (Çobanoğlu ve Alkaya, 2011; Karapınar, 2018; Doğruyol, 2021), TFZ sismik etkinlik verileri (Yeken ve Yoğurtçuoğlu, 2018), markov zincirleri ve monte carlo metodu (Mignan vd., 2018) gibi yöntemlerin literatürde kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca coğrafi bilgi sistemleri tabanlı deprem risk analizi çalışmaları da (Güven ve Gerçek, 2017; Yalçın ve Sabah, 2018; Sarı ve Türk, 2020; Sönmez, 2021) literatürde kullanılmıştır. Bunun yanı sıra bir bölgenin deprem risk analizi yapılırken literatürde sıklıkla çok kriterli karar verme yöntemleri de kullanılmaktadır. Bu çalışmada Elazığ ili merkez ilçesinde bulunan mahallelerin deprem risk analizi yapılırken bulanık çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Bu bölümde çalışmada kullandığımız çok kriterli karar verme yöntemleri genel hatlarıyla değerlendirilmiştir. Sonrasında ise bölgesel deprem risk analizinde çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar literatür taraması şeklinde verilmiştir.

#### **2.1.1.1. Çok Kriterli Karar Verme Kavramı**

İnsanlar günlük hayatlarında birçok problem ile karşılaşmaktadır. Bu problemlerin çözümü için karar verilirken genellikle birden fazla ve birbiriyle çelişen kriterler göz önünde bulundurulmalıdır. Çok kriterli karar verme yöntemleri de bu durumlarda karar vermesi gereken kişilerin belirlenen kriterler doğrultusunda karar vermelerine yardımcı olan yöntemlerden bir tanesidir (Ersöz ve Kabak, 2010). Çeşitli alternatifler arasında karar vermek durumunda kalan insan bu alternatifleri değerlendirirken birçok parametreyi göz önünde bulundurmak zorundadır. Alternatiflerin her birinin kendine özgü avantaj ve dezavantajlarının bulunması karar vermeyi zorlaştırmaktadır. Bu gibi durumlarda karar verici karar verme problemi ile ilgili bütün kriterleri göz önünde bulundurmalıdır. Çoğu durumda da alternatifler arasında ölçülmezlik ve

karşılaştırılamamazlık gibi durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu noktada çok kriterli karar verme yöntemleri devreye girmektedir. Çok kriterli karar verme yöntemleri bütün bu olumsuzlukları göz önünde bulundurarak en doğru alternatifi seçme konusunda karar vericiye yol göstermektedir. Çok kriterli karar verme yöntemlerindeki temel amaç alternatif ve kriter sayısının fazla olduğu durumlarda karar vericiye mümkün olan en doğru alternatifi seçme olanağı sunmaktadır. (Genç ve Urfalıoğlu, 2013).

Çok kriterli karar verme; birden fazla alternatifin yine birden fazla kriter ışığında değerlendirerek sıralamayı ve alternatifler arasından en uygun olanını seçmeyi sağlayan model ve yaklaşımlar bütünü olarak tanımlanabilir (Eş, 2013:5). Çok kriterli karar verme 1960'lı yıllarda geliştirilmeye başlanmıştır. Literatür incelendiğinde çok sayıda çok kriterli karar verme yönteminin geliştirildiği gözlemlenmektedir. Bu yöntemlerden başlıcaları AHP, ELECTRE, DEMATEL, PROMETHEE, TOPSIS ve ANP olarak sayılabilir.

### **2.1.1.2. Bulanık Mantık Kavramı**

Belirsizlik veya eldeki verilerin tam olmaması gibi durumlarda eldeki verilerle en doğru karara ulaşabilmek amacıyla bulanık mantık kullanılmaktadır. Karar problemi ile ilgili çözümün bulanık mantık kullanılarak yapılması, karar vericiye daha esnek bir karar ortamı sağlamaktadır. Bulanık mantık ile sözel olarak verilen bilgilerin sayısallaştırılması ve çözüme dâhil edilmesi sağlanmaktadır (Aydın, 2009:89).

Günlük hayatımızda kullanılan çoğu kavram bulanık olarak değerlendirilebilir. Bir olay tanımlanırken, bir değerlendirme yapılırken veya örnekleri çoğaltılabilecek birçok durumda kullanılan sözel ve sayısal ifadeler bulanıklık içermektedir. Örneğin; yaşlı, genç, orta yaşlı, kısa, uzun, soğuk, ılık, sıcak, güneşli, yağmurlu, bulutlu, parçalı bulutlu, kirli, temiz, az kirli, biraz yüksek, yüksek, düşük, alçak gibi birçok ifade bulanık ifadelerle örnek olarak gösterilebilir. Bir olay ya da durum açıklanırken yukarıda belirtilen bulanık ifadeler sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin; odamızın ışıklandırması yetersiz ise ışığı biraz artırırız veya ışıklandırma fazla ise biraz azaltırız. Bu durum beynimizin belirsizlik içeren durumlarda nasıl davrandığına bir örnek olarak gösterilebilir. Bulanık mantık ilk olarak Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya koyulmuştur. Bulanık küme kavramı ise 1970'li yıllarda kullanılmaya başlamıştır. 1980'li yıllardan itibaren özellikle Japonya'da üretilen ürünlerde bulanık mantığın

kullanılmaya başlanmıştır. Bu sayede günlük hayatımızda bulanık mantığın kullanımı artmıştır. Bulanık mantık otomasyon sistemlerinde, bilgi sistemlerinde, görüntülü tanılamada ve optimizasyon problemlerinde sıklıkla kullanılmaktadır. Bulanık mantığın temelini bulanık kümeler oluşturmaktadır. Bulanık kümeler ise üyelik fonksiyonları ile tanımlanmaktadır. Üyelik fonksiyonları da aslında birer bulanık sayıdır. Bulanık kümeler, farklı üyelik derecelerine sahip elemanları bulunan kümelerdir. Bulanık kümelerin her bir elemanı, 0-1 arasında değişen bir değere sahip olan üyelik fonksiyonları ile tanımlanır. Bulanık kümeye dâhil olmayan elemanların değeri 0, bulanık kümeye tam olarak ait olan elemanların değeri ise 1 ile gösterilir. Bunun yanı sıra bulanık kümeye dâhil olup olmadığı kesin olarak belli olmayan elemanların değerleri ise kümeye ait olma derecesine göre 0-1 arasında bir değer almaktadır. Bulanık küme teorisinin kesin küme teorisinden farkı, bu kümeye dâhil olup olmadığı tam olarak belli olmayan elemanların aldığı değerdir. Kesin küme teorisinde elemanların belirsiz olması gibi bir durum söz konusu değildir. Kesin küme teorisinde elemanlar kümeye dâhil ise 1, dâhil değilse 0 değerini alırlar. Örneğin, kesin küme teorisine göre su ya sıcaktır ya da soğuktur. Ancak bulanık küme teorisinde ise suyun sıcaklığı farklı değerler almaktadır. Örneğin su biraz sıcak, ılık veya biraz soğuk gibi değerler alabilmektedir (Altaş, 1999:80-84).

Bulanık mantığın en güçlü yönü belirsizlik içeren durumlarda sağladığı başarıdır. Belirsizlik içeren ve geleneksel yöntemlerin yetersiz kaldığı problemlerin çözümüne olanak sağlaması nedeniyle bulanık mantık sıklıkla kullanılmaktadır (Menteş, 2010:18). Bulanık mantığın bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Bulanık mantık insanların düşünme tarzına yakındır ve matematiksel modellere uyum sağlayabilmektedir. Ayrıca bulanık mantığın uygulanması hızlı ve ucuzdur. Bunun yanı sıra insan davranışlarını formüle etmeye imkân tanınması da yine en önemli avantajları arasında sayılabilir. Bulanık mantık kesin matematiksel modellere ihtiyaç duymaz. Bu nedenle matematiksel modelleri iyi tanımlanmayan, zamanla değişen ve doğrusal olmayan sistemler bulanık mantığın en başarılı uygulama alanları olarak öne çıkmaktadır. Bunun yanı sıra bulanık mantık oldukça karmaşık ve belirsizlik içeren sistemlerin tasarlanmasına imkân tanımaktadır. Gerçek hayatta karşılaşılan problemlerde insan faktörünü, belirsizlikleri ve kişisel önyargıları da göz önünde bulundurduğundan kesin matematiksel modellere göre daha esnek ve güvenilir olduğu söylenebilir. Yukarıda bulanık mantığın bazı

avantajlarından bahsedilmiştir. Bulanık mantığın bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Örneğin; bulanık mantık kullanılarak gerçekleştirilen çalışmalarda uygulanan kuralların uzman görüşü alınarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle üyelik fonksiyonlarını ve kuralları belirlemek kolay değildir. Üyelik fonksiyonları belirlenirken kesin sonuçlara ulaşmak mümkün değildir. Bu nedenle en doğru yöntem deneme-yanılma yöntemidir. Deneme-yanılma yöntemi ise zaman alan bir yöntemdir. Üyelik işlevleri belirlenirken uzun testler yapmak gerekebilir. Bulanık mantığın en temel dezavantajı sistemin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinin yapılmasında karşılaşılan sorunlardır. Bu analizler yapılırken ispatlanmış kesin bir yöntem bulunmamaktadır. Ayrıca geleneksel yöntemlerle kıyaslandığında bulanık mantığın verdiği sonucun ne kadar iyi olduğunun tespit edilememesi bir diğer dezavantajdır (Menteş, 2000; Elmas, 2003; Karakaşoğlu, 2008).

### **2.1.1.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Konusunda Yapılan Çalışmalar**

Çok kriterli karar verme yöntemlerinin günlük hayattaki uygulamalarına bakıldığında, karar vericilerin görüşlerini sözel olarak ifade ettikleri veya değerlendirmelerini yaparken objektif olmadıkları sıklıkla gözlemlenmektedir. Ayrıca karar vericilerin yaptıkları değerlendirmeler her zaman kesin yargılar içermeyebilir. Bu gibi modellerin analizinin bulanık mantık ile yapılması gerekmektedir. Bulanık mantık ile gerçekleştirilen çok kriterli karar verme çalışmalarında, klasik çok kriterli karar verme çalışmalarında olduğu gibi en iyi çözüme ulaşılması amaçlanmaktadır. Fakat klasik çok kriterli karar verme yöntemlerinden farklı olarak optimum sonuçtan ziyade optimum çözüme en yakın çözüm elde edilmektedir. Mevcut problemin belirsizlikler içermesi veya problemdeki değişkenlerin bir kısmının ya da tamamının kesin olarak bilinmediği durumlarda bulanık mantığın kullanılması gerekmektedir (Klir ve Yuan,1995 akt. Aydın, 2009: 91).

**Tablo 2.1.** Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Yapılan Çalışmalar

Yazar	Yıl	Konu	Yöntem
Hsieh vd.	2004	Kamu Binalarının Yer Seçimi	Fuzzy Ahp
Wu vd.	2009	Bankacılık Performansı	Fuzzy Ahp
Shuai	2009	Ortak Seçimi	Fuzzy Ahp
Chen vd.	2011	En İyi Çevre Havza Planı	Fuzzy Ahp
Haldar vd.	2012	Esnek Tedarikçi Seçimi	Fuzzy Ahp-Topsis-Qfd
Karami ve Guo	2012	IT Servis Sağlayıcılarının Seçimi	Fuzzy DEA-AHP
Rezaei vd.	2013	Yeraltı Barajlarının Kuruluş Yeri Seçimi	Fuzzy Ahp
Haldar vd.	2014	Esnek Tedarikçi Seçimi	Fuzzy Topsis
Erol vd.	2014	Nükleer Tesislerin Yer Seçimi	Fuzzy Entrophy-Fuzzy Compromise Programming (Cp)
Moghimi ve Anvari	2014	Şirketlerin Finansal Performans Analizi	Fuzzy Ahp-Topsis
Güzel ve Erdal	2015	Güvenlik Hizmetlerinde Tesis Yeri Seçimi	Fuzzy Topsis-Fuzzy Vikor
Sahu vd.	2016	Esnek Tedarikçi Seçimi	Fuzzy Vikor
Kharat vd.	2016	Katı Atık Depo Yeri Seçimi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis
Pramanik vd.	2017	Esnek Tedarikçi Seçimi	Fuzzy Ahp-Topsis-Qfd
Panchal vd.	2017	Suni Gübre Endüstrisi İçin Bakım Karar Problemi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Codas
Mohammed vd.	2019	Esnek Tedarikçi Seçimi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis
Nyimbili ve Erden	2020	Yangın Müdahale Tesisi Yer Seçimi	Fuzzy Ahp
Jesya ve Gopinath	2020	Yeraltı Suyu Potansiyeli Değerlendirme	Fuzzy Ahp

Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri literatürde birçok farklı problemin çözümünde kullanılmaktadır. Bankacılık performansının değerlendirilmesinde (Wu vd., 2009), şirketlerin finansal performans analizinde (Moghimi ve Anvari, 2014), en iyi çevre havza planının seçiminde (Chen vd., 2011), esnek tedarikçi seçiminde (Haldar vd., 2012, 2014; Mohammed vd., 2019; Pramanik vd., 2017; Sahu vd., 2016), güvenlik hizmetlerinde tesis yeri seçiminde (Güzel ve Erdal, 2015), IT servis sağlayıcıları seçiminde (Karami ve Guo, 2012), kamu binalarının yer seçiminde (Hsieh vd., 2004),



katı atık depo yeri seçiminde (Kharat vd., 2016), nükleer tesislerin yer seçiminde (Erol vd., 2014), ortak seçiminde (Shuai, 2009), suni gübre tesisleri için bakım karar probleminde (Panchal vd., 2017), tedarikçi değerlendirmesinde (Keshavarz Ghorabae vd., 2017; Rostamzadeh vd., 2018), yer altı barajlarının kuruluş yeri seçiminde (Rezaei vd., 2013), yangın müdahale tesislerinin yer seçiminde (Nyimbili ve Erden, 2020) ve yeraltı suyu potansiyelinin değerlendirilmesinde (Jesiya ve Gopinath, 2020) bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanıldığı gözlemlenmiştir.

**Tablo 2.2.** Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Yapılan Risk Analizi Çalışmaları

Yazar	Yıl	Konu	Yöntem
De Ru ve Eloff	1996	Bilgi İşlem Tesislerindeki Risk Analizi	Bulanık Mantık
Bonvicini vd.	1998	Toplumsal ve Bireysel Risk Tahminlerini Etkileyen Belirsizliklerin Değerlendirilmesi	Bulanık Mantık
Tah ve Carr	2002	İnşaat Projeleri Risk Analizi	Bulanık Mantık
Moeinzadeh ve Hajfathaliha	2009	Tedarik Zinciri Risk Değerlendirme	Fuzzy Anp-Fuzzy Vikor
Fanghua ve Guanchun	2010	Vadilerin Ekolojik Risk Yönetimi	Fuzzy Topsis
Yazdani vd.	2011	Kritik Altyapı Tesislerinin Risk Değerlendirmesi	Fuzzy Copras
Keramitsoglou vd.	2013	Sıcak Hava Dalgalarının Tehlike Sınıflandırması ve Risk Değerlendirmesi	Yapay Zeka Tabanlı Fuzzy Mantık
Khaleghi	2013	Doğalgaz Boru Hat Sistemleri İçin Risk Değerlendirmesi Ve Sınıflandırması	Fuzzy Eta-Lopa
Kuo ve Lu	2013	Büyükşehirlerdeki İnşaat Projelerinin Risk Değerlendirmesi	Fuzzy Ahp
John vd.	2014	Liman Operasyonları İçin Risk Analizi	Fuzzy Ahp
Jozi vd.	2015	Barajların Çevresel Risk Analizi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis
Haghshenas vd.	2016	Baraj Yapımı Risk Analizi	Fuzzy Topsis
Haghshenas vd.	2017	Baraj Rezervuar Eğim Stabilizasyon Yöntemleri Sıralama	Fuzzy Topsis-Fuzzy Vikor
Ghorabee vd.	2017	Tedarikçi değerlendirme	Type 2 fuzzy set-EDAS
Samantra vd.	2017	Büyükşehirlerdeki İnşaat Projelerinin Risk Değerlendirmesi	Bulanık Tabanlı Yarı Nitel Risk Değerlendirmesi
Chatterjee vd.	2018	İnşaat Projelerinde Risk Analizi	Fuzzy Anp-Mabac-Cfpr
Karasan vd.	2018	İş Yaşamında Risk Faktörlerinin Değerlendirilmesi	Pythagorean Fuzzy Sets
Orojloo vd.	2018	Tarımsal Su İletim ve Dağıtım Sistemleri İçin Entegre Bir Risk Yönetimi	Fuzzy Topsis-Saw
Rostamzadeh vd.	2018	Tedarik Zinciri Risk Değerlendirme	Fuzzy Topsis-Critic
Bid ve Siddique	2019	Baraj Risk Analizi	Fuzzy Topsis-Waspas
Gül vd.	2019	Madenlerdeki Risk Analizi	Fuzzy Vikor
Kacem vd.	2019	Kuraklık Bölgelerinde Risk Analizi	Fuzzy Ahp
Liang vd.	2019	Madenlerdeki Risk Analizi	Fuzzy Hfn
Oturakçı	2019	Çevresel Risk Analizi	Fuzzy Ahp
Gheshlaghi vd.	2020	Orman Yangını Risk Analizi	Fuzzy Anp
Ranganath vd.	2020	Güneş Enerji Tesislerinde Risk Analizi	Fuzzy Topsis

Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri risk analizi yapılırken de sıklıkla kullanılmaktadır. Bilgi işlem tesislerindeki risklerin analizinde (De Ru ve Eloff, 1996), hem bireysel hem de toplumsal risk tahminlerini etkileyen belirsizliklerin değerlendirilmesinde (Bonvicini vd., 1998), doğalgaz boru hat sistemleri için risk değerlendirmesi ve sınıflandırılmasında (Khaleghi vd., 2013), güneş enerji tesislerinde risk analizinde (Ranganath vd., 2020), kritik altyapı tesislerinin risk değerlendirmesinde (Yazdani vd., 2011), inşaat projelerinin risk analizinde (Chatterjee vd., 2018; Kuo ve Lu, 2013; Samantra vd., 2017; Tah ve Carr, 2000), iş yaşamındaki risk faktörlerinin değerlendirilmesinde (Karasan vd., 2018), liman operasyonları için risk analizinde (John vd., 2014), madenlerin risk analizinde (Gul vd., 2019; Liang vd., 2019), çevresel risk analizinde (Oturakci, 2019), tedarik zinciri risk değerlendirmesinde (Moeinzadeh ve Hajfathaliha, 2009; Rostamzadeh vd., 2018), barajların risk analizinde (Bid ve Siddique, 2019; Jozi vd., 2015; Shaffiee Haghshenas vd., 2016; Shafiee Haghshenas vd., 2017), orman yangını risk analizinde (Abedi Gheshlaghi vd., 2020), kuraklık bölgelerindeki risk analizinde (Kacem vd., 2019), sıcak hava dalgalarının tehlike sınıflandırması ve risk değerlendirmesinde (Keramitsoglou vd., 2013), vadilerin ekolojik risk yönetiminde (Fanghua ve Guanchun, 2010), tarımsal su iletim ve dağıtım sistemleri için risk yönetiminde (Orojloo vd., 2018) bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır.

**Tablo 2.3.** Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak İnsani Lojistik ile Afet ve Acil Durum Yönetimiyle İlgili Yapılan Çalışmalar

Yazar	Yıl	Konu	Yöntem
Zhou vd.	2011	Acil Durum Yönetiminde Başarı Faktörlerinin Belirlenmesi	Fuzzy DEMATEL
Jun vd.	2013	İklim Değişikliği Göz Önünde Bulundurularak Sel Risk Analizi	Fuzzy Topsis
Kim ve Chung	2013	İklim Değişikliğinde Su Temini Risklerinin Değerlendirilmesi	Fuzzy Vikor
Kim ve Chung	2013	Su Temini ve Tasarrufu, Sel Riski Ve Su Kalitesi Açısından İklim Değişikliği Risklerinin Değerlendirilmesi	Fuzzy Topsis
Lee vd.	2013	Sel Risk Analizi	Delphi-Fuzzy Topsis
Kou vd.	2014	Hızlı Bir Afet Değerlendirmesi İçin Entegre Bir Sistem Önerisi(Bulanık Mantık-Anket-Delphi)	Fuzzy Logic (Delphi-Ahp-Topsis-Promethee II-Gra)-Anket
Lee vd.	2014	Sel Risk Analizi	Fuzzy Topsis
Zhang vd.	2014	Afet Yönetiminde Nüfus Tabanlı Kırılganlık Analizi	Fuzzy Logic
Lee vd.	2015	Sel Risk Analizi	Fuzzy Vikor
Andric ve Lu	2016	Köprülerin Afetlere Karşı Riskinin Değerlendirmesi	Fuzzy Ahp
Qiaoxiu vd.	2016	Kömür Madenlerindeki Afetlerde Güvenli Tahliye	Fuzzy Ahp
Yu	2016	Sel Risk Analizi	Softmax Tabanlı Sezgisel Bulanık Küme Analizi
Çelik	2017	Afet Yönetiminde Geçici Tesis Yeri Seçimi	İnterval Type 2 Fuzzy Set-Dematel
Ghorabee vd.	2017	Tedarikçi Değerlendirme	Type 2 Fuzzy Set-EDAS
Trivedi ve Singh	2017	Afet Yönetiminde Tesis Yeri Seçimi	Fuzzy Ahp - Hedef Programlama
Kumar Brahma	2018	Sel Risk Analizi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Vikor
Setiawan vd.	2018	Elektrik Kaynaklı Afetlerin Olasılığını Azaltma	Fuzzy Ahp
Badida vd.	2019	Petrol ve Doğalgaz Boru Hatlarında Doğal Afet Risk Analizi	Fuzzy Fault Tree Analysis
Kanani-Sadat vd.	2019	Sel Risk Analizi	Fuzzy Dematel-Anp
Kim vd.	2019	Sel Risk Analizi	Fuzzy Topsis
Lyu vd.	2019	Sel Risk Analizi	Fuzzy Ahp
Venkatesh vd.	2019	İnsani Tedarik Zinciri Yönetiminde Tedarikçi Seçimi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis
Agarwal vd.	2020	İnsani Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamalarında Sorunların Çözülmesi	Fuzzy Swara - Fuzzy Waspas
An vd.	2020	Sel Risk Analizi	Fuzzy Topsis
Budak vd.	2020	İnsani Lojistikte Gerçek Zamanlı Konum Sistemlerinin Seçimi	Fuzzy Uvuf-Dematel

Edjossan ve Sossou vd.	2020	Doğal Afetlerde Sürdürülebilir Risk Yönetimi Strateji Seçimi	Fuzzy Ahp - Fuzzy Promethee
Ekmekçioğlu vd.	2020	Sel Risk Analizi	Fuzzy Ahp
Ortiz ve Barrios vd.	2020	Hastanelerin Afete Hazırlıklarının Değerlendirilmesi	Fuzzy AHP-Fuzzy Dematel-Topsis
Rathore vd.	2020	Gıda Tedariğinde Risk Analizi	Fuzzy Vikor
Yılmaz ve Kabak	2020	İnsani Lojistikte Dağıtım Noktalarının Önceliklendirilmesi	Type 2 Fuzzy AHP-Type 2 Fuzzy TOPSIS

Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri insani lojistik ile afet ve acil durum yönetimi çalışmalarında da kullanılmaktadır. (Venkatesh vd., 2019) insani tedarik zinciri yönetiminde tedarikçi seçimi için fuzzy AHP ve fuzzy TOPSIS yöntemlerini kullanmıştır. (Yılmaz ve Kabak, 2020) type 2 fuzzy AHP ve type 2 fuzzy TOPSIS yöntemlerini kullanarak insani lojistikte dağıtım noktalarının önceliklendirilmesi için bir çalışma yapmıştır. (Budak vd., 2020) fuzzy UVUF ve DEMATEL yöntemlerini kullanarak insani lojistikte gerçek zamanlı konum sistemlerinin seçimini yapmıştır. (Agarwal vd., 2020) fuzzy SWARA ve fuzzy WASPAS yöntemlerini kullanarak insani tedarik zinciri yönetimi uygulamalarındaki sorunların çözümü için bir çalışma gerçekleştirmiştir. Acil durum yönetiminde başarı faktörlerinin belirlenmesinde (Zhou vd., 2011), afet yönetiminde geçici tesis yeri seçiminde (Celik, 2017; Trivedi ve Singh, 2017), afet yönetiminde nüfus tabanlı kırılabilirlik analizinde (Z. Zhang vd., 2014), petrol ve doğalgaz boru hatlarında doğal afet kaynaklı risklerin analizinde (Badida vd., 2019), doğal afetlerde sürdürülebilir risk yönetimi strateji seçiminde (Edjossan-Sossou vd., 2020), elektrik kaynaklı afetlerin olasılığının azaltılmasında (Setiawan vd., 2018), hastanelerin afete hazırlıklarının değerlendirilmesinde (Ortiz-Barrios vd., 2020), hızlı bir afet değerlendirmesi için entegre bir sistem önerisi geliştirilmesinde (Kou vd., 2014), iklim değişikliklerinin neden olduğu sel ve su temin risklerinin analizinde (Jun vd., 2013; Y. Kim ve Chung, 2013a), iklim değişikliklerinin neden olduğu su temini risklerinin değerlendirilmesinde (Kim ve Chung, 2013b), köprülerin afetlere karşı riskinin değerlendirilmesinde (Andrić ve Lu, 2016), kömür madenlerindeki afetlerde güvenli tahliye konusunda (Wang vd., 2016), sel risk analizinde (An vd., 2020; Ekmekçioğlu vd., 2020; Kanani-Sadat vd., 2019; Kim vd., 2019; Kumar Brahma, 2018; Lee vd., 2015; Lyu vd., 2019; Yu, 2016) bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılmıştır.

**Tablo 2.4.** Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Kullanılarak Yapılan Bina ve Bölgelerin Deprem Risk Analizi Çalışmaları

Yazar	Yıl	Konu	Yöntem	Kriterler
Opricovic ve Tzeng	2002	Deprem Sonrası Olası Felaketlerin Etkilerinin Azaltılması İçin Arazi Kullanım Planlarının Oluşturulması	FUMCO (The Fuzzy Multicriteria Optimization)	Kamu Güvenliği, Güvenilirlik, Sosyal Çevre, Doğal Çevre, Ekonomi, Kültür Ve Politika
Shahriar vd.	2012	Çelik Binaların Sismik Kaynaklı Hasar Görebilirlik Değerlendirmesi	Fuzzy Topsis	Dikey düzensizlik, Plan düzensizliği, İnşaat kalitesi, Yapım yılı, Spektral ivme
Vahdat vd.	2014	Depreme Yatkın Bölgelerde Risk Analizi	Fuzzy Ahp	Fay Hattına Uzaklık, Yer Sarsıntısı, Nüfus Yoğunluğu, Sivilleşme Duyarlılığı, Kayma Duyarlılığı, Toprak Tipi, Ekonomik Durum Endeksi, Mühendisliği Yapılmamış Binalar, Nüfus, Altyapı Kalitesi, Ekonomi, Afete Maruz Kalan Nüfus, Fiziksel Altyapı, Hastane Sayısı, Fizik Tedavi Uzmanı Sayısı, Planlama Ve Afet Yönetimi, Altyapı Endeksi
Peng	2015	Bölgesel Deprem Risk Analizi	TOPSIS, VIKOR, ELECTRE III, PROMETHEE II, Grey Relational Analysis, And WSM	Nüfus Yoğunluğu, Şehir Yerleşim Alanı Yüzölçümü, Tarımsal Alan, Bir Yıl Sonunda Yerleşik Aileler, Birincil Sanayi GSYİH, İkincil Sanayi GSYİH, Üçüncü Sanayi GSYİH, İşletmedeki Demiryollarının Uzunluğu, İşletmedeki Kamu Yollarının Uzunluğu, Telekomünikasyonun Başlıca İletişim Kapasitesi, Elektrik
Sadrykia vd.	2017	Depreme Yatkın Bölgelerde Risk Analizi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis	Tebriz Mahalleleri Durumu, Eğitim Durumu, Litoloji, Fay Katmanı, Binaların Yaşı, Yapı Tipi, Yeraltı Suyu Durumu Ve Kat Sayısı
Ali zadeh vd.	018	Deprem Bina Risk Analizi	Fuzzy Ahp	Jeoloji, Eğitim Yüzdesi, Faya Uzaklık, Binaların Yaşı, Bina Yapımında Kullanılan Malzeme, Binaların Kalitesi, Bina Zemini

Ranjbar ve Nekoie	2018	Deprem Bina Risk Analizi	Fuzzy Topsis	Bina Kırılganlığının Derecesi, Enkaz Altında Mahsur Kalanların Sayısı, Yangın Riski, Yangın Söndürme Eylemi Gerekliliği, Hastanelerin Acil Servis Hizmetleri Yeterliliği, Erişilebilirlik
Chen vd.	2019	Bölgesel Doğal Afet Risk Analizi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis	Ölüm Sayısı, Kayıp Sayısı, Doğrudan Ekonomik Kayıplar, Yıkılan Evlerin Sayısı, Hasarlı Mahsulün Alanı, Tehlikeden Etkilenen Kişinin Savunmasızlığı, Bölgesel Nüfus, Kırsal Nüfus Yoğunluğu, Kentsel Nüfus Yoğunluğu, Ekilen Arazi, Bina Yoğunluğu, On Bin Konut Başına Düşen Tıbbi Ve Teknik Personel Sayısı, On Bin Kişiye Düşen Tıbbi Yatak Sayısı, Orijinal Mülk Sigortası Geliri, Sağlık Kurumlarının Sayısı, Kamu İçin İtfaiye Ve Asker Sayısı, Güvenlik Kurtarma Ekipmanı, Toplam Sismik İstasyon Sayısı, Toplam Sayı Otomatik Meteoroloji İstasyonu, Uyarlanabilirlik, Kişi Başına Su Miktarı, Cinsiyet Oranı (100 Kadın Başına), Yaşlı Nüfus Oranı, 15 Yaş Üstü Okur Yazar Olmayan Nüfus, Yerel Finansman Genel Bütçe Harcamaları, Afetler İçin Bütçe Harcamaları, Kişi Başına Gayri Safi Milli Hasıla, Kişi Başına Harcanabilir Gelir Ve Orman Kapsamı
Ketsap vd.	2019	Binaların Deprem Risk Analizi	Fuzzy Ahp	Merkez Üssü, Deprem Odak Mekanizması, Mesafe, Bina Tipi, Düşey Düzensizlik, Plan Düzensizliği, Kat Sayısı, Yapım Yılı, Toprak Tipi
Kumlu ve Tüdeş	2019	Bölgesel Deprem Risk Analizi	Fuzzy Ahp-Fuzzy Topsis	Jeolojik Yapı, Litolojik Yapı, Sıvılaşma
Harirchian vd.	2020	Deprem Risk Analizi	Fuzzy Ahp-Topsis	Sismik Bölge (SZ), Bina Tipi (B), Dikey Düzensizlik (VI), Plan Düzensizliği (PI), Ön Kod, Son Kıyaslama Ve Kod Ayrıntısı (C), Zemin Türü (ST), Kat Sayısı (N) , Görünür Bina Kalitesi (Q).
Harirchian ve Lahmer	2020	Bina Deprem Risk Analizi	Type 2 Fuzzy Logic System	Yapısal Sistem, Dikey Düzensizlik, Yatay Düzensizlik, Planlama Hataları, Kat Sayısı, İnşaat Kalitesi, Taşıyıcı Sistem

Jena vd.	2020	Deprem Risk Analizi	Yapay Sinir Ağları- Fuzzy Ahp	Eğim, Eğrilik, Yükseltme Yönü, Merkez Üssü Yoğunluğu, Merkez Üssü Mesafesi, Derinlik, Büyüklük Dağılımı, PGA Yoğunluğu, Litoloji, Yükseltme Faktörü, Fay Yoğunluğu, Fay Hattına Uzaklık, Deprem Yoğunluğu, Bina Yoğunluğu, Bölge Ofisi, Eğitimli İnsanlar, Çevresel Altyapı, Stadyum , Üniversite, Hizmet Merkezleri, Ofisler, Nüfus, Ulaşım Düzümleri
Jena- Predhan	2020	Deprem Risk Analizi	Fuzzy Ahp-Topsis	Bina Yoğunluğu, Bina Uzunluğu, Binaların Şekli, Yüzey Alanı Yoğunluğu, Yola Yakınlık, Çevre Yoğunluğu, Binalara Yakınlık, Hanehalkı Yoğunluğu, Nüfus Yoğunluğu
Yariyan vd.	2020	Deprem Risk Analizi	Yapay Sinir Ağları- Fuzzy Ahp	Nüfus Yoğunluğu Ve Aile Yoğunluğu, Piste Olan Uzaklık, Faydan Uzaklık, Eğitim, Yükseklik, Jeoloji, Kaliteli Malzeme Bulunan Binaların Varlığı, Kaliteli Malzeme İçermeyen Binalar, Yol Ağına Uzaklık, İnşaat Alanı, Kat Sayısı , Arazi Kullanımı

Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri bina ve bölgelerin deprem risk analizinde de kullanılmaktadır. Opricovic ve Tzeng (2002), deprem sonrası olası felaketlerin etkilerinin azaltılması için bulanık çok kriterli optimizasyon (FUMCO) modeli önermiştir. Önerilen modelde kamu güvenliği, güvenilirlik, sosyal çevre, doğal çevre, ekonomi, kültür ve politika kriterlerini kullanmışlardır. Shahriar vd. (2012), çelik binaların sismik kaynaklı hasar görebilirliğini fuzzy TOPSIS yöntemini kullanarak değerlendirmişlerdir. Bunun için dikey düzensizlik, plan düzensizliği, inşaat kalitesi, yapım yılı ve spektral ivme kriterlerini kullanmışlardır. Vahdat vd. (2014), depreme yatkın bölgelerde fuzzy AHP yöntemini kullanarak risk analizi yapmışlardır. Bu çalışmada fay hattına uzaklık, yer sarsıntısı, nüfus yoğunluğu, sivilaşma duyarlılığı, kayma duyarlılığı, toprak tipi, ekonomik durum endeksi, mühendisliği yapılmamış binalar, nüfus, altyapı kalitesi, ekonomi, afete maruz kalan nüfus, fiziksel altyapı, hastane sayısı, fizik tedavi uzmanı sayısı, planlama ve afet yönetimi ve altyapı endeksi kriterlerini kullanmışlardır. Peng (2015), bölgesel deprem risk analizi için nüfus yoğunluğu, şehir yerleşim alanı yüzölçümü, tarımsal alan, bir yıl sonunda yerleşik aileler, birincil sanayi gsyih, ikincil sanayi gsyih, üçüncül sanayi gsyih, demiryollarının uzunluğu, kamu yollarının uzunluğu, telekomünikasyonun iletişim kapasitesi, elektrik

kriterlerini kullanmış ve TOPSIS, VIKOR, ELECTRE III, PROMETHEE II, GREY RELATIONAL ANALYSIS ve WSM yöntemlerini kullanarak sonuçların kıyaslamasını yapmıştır. Sadrykia vd. (2017), mahalleleri durumu, eğitim durumu, litoloji, fay katmanı, binaların yaşı, yapı tipi, yeraltı suyu durumu ve kat sayısı kriterlerini göz önünde bulundurarak fuzzy AHP ve fuzzy TOPSIS yöntemlerini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda Tebriz bölgesinde bölgesel olarak deprem risk analizi verilerine ulaşmışlardır. Ranjbar ve Nekooie (2018), fuzzy TOPSIS ile bina kırılabilirliğinin derecesi, enkaz altında mahsur kalanların sayısı, yangın riski, yangın söndürme eylemi gerekliliği, hastanelerin acil servis hizmetleri yeterliliği ve erişilebilirlik kriterleri ışığında binaların deprem risk analizini yapmışlardır. Alizadeh vd. (2018), ise fuzzy AHP yöntemini kullanarak binaların deprem risk analizini yapmışlardır. Bu çalışmada jeoloji, eğim yüzdesi, faya uzaklık, binaların yaşı, bina yapımında kullanılan malzeme, binaların kalitesi ve bina zemini kriterlerini kullanmışlardır. Ketsap vd. (2019) merkez üssü, deprem odak mekanizması, mesafe, bina tipi, düşey düzensizlik, plan düzensizliği, binalardaki kat sayısı, binaların yapım yılı ve toprak tipi kriterlerini kullanarak fuzzy AHP yöntemiyle binaların deprem risk analizini yapmışlardır. Yavuz Kumlu ve Tüdeş (2019), jeolojik yapı, litolojik yapı ve sınıflama kriterlerini kullanarak fuzzy TOPSIS-fuzzy AHP yöntemleriyle Yalova ili için bölgesel deprem risk analizi yapmışlardır. Chen vd. (2019), ise fuzzy TOPSIS-fuzzy AHP yöntemleriyle bölgesel doğal afet risk analizi gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada doğal afet risk analizi için; ölüm sayısı, kayıp sayısı, doğrudan ekonomik kayıplar, yıkılan evlerin sayısı, hasarlı mahsulün alanı, tehlikeden etkilenen kişinin savunmasızlığı, bölgesel nüfus, kırsal nüfus yoğunluğu, kentsel nüfus yoğunluğu, ekilen arazi, bina yoğunluğu, on bin konut başına düşen tıbbi ve teknik personel sayısı, on bin kişiye düşen tıbbi yatak sayısı, orijinal mülk sigortası geliri, sağlık kurumlarının sayısı, kamu için itfaiye ve asker sayısı, güvenlik kurtarma ekipmanı, toplam sismik istasyon sayısı, toplam sayı otomatik meteoroloji istasyonu, uyarlanabilirlik, kişi başına su miktarı, cinsiyet oranı (100 kadın başına), yaşlı nüfus oranı, 15 yaş üstü okur yazar olmayan nüfus, yerel finansman genel bütçe harcamaları, afetler için bütçe harcamaları, kişi başı gayri safi milli hasıla, kişi başına harcanabilir gelir ve orman kapsamı kriterlerini kullanmışlardır. Harirchian ve Lahmer (2020), type 2 fuzzy logic sistemiyle yapısal sistem, dikey düzensizlik, yatay düzensizlik, planlama hataları, kat sayısı, inşaat kalitesi ve taşıyıcı sistem kriterlerini kullanarak binaların



deprem risk analizini gerçekleştirmişlerdir. Jena ve Pradhan (2020), binaların deprem risk analizi için bina yoğunluğu, bina uzunluğu, binaların şekli, yüzey alanı yoğunluğu, yola yakınlık, çevre yoğunluğu, binalara yakınlık, hanehalkı yoğunluğu ve nüfus yoğunluğu kriterlerini kullanmış ve önerdikleri modeli fuzzy AHP-fuzzy TOPSIS metodlarını kullanarak çözmüşlerdir. Jena vd. (2020), ise oluşturdukları modelde yapay sinir ağları ile birlikte fuzzy AHP yöntemini kullanmışlardır. Deprem risk analizi için yaptıkları çalışmada eğim, eğrilik, yükseltme yönü, merkez üssü yoğunluğu, merkez üssü mesafesi, derinlik, büyüklük dağılımı, PGA yoğunluğu, litoloji, yükseltme faktörü, fay yoğunluğu, fay hattına uzaklık, deprem yoğunluğu, bina yoğunluğu, bölge ofisi, eğitilmiş insanlar, çevresel altyapı, stadyum, üniversite, hizmet merkezleri, ofisler, nüfus ve ulaşım düğümleri kriterlerini kullanmışlardır. Yariyan vd. (2020), ise yine yapay sinir ağları ve fuzzy AHP yöntemlerini birleştirerek deprem risk analizini yapmışlardır. Bu çalışmada deprem risk analizini belirlemek için nüfus yoğunluğu ve aile yoğunluğu, piste olan uzaklık, faydan uzaklık, eğim, yükseklik, jeoloji, kaliteli malzeme bulunan binaların varlığı, kaliteli malzeme içermeyen binalar, yol ağına uzaklık, inşaat alanı, kat sayısı ve arazi kullanımı kriterlerini kullanmışlardır. Harirchian vd. (2020), ise fuzzy TOPSIS ve fuzzy AHP yöntemleri ile sismik bölge, bina tipi, dikey düzensizlik, plan düzensizliği, ön kod, son kıyaslama ve kod ayrıntısı, zemin türü, kat sayısı, görünür bina kalitesi kriterlerini kullanarak deprem risk analizi gerçekleştirmişlerdir.

Çok kriterli karar verme yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalarda görüş alınması gereken asgari uzman sayısı ile ilgili bir çalışmaya yapılan literatür araştırmasında rastlanmamıştır. Yapılan çalışmalar incelendiğinde ise görüşüne başvurulmuş uzman sayısı ile ilgili farklılıklar mevcuttur. Örneğin Koç (2019) uluslararası tedarikçi seçiminde bulanık dematel yöntemini kullandığı çalışmada üç uzman görüşünden faydalanmıştır. Çınar (2010) ise kuruluş yeri seçiminde bulanık topsis yöntemini kullandığı çalışmada altı uzman görüşüne yer vermiştir. Yine Temur vd. (2019) ise deprem sonrası planlamaya yönelik yaptıkları çalışmada AHP yöntemini kullanmış ve bu çalışmada altı uzman görüşüne başvurmuştur. Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk analizini bulanık TOPSIS yöntemi ile belirlemek için yaptığımız bu çalışmada 8 uzman görüşüne başvurulmuştur.

#### 2.1.1.4. Bulanık Topsis

Bu çalışmada Elazığ ili merkez mahallelerinin bölgesel deprem risk analizinin yapılması için bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon (1981) tarafından yılında geliştirilmiştir. TOPSIS yönteminde alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları esas alınarak alternatifler arasında tercih yapılır.

TOPSIS yöntemi de bulanık verilerin de kullanılabilceği bir hal almış ve bulanık TOPSIS olarak adlandırılmıştır. Bulanık TOPSIS yöntemi, belirlenen kriterlerin kesin değerlere sahip olmaması ya da bir başka deyişle belirsiz olması durumunda alternatiflerin değerlendirilerek en uygun çözüme ulaşılmasına olanak tanımlanmaktadır. Bulanık TOPSIS yöntemi ilk olarak Chen ve Hwang (1992) tarafından geliştirilmiştir. Çalışmada bir bölgenin deprem riskini Chen (2000), kriterlerin ağırlıklarının ve alternatiflerin değerlendirilmesinde üçgen bulanık sayıları önermiştir. Gerçek hayatta karşılaştığımız problemlere çözümler üretilirken bulanık mantık devreye girer. Çalışmada bir bölgenin deprem riskini etkileyen kriterler belirlenmiştir. Belirlenen bu kriterlerin bir bölgenin deprem riskini ne ölçüde etkilediği ile ilgili uzman görüşüne başvurulmuştur. Özellikle insan düşünce ve yargıları belirsizlik içermektedir. Çalışmada kriter ağırlıklarının ve alternatiflerin değerlendirilmesinde bulanık mantık kullanılarak dilsel belirsizliklerin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk analizinin yapılması için Chen (2000), tarafından geliştirilen dilsel değişkenler kullanılmıştır. Bulanık TOPSIS yönteminde öncelikle araştırılan problem ile ilgili alanında uzmanlardan oluşan bir karar verici grubu oluşturulur. K adet karar verici  $K = \{K_1, K_2, K_3, K_4, \dots, K_k\}$  olarak ifade edilir. Ayrıca M adet alternatiften oluşan alternatifler kümesi  $A = \{A_1, A_2, A_3, A_4, \dots, A_m\}$  olarak ifade edilir. Bunun yanı sıra karar vericiler tarafından belirlenen ve deprem risk analizinin yapılması için kullanılacak olan N adet kriter de  $C = \{C_1, C_2, C_3, C_4, \dots, C_n\}$  olarak gösterilir. Bu karar vericiler problemin çözümünde kullanılacak olan kriterlerin belirlenmesini ve alternatiflerin değerlendirilmesini sağlar. Karar vericiler, alternatifler ve kriterler belirlendikten sonra kriterlerin önem ağırlıklarının ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılacak olan dilsel değişkenler belirlenir. Bulanık TOPSIS yönteminde kriterlerin ağırlıklandırılmasında ve

alternatiflerin değerlendirilmesinde ise üçgen bulanık sayılar ve bu sayıların temsil ettiği sözel ifadeler kullanılmaktadır. Bulanık TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır. Buna göre;

**Birinci Adım:** Kriterlerin ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler belirlenir.

Kriterlerin ağırlıklandırılması için kullanılan dilsel değişkenler Tablo 2.5'te verilmiştir.

**Tablo 2.5.** Kriterlerin Ağırlıklandırılmasında Kullanılan Dilsel Değişkenler

Çok Yüksek (ÇY)	(0.8,1,1)
Yüksek (Y)	(0.7,0.8,0.9)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5,0.65,0.8)
Orta (E)	(0.4,0.5,0.6)
Biraz Düşük (BD)	(0.2,0.35,0.5)
Düşük (D)	(0.1,0.2,0.3)
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.2)

Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel değişkenler Tablo 2.6'da verilmiştir.

**Tablo 2.6.** Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel Değişkenler

Çok Yüksek (ÇY)	(8,10,10)
Yüksek (Y)	(7,8,9)
Biraz Yüksek (BY)	(5,6.5,8)
Orta (E)	(4,5,6)
Biraz Düşük (BD)	(2,3.5,5)
Düşük (D)	(1,2,3)
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,2)

**İkinci Adım:** Bulanık karar matrisi oluşturulur ve belirlenen kriterlere göre alternatifler için uygun dilsel değişkenler belirlenir.

$$\tilde{D} = \begin{matrix} & C_1 & C_2 & \dots & C_N \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \vdots \\ A_M \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$i=1,2,\dots,m ; j=1,2,\dots,n$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} (\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k) \quad (I)$$

Burada  $\tilde{x}_{ij}^k$ ; K'inci uzman tarafından  $C_j$  'inci kritere göre  $A_m$ 'nci alternatifin değerlendirmesini temsil eder.

$$\tilde{x}_{ij}^k = (a_{ij}^k, b_{ij}^k, c_{ij}^k)$$

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ij}^k\}, b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, c_{ij} = \max_k \{c_{ij}^k\}$$

**Üçüncü Adım:** Bulanık karar matrisi normalize edilir.

Bulanık karar matrisinin normalize edilmesi aşağıdaki formül yardımıyla yapılır.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (II)$$

Sonrasında ise normalizasyon işlemi aşağıda gösterilen formülle tamamlanır.

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) c_j^+ = \max_i c_{ij} \text{ veya } \tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^-}, \frac{b_{ij}}{c_j^-}, \frac{c_{ij}}{c_j^-} \right) c_j^- = \min_i c_{ij} \quad (III)$$

Daha sonra normalize edilmiş karar matrisinin ağırlıklandırma işlemi gerçekleştirilir.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık matris  $\tilde{v}$  ile gösterilir.

$$\tilde{v} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (IV)$$

**Dördüncü Adım:** Bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS) bulunur.

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki  $\tilde{V}_{ij}$  elemanları  $[0, 1]$  aralığında değerler alan üçgen bulanık sayılar olduğu bilinmektedir. Buna göre bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS  $A^+$ ) ve bulanık negatif ideal çözüm (FPIS  $A^-$ ) aşağıdaki formül yardımıyla bulunur.

$$A^+ = (\tilde{V}_1^+, \tilde{V}_2^+, \dots, \tilde{V}_n^+) \quad \text{ve} \quad \tilde{V}_j^+ = \max_i \{ \tilde{V}_{ij} \} \quad (V)$$

$$A^- = (\widetilde{V}_1^-, \widetilde{V}_2^-, \dots, \widetilde{V}_n^-) \quad \text{ve} \quad \widetilde{V}_j^- = \min_i \{ \widetilde{V}_{ij}^- \} \quad (\text{VI})$$

**Beşinci Adım:** Her bir alternatifin bulanık pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır.

Her bir alternatifin pozitif ( $A^+$ ) ve negatif ( $A^-$ ) ideal çözüme olan uzaklıkları ( $d_i^+$  ve  $d_i^-$ ) aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\widetilde{v}_{ij}, \widetilde{V}_j^+) \quad , \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (\text{VII})$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\widetilde{v}_{ij}, \widetilde{V}_j^-) \quad , \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (\text{VIII})$$

**Altıncı Adım:** Her bir alternatifin yakınlık katsayıları (CCi) hesaplanır ve alternatifler sıralanır.

Yakınlık katsayısı (CCi) alternatiflerin  $d_i^+$  ve  $d_i^-$  değerleri hesaplandıktan sonra alternatiflerin sıralamasını belirlemek için kullanılır. Yakınlık katsayısı (CCi) yardımıyla alternatiflerin ideal çözüme olan benzerlikleri hesaplanır. Yakınlık katsayısı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i=1,2,\dots,m \quad (\text{IX})$$

## 2.2. İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi Kavramı

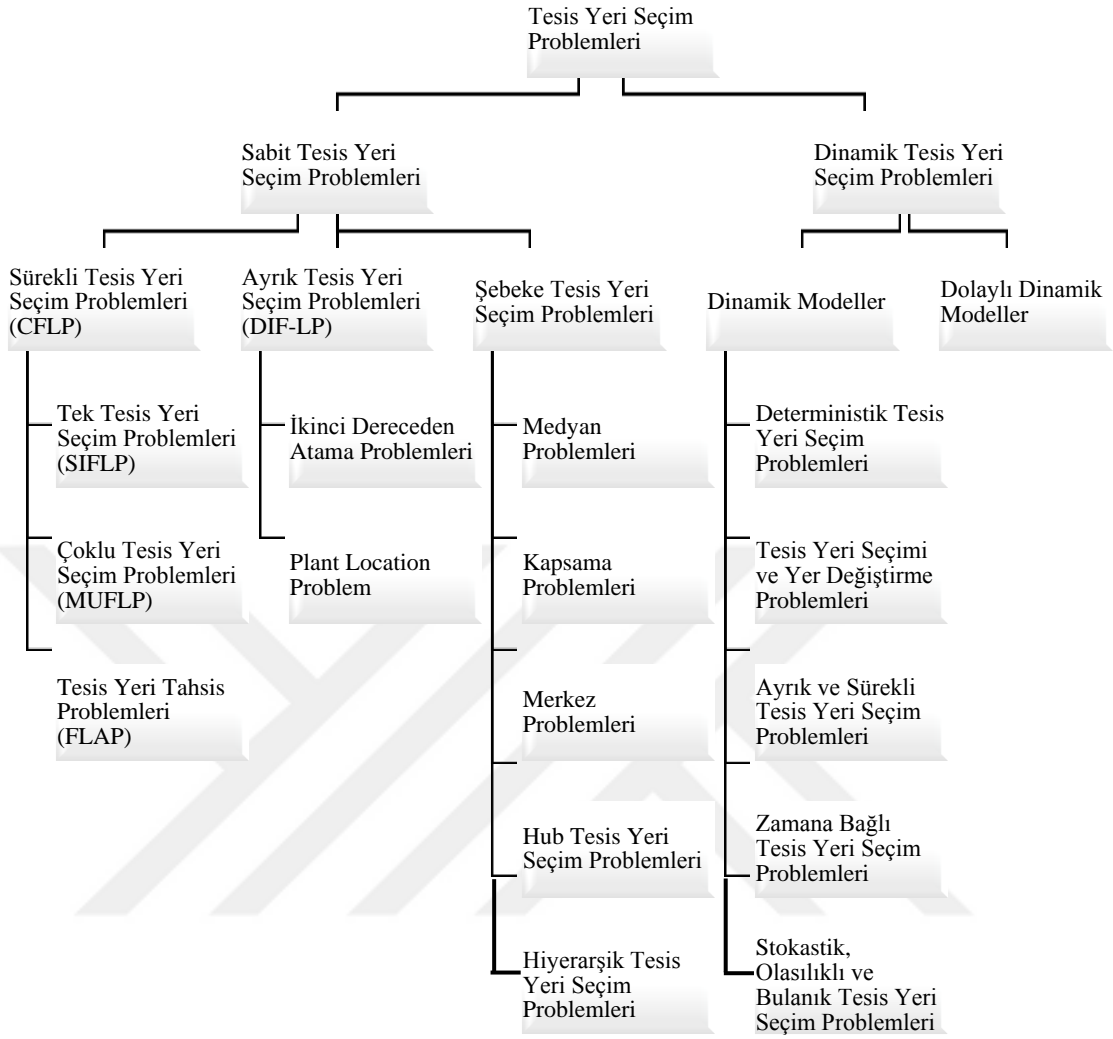
Afet durumlarında ihtiyaç duyulacak malzemelerin stoklanması ve hazır bir şekilde bekletilmesi gerekmektedir. Afet anında afetzedelere hızlı ve etkili bir şekilde ulaşılabilmesi için depo yerlerinin, ulaşımın kolay olduğu, uygun arazi, bina ve yeterli çalışma alanlarının sağlandığı yerlerde belirlenmesi gerekmektedir (Önsüz ve Atalay, 2016:4). İnsani yardım malzemelerinin sayılarının ve yerlerinin belirlenmesi insani yardımların doğru bir şekilde ulaştırılabilmesi için çok önemlidir. Yardım malzemelerinin depolanması ve gerektiği zaman afetzedelere ulaştırılması için kurulacak olan acil durum yardım merkezlerinin yer seçimi kararları çeşitli etkenlere bağlıdır. Bu kararlar; maliyetler, bölgesel altyapı imkânları, risk durumu, nüfus yapısı gibi etkenlere bağlı olarak alınmaktadır.

Tesis yeri seçimi problemlerinde, belirlenen amaç fonksiyonuna göre ihtiyaçların karşılanacağı tesislerin yerlerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Bu amaç fonksiyonu maliyetin en küçüklenmesi, kapsama alanının en büyüklenmesi, mesafenin en

küçüklenmesi gibi çeşitli şekillerde belirlenebilir. Alfred Weber 1909 yılında tesis yeri seçimi konusunda literatürdeki ilk çalışmayı yapmıştır. Weber önerdiği modelde müşterilere hizmet verecek olan tesisin müşterilere olan mesafesinin en küçüklenmesini amaçlamıştır. Hakimi ise 1964 yılında yaptığı çalışmada bir otoyolda kurulacak olan polis kontrol noktalarının yerlerinin belirlenmesi için p-medyan problemi modelini önermiştir. Bu çalışmadan sonra ise birden fazla tesisin belirli bir şebeke üzerinde konumunun belirlenmesi problemi literatürde yoğun bir şekilde çalışılmıştır. Tesis yeri seçim problemlerinde problemin çözümü için harcanan zaman problemin boyutu ile doğru orantılıdır. NP-Zor olarak adlandırılan problemlerde belirlenen hesaplama süresi içerisinde problem çözülememekte ve makul bir sürede optimum çözüme ulaşılamamaktadır. Bu nedenle optimum çözüme ulaşmak yerine optimum çözüme en yakın ancak makul bir sürede çözüme ulaşılabilen sezgisel ve meta sezgisel algoritmalar kullanılmaktadır (Özçakar ve Bastı, 2012:242).

### **2.2.1. İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Literatür Araştırması**

Tesis yeri seçimi ile ilgili problemlerin sınıflandırılması literatürde farklı şekillerde yapılmıştır. Örneğin Daskin tesis yeri seçim problemlerini kapsama problemleri, merkez problemleri, medyan problemleri ve sabit yüklü tesis yeri problemleri olarak dört başlıkta incelemiştir (Daskin, 2011). Klose ve Drexel (2005) ise tesis yeri seçim problemlerini sürekli yer seçim modelleri, şebeke yer seçim problemleri ve karma tamsayılı programlama modelleri olarak üç başlıkta incelemiştir (Klose ve Drexel, 2005:4).



Kaynak: (Arabani ve Farahani 2012:408-414)'ten uyarlanmıştır.

**Şekil 2.1.** Tesis Yeri Seçim Problemleri

Yine Arabani ve Farahani (2012) tesis yeri seçim problemlerini iki ana başlıkta incelemiştir. Birincisi sabit tesis yeri seçim problemleri diğeri ise dinamik tesis yeri seçim problemleridir. Buna göre sabit tesis yeri seçim problemleri sürekli tesis yeri seçim problemleri (CFLP), ayrık tesis yeri seçim problemleri (DIF-LP) ve şebeke tesis yeri seçim problemleri (NFLP) olmak üzere kendi içinde üç gruba ayrılmıştır. Sürekli tesis yeri seçim problemlerinde kurulacak olan tesisler planlama alanında herhangi bir yere yerleştirilebilirler. Sürekli tesis yeri seçim problemlerinde modeller genel olarak iki temel faktörden etkilenir. Bunlardan birincisi tesislerin düzlemdeki her noktaya oturmasına izin verilen sürekli çözüm alanı diğeri ise kurulacak olan tesis ile ürünlerin gönderileceği yerler arasındaki mesafe ile ilgili kriterlerdir.

Sürekli tesis yeri seçim problemleri üçe ayrılır. Bunlar tek tesis yeri seçim problemleri (SIFLP), çoklu tesis yeri seçim problemleri (MUFLP) ve tesis yeri tahsis problemleridir (FLAP). Tek tesis yeri seçim problemlerinde kurulacak olan yeni tesis, diğer tesisler ile mesafesinin en az olacağı şekilde yerleştirilmelidir. Bu mesafe Öklit mesafesi ya da Manhattan mesafesi gibi birçok farklı yöntemle belirlenebilir. Çoklu tesis yeri seçim problemleri tek tesis yeri seçim problemleri ile benzerlikler göstermektedir. Ancak çoklu tesis yeri seçim problemlerinde birden fazla yeni tesis optimum yerlerine yerleştirilir. Tesis yeri tahsis problemlerinde ise sadece tesisler için optimum yerlerin belirlenmesi amaçlanmaz. Bunun dışında hangi tesisin hangi talep noktasının ihtiyacına cevap vereceği belirlenir. Ayrık tesis yeri seçim problemlerinde ise iki ayrı talep kümesi ve aday noktalar bulunur. Talebin ve aday noktaların iki farklı parametre olarak belirlenmesinin sebebi taleplerin genellikle belirli bir coğrafi noktada gerçekleşmesinin beklenmesidir. Ayrık tesis yeri seçim problemleri ikinci dereceden atama problemleri ve plant location problem olarak ikiye ayrılır. İkinci dereceden atama problemleri genel olarak belirli işlere belirli kişilerin atanması olarak tanımlanır. Ancak tesis yeri seçiminde bu durum belirli tesislere belirli talep noktalarının atanmasıdır. Plant location problem ise bir yer bir dizi üretim, depo ya da dağıtım tesisine yönlendirilir. Plant location problemler çok çeşitli alanlarda uygulanabilmektedir. Bir tesis yeri seçim problemi şebeke açısından yapılandırıldığında talep genel olarak düğümlerde oluşmaktadır. Ancak bazı durumlarda bağlantılarda ve düğümlerde aynı anda oluşabilmektedir.

Şebeke tesis yeri seçim problemleri medyan problemleri, merkez problemleri, kapsama problemleri, hub tesis yeri seçim problemleri (HULP) ve hiyerarşik tesis yeri seçim problemleri (HILP) olarak beş temel kategoriye ayrılabilir. Medyan problemlerinde aday tesisler ile talep noktaları arasındaki ağırlıklı mesafenin optimize edilmesi amaçlanmaktadır. Medyan problemleri, maliyetin en küçüklenmesi ya da karın en büyüklenmesi amaçları için kullanılabilir ancak tamamen farklı kriterlerin kullanıldığı kapsama ve merkez problemleri için kullanılamaz. Bu üç problem tipine ek olarak hub tesis yeri seçim problemleri ve hiyerarşik tesis yeri seçim problemleri de şebeke tesis yeri seçimi problemlerinde kullanılmaktadır. Kapsama problemlerinde her bir müşteri talebi kapsama alanı içerisinde kalan bütün tesisler tarafından karşılanabilir. Kurulacak olan modelde talebin mümkün olan en yüksek seviyede karşılanması



amaçlanmaktadır. Merkez problemlerinde ise kapsama problemlerinin aksine talebin tamamı karşılanırken talep noktalarına en yakın mesafede tesislerin kurulması amaçlanmaktadır. Hub tesis yeri seçim problemlerinde amaç fonksiyonunda toplam maliyetin en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. Hiyerarşik tesis yeri seçim problemlerinde ise farklı hiyerarşik seviyelerde tesisler bulunmaktadır. Bu sistemlerde yüksek seviyedeki tesisler kendi konumlarını bağımsız olarak seçebilirler. Bu tip problemlerde en önemli kriter yüksek seviyedeki düğümler yeterli kapasiteye, işletme ve taşıma maliyetlerine sahiptir ve taşıma düğümlerinin yanı sıra bu düğümlerle ilişkili aktarma maliyetleri sırasıyla yeniden yüklenen ve gönderilen öğelerin miktarıyla orantılıdır.

Arabani ve Farahani (2012)'ye göre tesis yeri seçim problemlerinin bir diğer başlığı ise dinamik tesis yeri seçim problemleridir. Dinamik tesis yeri seçim problemlerinde ise doğru konumu belirlemek için iki temel kriter bulunmaktadır. Bunlardan birincisi yeni bir tesisin kurulması ya da mevcut tesisin geliştirilmesi için harcanması gereken maliyet ile bu değişimden elde edilecek faydanın karşılaştırılması gerekliliğidir. Bu tür tesislere depolar, dağıtım merkezleri, hastaneler, rekreasyon merkezleri, okullar ve onlarca yıldır işletilmesi planlanan depolar örnek olarak verilebilir. İkincisi ise tesislerin açılış ve kapanışlarının planlama ufkunda değerlendirilmesidir. Dinamik modeller iki alt kategoriye ayrılabilir. Bunlardan birincisi tesislerin belirlenen yerlerde ve zamanlarda açılıp-kapandığı açık dinamik modellerdir. İkincisi ise dolaylı dinamik modellerdir. Bu modellerde tesisler planlama ufkunun başında açılmalı ve planlama ufku boyunca açık kalmalıdır. Dinamik modeller kendi içinde beşe ayrılabilir. Bunlar dinamik deterministik tesis yeri seçim problemleri, tesis yeri seçimi ve yer değiştirme problemleri, ayrık ve sürekli tesis yeri seçim problemleri, zamana bağlı tesis yeri seçim problemleri ve stokastik, olasılıklı ve bulanık tesis yeri seçim problemleridir. Sabit tesis yeri seçim problemlerinde bir tesisin konumu belirli aday noktalar arasından seçilir. Ancak bu seçim yapılırken nüfus, dağıtım maliyetleri ve çevresel faktörler gibi çeşitli parametreler zaman içerisinde değişiklik gösterebilir. Gerçekte karşılaşılan problemlerde bu tür değişimler kaçınılmazdır. Bu nedenle kurulan tesislerin yeniden gözden geçirilmesi, uyarlanması ya da taşınması gerekebilir. Karşılaşılan bu problemler nedeniyle dinamik modeller geliştirilmiştir. Dinamik deterministik tesis yeri seçim problemlerinde sabit tesis yeri seçim problemlerinde kullanılan tek bir periyodun aksine  $p$  adet zaman periyodu dikkate alınır ve belirlenen

periyotların her birinde tesis yeri için optimum bir konum belirlenir. Tesis yeri seçimi ve yer değiştirme problemlerinde bir tesisin yer değiştirmesi yer değiştirme zamanı, sayısı ve maliyetiyle ilgilidir. Yer değiştirme zamanı ayırık ya da sürekli olarak yapılabilir. Ayırık zamanlı yer değiştirmede bir ya da birkaç tesisin yer değiştirmesi önceden kesin olarak belirlenmiş yer ve ayırık zaman noktalarına göre belirlenir. Sürekli zaman yer değiştirmelerinde ise önceden belirlenmiş zaman noktaları yoktur ve bu yer değiştirmeler planlama ufkunun herhangi bir zamanında gerçekleştirilebilir. Ayrıca yer değiştirme sayısı bir ya da birden fazla olarak gerçekleşebilir. Yer değiştirme maliyetleri ise tesisin şimdiki ve gelecekteki konumuna göre değişkenlik gösterir. Karar vericiler tesis yeri seçiminin planlanmasında çok dönemli zaman ufuklarını göz önünde bulundurmalıdır. Bu sayede tek dönemli modellerin aksine yer seçiminin doğru zamanda yapılması, en iyi yer seçiminin yapılması ve piyasa talebindeki olumlu/olumsuz dalgalanmalara daha iyi uyum sağlanabilir. Bunun yanı sıra çok dönemli modeller dinamik modeller ile tek dönemli modellere göre daha uyum içerisindedir. Çünkü karar verici her bir alt planlamada değişen parametreleri daha etkili bir şekilde göz önünde bulundurabilir. Tek dönemli modellerde ise karar verici değişen parametreler göz önünde bulundurulamaz. Sabit tesis yeri seçim problemleri ile kıyaslandığında dinamik tesis yeri seçim problemlerinin çeşitli avantajları vardır. Bunlardan bir tanesi yukarıda da bahsedildiği gibi zaman içinde değişen taleplere daha iyi bir şekilde cevap verebilme olasılığıdır. Talepler planlama ufku boyunca değişiklik gösterebilir. Dinamik modellerin gerekli olduğu talebin mevsimsel ya da günlük olarak değişebildiği sektörler vardır. Örneğin hastaneler ya da yangın istasyonları gibi tesislerin yer seçiminde nüfus sürekli bir şekilde değiştiğinden dinamik tesis yeri seçim problemleri göz önünde bulundurulmalıdır. Yine benzer şekilde turizm sektöründe de talep sürekli olarak değişkenlik göstermektedir. Bu nedenle turizm alanında faaliyet gösterecek tesislerin seçiminde de yerlerin uygunluğu ve talep miktarına göre dinamik tesis yeri seçim problemlerinin uygulanması gerekmektedir. Dinamik modeller planlama zaman ufkunda tesis yerlerinin belirlenme zamanını ele almaktadır. Ancak modellerde kullanılan parametrelerin farklılaşması nedeniyle tesis yerlerinin doğru konumlarının belirlenmesi karar vericiler için çok önemlidir. Kurulacak olan tesislerin birçoğunda maliyet, talep, teslimat süresi gibi ana parametreler planlama ufku boyunca belirsizdir. Bu nedenle kurulacak olan modeller bu belirsizlikleri de göz önünde

bulundurmalıdır. Gelecekteki koşullar planlama belirsizliğine neden olabilir. Bunun yanı sıra girdi parametreleri ile ilgili bilgi eksikliği de belirsizliklere neden olmaktadır. Bu belirsizlikler ile başa çıkabilmek için iki yaklaşım bulunmaktadır. Birincisi stokastik yaklaşımdır. Stokastik yaklaşımda değişkenler ve parametreler olasılıksal dağılımlar alırlar. Robust yaklaşımda ise her bir parametre ve değişken için bir dizi olası gelecek değeri hesaba dâhil edilir. Tesis yeri seçim problemlerinde bulanık yaklaşımlar ise ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan birincisi tesis yerinin seçimi problemleri (karar verme problemi) ve diğeri ise tesis yeri seçim-atama problemi (optimizasyon problemi)'dir. Bulanık tesis yeri seçim probleminde genel olarak Bulanık AHP, Bulanık TOPSIS ve Bulanık AXIOM yöntemleri kullanılır (Bolori Arabani ve Farahani, 2012:408-414).

Tesis yeri seçim problemleri, belirlenen amaç fonksiyonuna göre toplamın en küçüklenmesi veya en büyüğün en küçüklenmesi olarak ikiye ayrılır. Toplamın en küçüklenmesi amacına göre modeller, ortalama mesafenin veya maliyetin en küçüklenmesini amaçlamaktadır. Bu tip modeller genellikle ticari işletmeler tarafından kullanılmaktadır. En büyüğün en küçüklenmesi amacına göre modellerde ise en büyük uzaklığın en küçüklenmesi amaçlanmaktadır. Bu tip modeller ise kar amacı gütmeyen kuruluşlar tarafından tesis yeri seçimi problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Kurulacak olan tesislerde kapasitenin bir kısıt olarak belirlenip belirlenmemesine göre modeller kapasiteli ve kapasitesiz tesis yer seçimi modelleri olarak ikiye ayrılır. Kapasiteli tesis yeri seçim modelleri ise talebin bir ya da birkaç tesisten karşılanmasına göre tek kaynaklı veya çok kaynaklı modeller olarak ikiye ayrılır. Bunun yanı sıra tesis yeri seçim problemleri sahip olunan tedarik zincirinin yapısına bağlı olarak tek ya da çok aşamalı olmak üzere ikiye ayrılır. Sadece ürünü talep edenler ile tedarikçiler arasında ürün dağıtımı varsa bu tek aşamalı problemler ile incelenmektedir. Ancak ürün akışına fabrikalar, depolar, satıcılar gibi farklı kademelerdeki birimlerin katılması durumunda çok aşamalı problemler kullanılmaktadır. Tesis yeri seçimi problemleri talebin türüne göre de farklılık göstermektedir. Örneğin; talebin tek bir ürüne ya da çok ürüne olmasına göre farklı sınıflandırma yapılmaktadır. Talebin bölünebilir olup olmaması tesis yeri seçim problemlerinde farklı sınıflandırmalara neden olmaktadır. Talep bölünebilir ise bu talep farklı tesislerden karşılanabilir. Ancak talep bölünemez ise bu talep tek bir tesisten karşılanmalıdır. Dönem sayısına göre modeller statik ve dinamik modeller olmak üzere ikiye ayrılır. Statik modeller sistemin genel

performansını en iyi hale getirmeye çalışır ve bütün değişkenleri birlikte kullanır. Dinamik modellerde ise statik modellerin aksine her bir dönem için farklı olan koşullara göre uygun çözümler önerilir. Tesis yeri seçim problemlerinde başlangıçta tek bir tesisin sistem üzerinde konumunun belirlenmesi ile ilgili çalışmalar yürütülmüştür. Daha sonra ise birden fazla tesisin sistem üzerindeki konumunun belirlenmesi ya da kullanılan kısıtlar ve amaç fonksiyonu aracılığıyla kurulacak olan tesis sayısının ve yerinin model tarafından belirlenmesi yönünde çalışmalar yürütülmüştür. Tesis yeri seçim problemlerinin çözümünde kesin ya da sezgisel yöntemler kullanılabilir. Kesin çözüm yöntemlerinde karışık tamsayılı programlama kullanılmaktadır. Kesin çözüm yöntemlerinde amaç kısıtlara göre maliyeti en küçüklemektir. Tam sayılı programlama çözümlerinde temel olarak dal-sınır algoritmaları ve simpleks algoritması kullanılır. Bunun yanı sıra optimum çözüme ulaşmasa bile optimum çözüme yakın çözümleri daha kısa sürede elde etmemizi sağlayan sezgisel yöntemler de kullanılmaktadır. Sezgisel yöntemlerden en çok kullanılan çeşitlerinden biri Lagrange optimizasyon yöntemidir. Lagrange yöntemi tamsayılı programlamaya göre daha az sayıda matematik formülü içermesine rağmen çözüme ulaşmak daha zordur. Tesis yeri seçim problemlerinde kullanılan sezgisel yöntemler değişim ve düşme sezgiselleri, sırası yer seçimi problemleri, tavlama benzetimi, tabu arama ve genetik algoritma olarak sayılabilir. (Sarıkaya, 2014:30-33; Erlenkotter, 1981; Owen ve Daskin, 1998; Klose ve Drexel, 2005)

İnsani lojistikte tesis yeri seçim problemleri ile ilgili literatür incelendiğinde birçok çalışma ile karşılaşılmaktadır. Literatür incelendiğinde çalışmaların genel olarak deterministik, stokastik, dinamik ve robust çalışmalar olduğu gözlemlenmiştir. İnsani lojistik kapsamında tesis yeri seçim problemleri ile ilgili literatürde genel olarak deprem, kasırga, sel, salgın, yangınlar gibi felaketler için uygulamaların yapıldığı ve bunun yanı sıra genel olarak afetlerin bütünü için uygulamaların yapıldığı tespit edilmiştir. Kullanılan modellerin amaç fonksiyonlarının tek amaçlı ya da çok amaçlı modeller olarak kurgulandığı gözlemlenmiştir. İncelenen literatürde, oluşturulan modellerin amaç fonksiyonları genel olarak maliyet ve mesafenin en küçüklenmesi olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra ulaşma zamanının en küçüklenmesi, kapsama alanının en büyüklenmesi, karşılanan talebin en büyüklenmesi, tatmin düzeyinin en büyüklenmesi, riskin en küçüklenmesi, tahliye süresinin en küçüklenmesi ve kurulacak

olan tesis sayısının en küçüklenmesi gibi amaçlar için modellerin oluşturulduğu görülmektedir.

İnsani lojistikte tesis yeri seçimi ile ilgili literatürde yapılan çalışmalar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 2.7.** İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Yıl	Tür	Veri	Felaket Tipi	Amaç	Yöntem
Talwar, 2002	2002	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Mesafe	Weiszfeld Algorithm, Two-Point And Three-Point Search Heuristics
Beraldi vd., 2004	2004	Tek Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet	Doğrusal Programlama
Hale ve Moberg, 2005	2005	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Tesis Sayısı	Kesin Algoritma
Kongsomsaksakul vd., 2005	2005	Tek Amaçlı	Deterministik	Sel	Tahliye Süresi	Genetik Algoritma
Drezner vd., 2006	2006	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Kapsama-Mesafe-Eşitlik	Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama-Tabu Arama-Descent Algorithm
Tzeng vd., 2007	2007	Çok Amaçlı	Deterministik	Deprem	Maliyet-Zaman-Eşitlik	Multi-Objective Programming Method
Jia vd., 2007b	2007	Tek Amaçlı	Deterministik	Salgın	Karşılanan Talep	Genetic Algorithm- Locate-Allocate Heuristic-Lagrangean Relaxation Heuristic-Kesin Algoritma
Jia vd., 2007a	2007	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Kapsama	P-Medyan, P-Merkez
Chang vd., 2007	2007	Çok Amaçlı	Stokastik	Sel	Ulaştırma-Tesis Açma-Ekipman Kiralama-Cezalar-Kurtarma Ekipmanlarının Taşıma Mesafesi	Örnek Ortalama Yaklaşımı
Günneç ve Salman	2007	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Zaman-Risk-Karşılınmayan Talep-Maliyet	İki Aşamalı Stokastik Programlama-Hedef Programlama
Mete ve Zabinsky, 2007	2007	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet-Zaman-Karşılınmayan Talep	İki Aşamalı Stokastik Programlama
Paul ve Batta, 2008	2008	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem-Kasırğa	Mesafe	Karma Tamsayılı Programlama-Tavlama Benzetimi

Balcik ve Beamon, 2008	2008	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Karşılanaan Talep	Kesin Algoritma
Alçada-Almeida vd., 2009	2009	Çok Amaçlı	Deterministik	Yangın	Mesafe-Risk-Zaman	P Median
Chanta vd., 2009	2009	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Kapsama-Mesafe	Tam Sayılı Programlama-E-Constraint Method
Doerner vd., 2009	2009	Çok Amaçlı	Deterministik	Tsunami	Kapsama-Risk-Maliyet	Tam Sayılı Doğrusal Olmayan Programlama-Baskın Olmayan Genetik Algoritma
C. F. Han ve Zhang, 2009	2009	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Zaman	Tamsayılı Doğrusal Programlama-Genetik Algoritma
Zixue ve Qiang, 2009	2009	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Tamsayılı Doğrusal Programlama
S. Liang ve Tu, 2009	2009	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Tamsayılı Doğrusal Programlama
X. L. Lu ve Hou, 2009	2009	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Talep	Tamsayılı Doğrusal Programlama-Karınca Kolonisi Algoritması
X. Lu ve Hou, 2009	2009	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Talep	Çok Kriterli Doğrusal Programlama-Grey Degree Model
Dawei vd., 2009	2009	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Zaman	Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama-Parçacık Sürü Optimizasyonu
Beraldi ve Bruni, 2009	2009	Tek Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet	İki Aşamalı Stokastik Programlama
Maliszewski ve Horner, 2010	2010	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Mesafe-Kapsama	Tamsayılı Doğrusal Programlama
Nolz vd., 2010	2010	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Zaman-Maliyet-Kapsama	Tam Sayılı Programlama-Genetik Algoritma-Variable Neighborhood Search
Horner ve Downs, 2010	2010	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Karma Tamsayılı Programlama-Kesin Algoritma
R. Huang vd., 2010	2010	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Mesafe	Tam Sayılı Doğrusal Programlama-Kesin Algoritma
Mete ve Zabinsky, 2010	2010	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet-Taşıma Süresi-Karşılanamayan Talep	Kesin Algoritma
Rawls ve Turnquist, 2010	2010	Tek Amaçlı	Stokastik	Kasırğa	Maliyet	İki Aşamalı Stokastik Karma Tamsayılı Programlama-Lagrangian L-Shaped Method
Görmez vd., 2011	2011	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Mesafe-Tesis Sayısı	Karma Tam Sayılı Programlama
Şen vd., 2011	2011	Çok Amaçlı	Deterministik	Yangın	Maliyet-Zaman-Kapsama	Tamsayılı Programlama

Charles ve Lauras, 2011	2011	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama
Chi vd., 2011	2011	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Maliyet	Genetik Algoritma
Coskun ve Erol, 2010	2011	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Tam Sayılı Programlama
Horner ve Widener, 2011	2011	Tek Amaçlı	Deterministik	Kasırga	Maliyet	Karma Tamsayı Programlama
Widener ve Horner, 2011	2011	Tek Amaçlı	Deterministik	Kasırga	Maliyet	P-Medyan
Y. Han vd., 2011	2011	Çok Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet-Mesafe-Talep	Lagrangian Relaxation Model
Duran vd.	2011	Tek Amaçlı	Stokastik	Genel	Zaman	Kesin Algoritma
L. Li vd., 2011	2011	Tek Amaçlı	Stokastik	Kasırga	Maliyet	İki Aşamalı Stokastik Programlama-Lagrange Gevşetme Algoritması
Verma ve Gaukler, 2011	2011	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Mesafe	İki Aşamalı Stokastik Programlama
Chanta ve Sangsawang, 2012	2012	Çok Amaçlı	Deterministik	Sel	Kapsama-Mesafe	Epsilon-Kısıtlama Yaklaşımı- Kesin Algoritma
Coutinho-Rodrigues vd., 2012	2012	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Mesafe-Risk-Zaman	Karma Tamsayı Programlama
Fetter ve Rakes, 2012	2012	Çok Amaçlı	Deterministik	Kasırga	Maliyet-Kar	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama-Kesin Algoritma
Yushimito vd., 2012	2012	Çok Amaçlı	Deterministik	Kasırga	Kapsama-Maliyet	P-Medyan
Aksen ve Aras, 2012	2012	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Tabu Arama- Sıralı Çözüm Yöntemi
Ecerkale, 2012	2012	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Mesafe	Bulanık C-Ortalamalar Kümeleme Algoritması, PSO Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
Lin vd., 2012	2012	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Maliyet	İki Aşamalı Sezgisel Yaklaşım
Naji-Azimi vd., 2012	2012	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Mesafe	Multi-Start Heuristic-Tam Sayılı Programlama
Murali vd., 2012	2012	Tek Amaçlı	Deterministik-Stokastik	Salgın	Kapsama	Locate-Allocate Heuristic
Afshar ve Haghani, 2012	2012	Tek Amaçlı	Dinamik	Genel	Karşılanmayan Talep	Kesin Algoritma
Bozorgi-Amiri vd., 2012	2012	Tek Amaçlı	Robust	Genel	Maliyet	Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama-Parçacık Sürüsü Optimizasyonu
Paul ve Hariharan, 2012	2012	Tek Amaçlı	Robust	Deprem-Kasırga	Maliyet	Afet SimülasyonuHAZS-MH-Kümeleme Algoritması-Hasta Gruplama Algoritması-Kesin Algoritma

Li vd., 2012	2012	Çok Amaçlı	Stokastik	Kasırga	Mesafe-Karşılanmayan Talep	Karma Tamsayı Programlama
Noyan, 2012	2012	Çok Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet-Risk	İki Aşamalı Stokastik Programlama-Benders Dağılım Algoritması
Rawls ve Turnquist, 2012	2012	Çok Amaçlı	Stokastik	Kasırga	Maliyet-Karşılanmayan Talep	Kesin Algoritma
Tricoire vd., 2012	2012	Çok Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet-Kapsama	Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama-Epsilon Constraint Algorithm
Döyen vd., 2012	2012	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet	İki Aşamalı Stokastik Programlama-Lagrange Gevşetme Algoritması
S. An vd., 2013	2013	Tek Amaçlı	Deterministik	Kasırga	Maliyet	Tam Sayılı Programlama
Ashtiani vd., 2013	2013	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Maliyet	Doğrusal Decay Programlama
Chen vd., 2013	2013	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Mesafe	Kesin Algoritma
Dessouky vd.	2013	Tek Amaçlı	Deterministik	Salgın	Mesafe	Kesin Algoritma
Irahora vd.	2013	Tek Amaçlı	Deterministik	Kasırga	Maliyet Kurma-Sürdürme-Yenileme	Dual Ascent Solution
Mirzapour vd., 2013	2013	Tek Amaçlı	Deterministik	Sel	Mesafe	Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama-
Santos vd.	2013	Tek Amaçlı	Deterministik	Sel	Talep	Kesin Algoritma
Das ve Hanaoka, 2013	2013	Tek Amaçlı	Robust	Deprem	Maliyet	Kesin Algoritma
J. D. Hong vd., 2013	2013	Tek Amaçlı	Robust	Genel	Maliyet	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama-
Lu, 2013	2013	Tek Amaçlı	Robust	Deprem	Mesafe	Gürbüz Optimizasyon-Tavlama Benzetimi Tabanlı Sezgisel Yaklaşım
Bozorgi-Amiri vd., 2013	2013	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet-Tatmin-Kıtlık	Kesin Algoritma Lingo
Klibi vd., 2013	2013	Çok Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet-Talep	Monte Carlo Simülasyonu- İki Aşamalı Stokastik Programlama
Galindo ve Batta, 2013	2013	Tek Amaçlı	Stokastik	Kasırga	Maliyet	Karma Tamsayı Programlama
Abounacer vd., 2014	2014	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Taşıma Mesafesi-Açılacak Dağıtım Merkezi Sayısı-Karşılanmayan Talep	Epsilon-Sınırlama Metodu- Exact Pareto Front



F. Barzinpour ve Esmaeili, 2014	2014	Çok Amaçlı	Deterministik	Deprem	Kapsama-Maliyet	Kesin Algoritma Hedef Programlama
Farnaz Barzinpour vd., 2014	2014	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet-Talep	Doğrusal Programlama-Genetik Algoritma-Tavlama Benzetimi
Chou vd., 2014	2014	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet-Tesis Sayısı	Biyolojik Tabanlı Genetik Algoritma-Tam Sayılı Programlama
Chanta vd., 2014	2014	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Kapsama-Mesafe-Eşitlik	Tam Sayılı Programlama -E-Constraint Method
Esmaeili ve Barzinpour, 2014	2014	Çok Amaçlı	Deterministik	Deprem	Kapsama-Maliyet	Karma Tamsayılı Programlama-Genetik Algoritma
Hu vd., 2014	2014	Çok Amaçlı	Deterministik	Deprem	Maliyet-Mesafe	Genetik Algoritma
Jeong vd., 2014	2014	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Karma Tamsayılı Programlama
Manopiniwes vd., 2014	2014	Tek Amaçlı	Deterministik	Sel	Maliyet	Karma Tamsayılı Programlama
Jabbarzadeh vd., 2014	2014	Tek Amaçlı	Robust	Deprem	Maliyet	Kesin Algoritma Lingo
Liu ve Guo, 2014	2014	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet-Eşitlik	Karma Tamsayılı Programlama-Lexicographic Optimizasyon, Senaryo-Dağılım-Tabanlı Sezgisel Algoritmalar
Kelle vd., 2014	2014	Tek Amaçlı	Stokastik	Kasırğa	Maliyet	P-Reliable Regret Model-L Shaped Algorithm
Rennemo vd., 2014	2014	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Tatmin	Üç Aşamalı Karma Tamsayılı Stokastik Programlama
Akgün vd., 2015	2015	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Risk	Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama-Hata Ağacı Analizi-Kesin Algoritma
Bayram vd., 2015	2015	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Zaman	Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama-İkinci Dereceden Koni Programlama
Caunhye vd., 2015.	2015	Tek Amaçlı	Deterministik	Radyasyon	Zaman	Karma Tamsayılı Programlama
Hong vd., 2015	2015	Tek Amaçlı	Stokastik	Kasırğa	Maliyet	Karma Tamsayılı Programlama-İki Aşamalı Stokastik Programlama
J. D. Hong vd., 2015	2015	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet-Risk	Tamsayılı Doğrusal Programlama-Hedef Programlama
Huang vd., 2015	2015	Çok Amaçlı	Dinamik	Genel	Maliyet-Eşitlik-Kurtarılan Hayat Faydası	Karma Tamsayılı Programlama-Etkili Değişken Eşitsizlik Algoritması

Kedchaikulrat ve Lohatepanont	2015	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet Yapısı-AHP Puanı	Kesin Algoritma Pareto Dominance
Khayal vd., 2015	2015	Tek Amaçlı	Dinamik	Genel	Sabit Maliyet Ve Ulaşım Maliyeti	Kesin Algoritma
Kilci vd., 2015	2015	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Tesis Yeri Ağırlığı Max.	Karma Tamsayılı Doğrusal Programlama-Kesin Algoritma
Álvarez-Miranda vd., 2015	2015	Tek Amaçlı	Robust	Genel	Maliyet	İki Aşamalı Robust Optimizasyon
Moeini vd., 2015	2015	Çok Amaçlı	Dinamik	Genel	Maliyet-Kapsama	Kesin Algoritma
Rancourt vd., 2015	2015	Çok Amaçlı	Deterministik	Kıtlık	Maliyet-Tesis Sayısı	Tam Sayılı Doğrusal Olmayan Programlama-
Renkli ve Duran, 2015	2015	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Mesafe	Karma Tamsayılı Programlama
Salman ve Yücel, 2015	2015	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Kapsama	Tabu Arama
Verma ve Gaukler, 2015	2015	Tek Amaçlı	Deterministik-Stokastik	Deprem	Maliyet	Kesin Algoritma-Modified L-Shaped-Sample Average
Ye vd., 2015	2015	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Tesis Sayısı	Variable Neighborhood Search, Kesin Algoritma
Zhang ve Li, 2015	2015	Tek Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet	Karma Tamsayılı Programlama-Conic Quadratic
N. Aydin, 2016	2016	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Talep-Zaman	İki Aşamalı Stokastik Programlama-Kesin Algoritma
A. Y. Chen ve Yu, 2016	2016	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Maliyet	Doğrusal Programlama-Lagrangian Relaxation
Khalili vd., 2016	2016	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet-Tatmin-Kıtlık	Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama
Marcelin vd., 2016	2016	Tek Amaçlı	Stokastik	Sel	Maliyet	Kesin Algoritma
Mohammadi vd., 2016a	2016	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet-Kapsama-Eşitlik	Karma Tamsayılı Programlama-İki Aşamalı Stokastik Programlama
Paul ve MacDonald, 2016a	2016	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet	Karma Tamsayılı Doğrusal Olmayan Programlama
Ransikarbum ve Mason, 2016	2016	Çok Amaçlı	Deterministik	Kasırga	Eşitlik-Karşılanmayan Talep-Şebeke Maliyeti	Kesin Algoritma Hedef Programlama
Rath vd., 2016	2016	Çok Amaçlı	Stokastik	Genel	Mesafe-Kapsama	İki Aşamalı Stokastik Programlama-Epsilon Kısıt Metodu
Rezaei-Malek vd., 2016	2016	Çok Amaçlı	Robust-Stokastik	Deprem	Maliyet-Zaman	Karma Tamsayılı Programlama-İki Aşamalı Stokastik Programlama

Tofighi vd., 2016	2016	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet-Zaman	Karma Tamsayı Programlama-İki Aşamalı Stokastik Programlama
Ahmadi-Javid vd., 2017	2017	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet-Talep-Zaman	Tamsayı Doğrusal Programlama-P-Medyan
Manopiniwes ve Irohara, 2017	2017	Çok Amaçlı	Stokastik	Sel	Maliyet-Zaman	Kesin Algoritma Hedef Programlama
Üster ve Dalal, 2017	2017	Çok Amaçlı	Deterministik	Kasırğa	Maliyet-Mesafe	Karma Tamsayı Programlama-Bender Dağılım Algoritması
Dalal ve Üster	2018	Çok Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet-Mesafe	İki Aşamalı Stokastik Programlama
Bayram ve Yaman, 2018b	2018	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Zaman	İki Aşamalı Stokastik Doğrusal Olmayan Karma Tamsayı Programlama
Bayram ve Yaman, 2018a	2018	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Zaman	Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama
Chapman ve Mitchell, 2018	2018	Tek Amaçlı	Deterministik	Sel	Maliyet	Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama
Das, 2018	2018	Çok Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet-Zaman-Mesafe-Talep	Tamsayı Doğrusal Programlama
Doungpan vd., 2018	2018	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Kapsama	İki Aşamalı Stokastik Programlama-P-Medyan
Elçi vd., 2018	2018	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Ulaşılabilirlik	Karma Tamsayı Programlama
Elçi ve Noyan, 2018	2018	Tek Amaçlı	Stokastik	Kasırğa	Maliyet	Karma Tamsayı Programlama-İki Aşamalı Stokastik Programlama
Jalali vd., 2018	2018	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Mesafe	Tamsayı Doğrusal Programlama-
Kınay vd., 2018	2018	Tek Amaçlı	Stokastik	Genel	Tesis Yeri Ağırlığı Max.	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama
Loree ve Aros-Vera, 2018a	2018	Tek Amaçlı	Deterministik	Genel	Maliyet	Karma Tamsayı Doğrusal Olmayan Programlama
Noham ve Tzur, 2018	2018	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Zaman	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama-Tabu Arama
Oğuz vd., 2018	2018	Çok Amaçlı	Deterministik-Stokastik	Genel	Maliyet-Mesafe	Benders Decomposition -Kesin Algoritma
Tavana vd., 2018	2018	Çok Amaçlı	Deterministik	Deprem	Maliyet-Zaman	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama
Tian vd., 2018	2018	Çok Amaçlı	Stokastik	Genel	Maliyet-Tatmin	E-Constraint-Pareto Solution
Hasani ve Mokhtari, 2019	2019	Çok Amaçlı	Robust	Deprem	Maliyet-Talep-Risk	Karma Tamsayı Doğrusal Programlama-

Kınay vd., 2019	2019	Çok Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet-Mesafe	Vektör Optimizasyonu-Hedef Programlama
Oksuz ve Satoglu, 2019	2019	Tek Amaçlı	Stokastik	Deprem	Maliyet	İki Aşamalı Stokastik Programlama
Temur vd., 2019	2019	Tek Amaçlı	Deterministik	Deprem	Mesafe	Fuzzy AHP-P-Medyan
Erbeyoğlu ve Bilge, 2020	2020	Tek Amaçlı	Robust	Deprem	Maliyet	Karma Tamsayı Programlama

Son yıllarda insani lojistik alanında yapılan çalışmalarda artış gözlemlenmektedir. Scholar.google.com’da yapılan incelemede “humanitarian logistic” ve “facility location” anahtar kelimeleri birlikte arandığında, 2014 yılına kadar 445 çalışma bulunurken 2015 yılı ve sonrasında ise 2030 çalışma olduğu görülmüştür.

### 2.2.1.1. Amaç Fonksiyonunun Türüne Göre İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

Yapılan literatür araştırmasında, amaç fonksiyonunda birden fazla amacın olduğu çok amaçlı deterministik çalışmalar gözlemlenmiştir (Abounacer vd., 2014; Ahmadi-Javid vd., 2017; Alçada-Almeida vd., 2009; F. Barzinpour ve Esmaeili, 2014; Farnaz Barzinpour vd., 2014; Chanta vd., 2014; Chanta ve Sangsawang, 2012; Chou vd., 2014; Coutinho-Rodrigues vd., 2012; Das, 2018; Doerner vd., 2009; Drezner vd., 2006; Esmaeili ve Barzinpour, 2014; Fetter ve Rakes, 2012; Görmez vd., 2011; Hong vd., 2015; Hu vd., 2014; Kedchaikulrat ve Lohatepanont, 2015; Khalili vd., 2016; Maliszewski ve Horner, 2010; Rancourt vd., 2015; Ransikarbun ve Mason, 2016; Şen vd., 2011; Tavana vd., 2018; Tzeng vd., 2007; Üster ve Dalal, 2017; Yushimito vd., 2012)

Yine benzer şekilde çok amaçlı stokastik çalışmalar da literatürde yer bulmuştur (N. Aydın, 2016; Bozorgi-Amiri vd., 2013; Chang vd., 2007; Dalal ve Üster, 2018; Y. Han vd., 2011; Kınay vd., 2019; Klibi vd., 2013; Li vd., 2012; Liu ve Guo, 2014; Manopiniwes ve Irohara, 2017; Mete ve Zabinsky, 2010, 2007; Mohammadi vd., 2016a; Noyan, 2012; Rath vd., 2016; Rawls ve Turnquist, 2012; Tian vd., 2018; Tofighi vd., 2016; Tricoire vd., 2012).

Çok amaçlı çalışmaların bazılarının ise dinamik ve robust çalışmalar olduğu görülmüştür (Hasani ve Mokhtari, 2019; Huang vd., 2015; Rezaei-Malek vd., 2016).

Literatür incelendiğinde tek amaçlı çalışmaların yine deterministik, stokastik, robust ya da dinamik çalışmalar olduğu görülmektedir. Literatürde tek amaçlı deterministik çalışmalara sıklıkla başvurulmaktadır (Akgün vd., 2015; Aksen ve Aras, 2012; S. An vd., 2013; Ashtiani vd., 2013; Bayram vd., 2015; Bayram ve Yaman, 2018a; Caunhye vd., 2015; Chapman ve Mitchell, 2018; Charles ve Lauras, 2011; Chen vd., 2013; Chi vd., 2011; Coskun ve Erol, 2010; Dawei vd., 2009; Ecerkale, 2012; Hale ve Moberg, 2005; C. F. Han ve Zhang, 2009; Horner ve Downs, 2010; Horner ve Widener, 2011; R. Huang vd., 2010; Jalali vd., 2018; Jeong vd., 2014; Jia vd., 2007b, 2007a; Khayal vd., 2015; Kilci vd., 2015; Kongsomsaksakul vd., 2005; S. Liang ve Tu, 2009; Lin vd., 2012; Loree ve Aros-Vera, 2018b; X. Lu ve Hou, 2009; X. L. Lu ve Hou, 2009; Manopiniwes vd., 2014; Mirzapour vd., 2013; Najj-Azimi vd., 2012; Paul ve Batta, 2008; Talwar, 2002; Widener ve Horner, 2011; Ye vd., 2015; Zixue ve Qiang, 2009). Yine literatürde tek amaçlı stokastik (Balcik ve Beamon, 2008; Bayram ve Yaman, 2018b; Beraldi vd., 2004; Beraldi ve Bruni, 2009; Dounghan vd., 2018; Döyen vd., 2012; Elçi vd., 2018; Elçi ve Noyan, 2018; Galindo ve Batta, 2013; Hong vd., 2015; Kelle vd., 2014; Kınay vd., 2018; L. Li vd., 2011; Marcelin vd., 2016; Noham ve Tzur, 2018; Oksuz ve Satoglu, 2019; Paul ve MacDonald, 2016b; Rawls ve Turnquist, 2010; Renkli ve Duran, 2015; Rennemo vd., 2014; Salman ve Yücel, 2015; Verma ve Gaukler, 2011; Zhang ve Li, 2015), Aynı zamanda tek amaçlı dinamik ve robust (Álvarez-Miranda vd., 2015; Erbeyoğlu ve Bilge, 2020; Khayal vd., 2015) çalışmalar da literatürde kendine yer bulmuştur. Ayrıca Verma ve Gaukler (2015) hem deterministik hem de stokastik modellerin olduğu bir çalışma yürütmüş ve kurduğu bu iki modelin sonuçlarını karşılaştırmıştır.

#### **2.2.1.2. Afet Tipine Göre İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Literatür incelendiğinde kurulan modellerde afet tipi olarak deprem uygulamalarının yer aldığı çalışmalar gözlemlenmiştir (Akgün vd., 2015; Ashtiani vd., 2013; N. Aydın, 2016; Balcik ve Beamon, 2008; F. Barzinpour ve Esmaeili, 2014; Bayram ve Yaman, 2018a, 2018b; Bozorgi-Amiri vd., 2013; Chen ve Yu, 2016; Chen vd., 2013; Chi vd., 2011; Das Ve Hanaoka, 2013; Dounghan vd., 2018; Döyen vd., 2012; Ecerkale, 2012; Elçi vd., 2018; Erbeyoğlu ve Bilge, 2020; Esmaeili ve

Barzinpour, 2014; Hasani ve Mokhtari, 2019; Hu vd., 2014; Jabbarzadeh vd., 2014; Jalali vd., 2018; Kilci vd., 2015; Kınay vd., 2019; Lin vd., 2012; Liu ve Guo, 2014; Lu, 2013; Mete ve Zabinsky, 2010; Mohammadi vd., 2016a; Noham ve Tzur, 2018; Oksuz ve Satoglu, 2019; Paul ve MacDonald, 2016a; Renkli ve Duran, 2015; Rennemo vd., 2014; Rezaei-Malek vd., 2016; Salman ve Yücel, 2015; Tavana vd., 2018; Tofighi vd., 2016; Verma ve Gaukler, 2011, 2015).

Literatürde depremin yanı sıra kasırga (An vd., 2013; Elçi ve Noyan, 2018; Fetter ve Rakes, 2012; Galindo ve Batta, 2013; Hong vd., 2015; Horner ve Widener, 2011; Kelle vd., 2014; Li vd., 2012; L. Li vd., 2011; Ransikarbun ve Mason, 2016; Rawls ve Turnquist, 2010, 2012; Üster ve Dalal, 2017; Widener ve Horner, 2011; Yushimito vd., 2012) , kıtlık (Rancourt vd., 2015), sel (Chang vd., 2007; Chanta ve Sangsawang, 2012; Chapman ve Mitchell, 2018; Kongsomsaksakul vd., 2005; Manopiniwes vd., 2014; Manopiniwes ve Irohara, 2017; Marcelin vd., 2016; Mirzapour vd., 2013), salgın (Jia vd., 2007b; Murali vd., 2012), tsunami (Doerner vd., 2009), yangın (Alçada-Almeida vd., 2009; Şen vd., 2011)radyasyon (Caunhye vd., 2015) ve genel afet uygulamalarının olduğu çalışmalar görülmektedir (Álvarez-Miranda vd., 2015; Bayram vd., 2015; Dalal ve Üster, 2018; Das, 2018; J. D. Hong vd., 2015; Huang vd., 2015; Kedchaikulrat ve Lohatepanont, 2015; Khalili vd., 2016b; Khayal vd., 2015; Kınay vd., 2018b; Loree ve Aros-Vera, 2018; Oğuz vd., 2018; Rath vd., 2016; Ye vd., 2015; Zhang ve Li, 2015).

### **2.2.1.3. Amaç Türüne Göre İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Literatür incelendiğinde amaç fonksiyonunun tek veya çok amaçlı çalışmalar gözlemlenmiştir. Tek amaçlı çalışmalarda amaç fonksiyonunda maliyetin en küçüklenmesi (Aksen ve Aras, 2012; Álvarez-Miranda vd., 2015; An vd., 2013; Ashtiani vd., 2013; Beraldi vd., 2004; Beraldi ve Bruni, 2009; Bozorgi-Amiri vd., 2012; Chapman ve Mitchell, 2018; Charles ve Lauras, 2011; Chen ve Yu, 2016; Chi vd., 2011; Coskun ve Erol, 2010; Das ve Hanaoka, 2013; Döyen vd., 2012; Elçi ve Noyan, 2018; Erbeyoğlu ve Bilge, 2020; Galindo ve Batta, 2013; J. D. Hong vd., 2013; Hong vd., 2015; Horner ve Downs, 2010; Horner ve Widener, 2011; Jabbarzadeh vd., 2014; Jeong vd., 2014; Kelle vd., 2014; Khayal vd., 2015; L. Li vd., 2011; S. Liang ve Tu, 2009; Lin vd., 2012; Loree ve Aros-Vera, 2018c; Manopiniwes vd., 2014; Marcelin vd.,

2016; Oksuz ve Satoglu, 2019; Paul ve Hariharan, 2012; Paul ve MacDonald, 2016a; Rawls ve Turnquist, 2010; Verma ve Gaukler, 2015; Ye vd., 2015; Zhang ve Li, 2015; Zixue ve Qiang, 2009), kapsama alanının en büyüklenmesi (Dounpan vd., 2018; Jia vd., 2007a; John vd., 2014; Murali vd., 2012; Salman ve Yücel, 2015), riskin en küçüklenmesi (Akgün vd., 2015), ulaşılabilirlik puanının ve maliyetin en küçüklenmesi (Elçi vd., 2018), mesafenin en küçüklenmesi (Chen vd., 2013; Ecerkale, 2012; R. Huang vd., 2010; Jalali vd., 2018; Lu, 2013; Mirzapour vd., 2013; Naji-Azimi vd., 2012; Paul ve Batta, 2008; Renkli ve Duran, 2015; Talwar, 2002; Verma ve Gaukler, 2011), zamanın en küçüklenmesi (Bayram vd., 2015; Bayram ve Yaman, 2018a, 2018b; Caunhye vd., 2015; Dawei vd., 2009; C. F. Han ve Zhang, 2009; Noham ve Tzur, 2018), tesis yeri ağırlığının en büyüklenmesi (Kilci vd., 2015; Kınay vd., 2018) amaçları olduğu gözlemlenmiştir.

Çok amaçlı çalışmaların amaç fonksiyonunda ise maliyetin en küçüklenmesi ve kapsama alanı ile karşılanan talebin en büyüklenmesi (Ahmadi-Javid vd., 2017; F. Barzinpour ve Esmaceli, 2014; Farnaz Barzinpour vd., 2014; Das, 2018; Doerner vd., 2009; Esmaceli ve Barzinpour, 2014; Hasani ve Mokhtari, 2019; Klibi vd., 2013; Mete ve Zabinsky, 2007; Moeini vd., 2015; Mohammadi vd., 2016b; Rawls ve Turnquist, 2012; Şen vd., 2011; Tricoire vd., 2012; Yushimito vd., 2012); mesafenin en küçüklenmesi ile kapsamanın en büyüklenmesi (Chanta vd., 2014; Chanta ve Sangsawang, 2012; Drezner vd., 2006; Li vd., 2012; Maliszewski ve Horner, 2010; Rath vd., 2016; Rawls ve Turnquist, 2012); maliyetin en küçüklenmesi ve eşitliğin en büyüklenmesi (Huang vd., 2015; Liu ve Guo, 2014; Tzeng vd., 2007); maliyetin ve riskin en küçüklenmesi (Alçada-Almeida vd., 2009; Coutinho-Rodrigues vd., 2012; Hong vd., 2015; Noyan, 2012) gibi amaçlar göz önünde bulundurularak modellerin kurulduğu gözlemlenmiştir.

#### **2.2.1.4. Kullanılan Çözüm Algoritmasına Göre İnsani Lojistikte Tesis Yeri Seçimi ile İlgili Yapılan Çalışmalar**

Literatür incelendiğinde birçok farklı çözüm algoritmasının kullanıldığı gözlemlenmiştir. Karma tamsayılı programlama en sık kullanılan çözüm yöntemlerinden bir tanesi olarak görülmektedir (Caunhye vd., 2015; Charles ve Lauras, 2011; Coutinho-Rodrigues vd., 2012; Dawei vd., 2009; Elçi vd., 2018; Elçi ve Noyan,

2018; Erbeyoğlu ve Bilge, 2020; Esmaceli ve Barzinpour, 2014; Fetter ve Rakes, 2012; Galindo ve Batta, 2013; Hasani ve Mokhtari, 2019; Hong vd., 2013; Hong vd., 2015; Horner ve Downs, 2010; Horner ve Widener, 2011; Huang vd., 2015; Jeong vd., 2014; Kilci vd., 2015; Kınay vd., 2018; Li vd., 2012; Liu ve Guo, 2014; Manopiniwes vd., 2014; Mohammadi vd., 2016b, 2016a; Noham ve Tzur, 2018; Paul ve Batta, 2008; Renkli ve Duran, 2015; Rezaei-Malek vd., 2016; Tavana vd., 2018; Tofighi vd., 2016; Üster ve Dalal, 2017; Zhang ve Li, 2015).

Karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama yöntemi de birçok çalışmada kullanılmıştır (Akgün vd., 2015; Bayram vd., 2015; Bayram ve Yaman, 2018a; Bozorgi-Amiri vd., 2012; Chapman ve Mitchell, 2018; Drezner vd., 2006; Khalili vd., 2016; Loree ve Aros-Vera, 2018b, 2018b; Mirzapour vd., 2013; Paul ve MacDonald, 2016a, 2016b; Tricoire vd., 2012). Stokastik çalışmalarda sıklıkla iki aşamalı stokastik programlamaya başvurulmuştur (N. Aydın, 2016; Bayram ve Yaman, 2018b; Beraldi ve Bruni, 2009; Dalal ve Üster, 2018; Doungpan vd., 2018; Döylen vd., 2012; L. Li vd., 2011; Noyan, 2012; Oksuz ve Satoglu, 2019; Rath vd., 2016; Rawls ve Turnquist, 2010; Verma ve Gaukler, 2011).

Yine kesin algoritmalar da sıklıkla kullanılan yöntemlerden bir tanesidir (Afshar ve Haghani, 2012; Balcik ve Beamon, 2008; Barzinpour ve Esmaceli, 2014; Bozorgi-Amiri vd., 2013; Chen vd., 2013; Das ve Hanaoka, 2013; Hale ve Moberg, 2005; Jabbarzadeh vd., 2014; Kedchaikulrat ve Lohatepanont, 2015; Khayal vd., 2015; Manopiniwes ve Irohara, 2017; Marcelin vd., 2016; Mete ve Zabinsky, 2010; Moeini vd., 2015; Oğuz vd., 2018; Ransikarbum ve Mason, 2016; Verma ve Gaukler, 2015; Ye vd., 2015).

Tamsayılı doğrusal ve doğrusal olmayan programlama da literatürde deterministik çalışmalarda kullanılmıştır (Ahmadi-Javid vd., 2017; Das, 2018; Han ve Zhang, 2009; Hong vd., 2015; Jalali vd., 2018; S. Liang ve Tu, 2009; Lu ve Hou, 2009; Maliszewski ve Horner, 2010; Rancourt vd., 2015; Şen vd., 2011; Zixue ve Qiang, 2009).

Bu çalışmaların yanı sıra incelenen literatürde hedef programlama (Hong vd., 2015; Kınay vd., 2019; Manopiniwes ve Irohara, 2017; Ransikarbum ve Mason, 2016) benders decomposition (Oğuz vd., 2018), lagrangian relaxation (Chen ve Yu, 2016; Han vd., 2011; Jia vd., 2007b), e-constraint pareto solution (Tian vd., 2018), tabu arama (Aksen ve Aras, 2012; Noham ve Tzur, 2018; Salman ve Yücel, 2015), vektör



optimizasyonu (Kınay vd., 2019) ve iki aşamalı robust optimizasyon yöntemlerinin (Álvarez-Miranda vd., 2015) kullanıldığı gözlemlenmiştir.

Özellikle 2015 yılından sonra insani lojistik alanında yapılan çalışmalarda belirgin bir artışın olduğu gözlemlenmiştir. 2015 yılından sonra yapılan çalışmalara bakıldığında;

Akgün vd. (2015), yaptıkları deterministik çalışmada riski en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla kurdukları modelde karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama kullanmışlardır. Bir talep noktasının talebinin kurulacak olan tesisler tarafından karşılanamaması olasılığı hata ağacı analizi yöntemi kullanılarak bir girdi olarak optimizasyon modeline eklenmiştir. Bu çalışma yapılan araştırmaya çerçevesinde bu yöntemin kullanıldığı ilk çalışmadır. Kurdukları model ile karma tamsayılı doğrusal olmayan programlamayı doğrusal hale getirerek doğrusal tamsayılı programlama olarak çözmüşlerdir. Yazarlar tarafından oluşturulan model çerçevesinde belirlenen tesis yerleri çeşitli test problemleri kullanılarak risk değeri, kapsama alanı ve kapsanan alandaki nüfus açısından p-center model ile belirlenen yerler ile karşılaştırılmıştır. Kurulan model deprem afeti için uygulanmıştır. Çalışma sonucunda risk parametresinin modelde dikkate alınması sonucunda risk seviyelerinde önemli farklılıkların olduğu gözlemlenmiştir.

Bayram vd. (2015), yaptıkları deterministik çalışmada afetzedelerin afet bölgesinden kurulacak olan tesislere tahliye zamanını en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla kurdukları modelde karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama kullanmışlardır. İkinci dereceden koni programlama tekniklerini kullanarak gerçek hayatta karşılaşılabilecek boyuttaki problemlerin çözülebileceği bir çözüm yöntemi geliştirmişlerdir. Önerdikleri model ile kurulacak olan barınma alanlarının sayılarının ve konumlarının verimlilik ve adaleti sağlama hususundaki önemini tespit etmişlerdir.

Caunhye vd. (2015), yaptıkları deterministik çalışmada olası bir radyasyon tehlikesinde afetten etkilenenleri önceliklendirilmiş ve toplam tahliye zamanını en küçükmeyi amaçlamışlardır. Karma tamsayılı programlama kullanmışlardır. Önerdikleri modeli Los Angeles'taki olası bir radyasyon yayılması afetine uygulamışlardır. Kurdukları bu model ile merkezi planlamacıların radyolojik olaylara etkili bir şekilde yanıt vermelerini ve tedarik zincirini daha iyi anlamalarını amaçlamaktadırlar.

Hong vd. (2015), yaptıkları stokastik çalışmada kurulacak olan tesislerin maliyetlerini en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada, belirsiz talep ve ulaşım kapasiteleri altında afet öncesi yardım ağı tasarım problemi için riskten uzak stokastik modelleme yaklaşımı kullanılmıştır. Kurulacak olan acil yardım merkezlerinin büyüklükleri, yerleri ve sahip olacakları yardım malzemelerinin envanter miktarları belirli bir şebeke güvenliği seviyesi göz önünde bulundurularak belirlenmiştir. Şebeke üzerindeki yardım malzemelerine olan talebin uygulanabilir bir akışla ve belirtilen yüksek olasılıkla karşılanması için olasılıksal bir kısıtlama getirilmiştir. Çözüm yöntemi iki ana bölümden oluşmaktadır. Öncelikle bir ön işleme algoritması sayesinde kullanılmayan Gale-Hoffman eşitsizlikleri ortadan kaldırılmıştır. Daha sonra ise önerilen model kombinasyonel kalıplara dayanan bir karma tamsayılı doğrusal programlama modeli olarak formüle edilmiştir. Yapılan uygulamada önerilen modelin çözüm yönteminin etkinliği test edilmiştir.

Hong vd. (2015), yaptıkları çok amaçlı deterministik çalışmada maliyet ve riski en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla kurdukları modelde tamsayılı doğrusal programlama ve hedef programlama kullanmışlardır. Model bir vaka çalışmasına uygulanmış ve modelin etkinliği test edilmiştir.

Huang vd. (2015), yaptıkları çok amaçlı dinamik çalışmada maliyeti en küçüklemeyi, eşitlik ve kurtarılan hayat faydasını ise en büyüklemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla kurdukları modelde karma tamsayılı programlama kullanmışlardır. Önerilen model convex quadratic network flow problemi olarak tasarlanmıştır. Modelin çözümü için değişken eşitsizlik algoritması kullanmışlardır. Önerilen modelin ve algoritmanın etkin olduğu yapılan uygulama ile gösterilmiştir.

Kedchaikulrat ve Lohatepanont (2015), yaptıkları çok amaçlı deterministik çalışmada maliyet yapısını ve ahp puanını optimize etmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda hem nitel hem de nicel parametreler modele dâhil edilmiştir. Modelin çözümünde pareto dominance ve kesin algoritma kullanmışlardır.

Khayal vd. (2015), yaptıkları dinamik çalışmada maliyeti en küçüklemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla kurdukları modelde karma tamsayılı programlama kullanmışlardır. Modelde acil yardım tesislerindeki ihtiyaçların giderilmesi için farklı zaman aralıklarında çalışan geçici tesisler arasındaki kaynak transferi analiz edilmiştir. Geçici tesislerin konumları arz ve talep noktaları tarafından belirlenmiştir. Bu çalışma

ile acil durumlarda gerekli olan yardım malzemelerinin hızlı bir şekilde ihtiyaç olan bölgelere iletilmesi sağlanmıştır.

Kilci vd. (2015), yaptıkları deterministik çalışmada kurulacak olan tesis yerlerinin minimum ağırlığını en büyükmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla önerilen modelde karma tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Önerilen model İstanbul Kartal ilçesi için gerçek veriler kullanılarak uygulanmıştır. Ayrıca önerilen modelin duyarlılık analizi yapılmıştır. Model ayrıca 2011 yılında gerçekleşen Van depremi için de uygulanmıştır.

Álvarez-Miranda vd. (2015), yaptıkları robust çalışmada maliyeti en küçükmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla önerilen modelde iki aşamalı robust optimizasyon kullanmışlardır. Literatürdeki bazı yaklaşımların aksine önerilen robust model veri belirsizliği açısından daha geneldir. Bu problem için gelişmiş bir brach-and-cut yapısına dayanan bir Benders decomposition yaklaşımı tasarlanmıştır. Almanya ve Amerika Birleşik Devletlerinin ulaşım ve Bangladeş ve Filipinler'in ise afet yönetimi ile ilgili mekânsal ve demografik bilgilerinden oluşan iki büyük örneklem seti tanımlanmıştır. Bu veriler önerilen model için girdileri oluşturmuş ve önerilen modelin etkinliği, davranışı ve sınırları tespit edilmiştir.

Rancourt vd. (2015), yaptıkları çok amaçlı deterministik çalışmada maliyeti en küçükmek, kapsama alanını en büyükmek ve açılacak olan tesis sayısını en küçükmeyi amaçlayan üç ayrı optimizasyon modeli önerilmiştir. Bu doğrultuda tam sayılı doğrusal olmayan programlama kullanmışlardır. Önerilen model Kenya'da bulunan Garissa bölgesinde yaşanacak bir kıtlık durumu için uygulanmıştır. Bu çalışma ile insani lojistik destek karar araçların konusunda teori ve pratik arasındaki boşluk doldurulmaya çalışılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda maliyetin en önemli kısmını gıdaların belirlenen depolardan dağıtım merkezlerine ulaştırılmasının oluşturduğu belirlenmiştir.

Renkli ve Duran (2015), yaptıkları stokastik çalışmada mesafeyi en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı programlama kullanmışlardır. Önerdikleri model bir deprem afeti için uygulanmıştır. Önerilen modelde senaryo yerine olasılıksal kısıtlar kullanılmıştır. Öncelikle bir tamsayılı doğrusal programlama modeli şans kısıtları olmadan geliştirilmiştir. Daha sonra ise şans kısıtları oluşturulmuş ve modele eklenmiştir. Şans kısıtların en önemli katkısı optimum tesis yeri seçiminde riskli

bölgelerin model tarafından seçilmemesinin sağlanması ve olası talep karşılanamama durumunun mümkün olduğunca ortadan kaldırılmasıdır.

Salman ve Yücel (2015), yaptıkları stokastik çalışmada kapsama alanını en büyükleyerek beklenen talebi karşılamayı amaçlamışlardır. Bu doğrultuda stokastik doğrusal programlama kullanmışlardır. Önerilen modelin çözümü uzun zaman aldığından çözüm zamanını azaltmak ve makul bir sürede problemin çözülebilmesi amacıyla tabu arama algoritması kullanmışlardır. Önerilen model İstanbul'da meydana gelecek olası bir deprem için uygulanmıştır. Bu doğrultuda iki farklı senaryo oluşturulmuştur. Bu iki senaryodan birincisi en olası senaryo diğeri ise depremin büyüklüğünün 7.5-7.7 ölçeğinde olduğu en kötü senaryo olarak kurgulanmıştır.

Verma ve Gaukler (2015), yaptıkları çalışmada deterministik ve stokastik olmak üzere iki farklı model önermişlerdir. Önerilen deterministik modelde beklenen taşıma maliyetini en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda önerilen modelin çözümü için CPLEX 12 karma tamsayılı programlama kullanılmıştır. İkinci aşamada ise iki aşamalı stokastik bir model önerilmiştir. Önerilen stokastik modelin çözümü için Benders algoritmasına dayanan bir L-Shaped metot kullanılmıştır. Önerilen modeller Amerika Birleşik Devletleri'nin California eyaletinde gerçekleşebilecek olası bir deprem için uygulanmıştır.

Ye vd. (2015), yaptıkları deterministik çalışmada açılacak olan tesis sayısını en küçükleyerek maliyeti minimize etmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda sezgisel bir değişken komşu arama algoritması kullanmışlardır. Önerilen modelin çözümü için CPLEX 12.4 programı kullanılmıştır. Önerilen model Çin genelinde gerçekleşebilecek olası bir afet için uygulanmıştır.

Zhang ve Li (2015), yaptıkları stokastik çalışmada maliyeti en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda konik bir dönüşüm kullanılarak konik kuadratik karma tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Önerilen modelin çözümü için CPLEX 12.1 programı kullanılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda önerilen modelin günlük hayatta karşılaşılabilecek afetlerde uygun çözümler verdiği belirlenmiştir.

Vargas Florez vd. (2015), yaptıkları stokastik çalışmada karşılanamayan talebin ve maliyetin en küçüklenmesini amaçlamışlardır. Bu doğrultuda çok senaryolu stokastik programlama kullanılmıştır. Önerilen model Peru'da yaşanabilecek bir afet için uygulanmıştır.

Aydin (2016), yaptığı çok amaçlı stokastik çalışmada karşılanan talebi en büyükmeyi ve zamanı en küçükmeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda iki aşamalı stokastik programlama kullanmıştır. Önerilen model P-medyan modelinin bir versiyonudur. Önerilen modelde hem kurulması planlanan sağlık tesislerindeki kapasite kısıtlamaları hem de hali hazırda mevcut olan sağlık tesislerindeki aksaklıklar dâhil edilmiştir. Önerilen model İstanbul'da olması beklenen 7 ya da daha şiddetli bir deprem için uygulanmıştır. Yapılan uygulama sonucunda önerilen model ile hem mevcut sağlık tesislerindeki aksaklıkların etkileri, aksaklık olasılıkları ve kurulması planlanan sağlık tesislerindeki performansın iyileştirildiği gözlemlenmiştir.

Chen ve Yu (2016), yaptıkları deterministik çalışmada maliyeti en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda ikili tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Modelin ölçeklenebilirliğini artırmak için Lagrangian Relaxation kullanılmıştır. Sonrasında ise düğüm ve matris tabanlı algoritmalar geliştirilmiştir. Önerilen model Tayvan'da gerçekleşebilecek olası bir afet için uygulanmıştır.

Khalili vd. (2016), yaptıkları çok amaçlı deterministik çalışmada maliyeti ve karşılanamayan talebi en küçükmeyi ve tatmin düzeyini en büyükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda çok zamanlı karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama kullanmışlardır. Önerilen modelde Pareto-Optimal çözümleri bulmak için rezervasyon seviyesine dayalı Tchebycheff prosedürü kullanılmıştır. Önerilen model GAMS programında kodlanmış ve CPLEX çözüm algoritması kullanılarak çözülmüştür. Önerilen modelin uygulaması İran'da olabilecek olası bir afet için yapılmıştır.

Marcelin vd. (2016), yaptıkları deterministik çalışmada maliyeti en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda bir p-medyan modeli önerilmiştir. P-medyan temelli model GIS sistemine entegre edilmiştir. Önerilen modelin uygulaması Florida'da gerçekleşebilecek bir kasırga göz önünde bulundurularak iki farklı senaryo için yapılmıştır.

Mohammadi vd. (2016),b yaptıkları çok amaçlı stokastik çalışmada maliyeti ve düğümler arasındaki tatmin düzeyi farkını en küçükmek ve kapsama alanını en büyükmeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla yeni bir çok amaçlı parçacık arama optimizasyon algoritması kullanmışlardır. Önerilen model Tahran'da gerçekleşebilecek olası bir deprem için uygulanmıştır.

Ransikarbum ve Mason (2016), yaptıkları çok amaçlı deterministik çalışmada eşitliği en büyüklemeyi ve karşılanamayan talebi ve toplam maliyeti en küçüklemek amaçlamışlardır. Bu doğrultuda çok amaçlı entegre bir optimizasyon modeli önerilmiştir. Modelde kullanılan amaç fonksiyonlarının etkileşimini belirlemek amacıyla pareto sınırlamaları oluşturulmuştur. Daha sonra önerilen model senaryo bazlı test edilmiştir. Sonrasında ise model bir bilgisayar programı yardımıyla Güney Carolina eyaletinde gerçekleşebilecek 9.0 şiddetindeki bir depreme uygulanmıştır.

Rath vd. (2016), yaptıkları çok amaçlı stokastik çalışmada mesafenin en küçüklenmesini ve kapsama alanının en büyüklenmesini amaçlamışlardır. Bu doğrultuda iki aşamalı stokastik programlama kullanmışlardır. Pareto-optimal çözümler kümesi uyarlanabilir Epsilon-kısıtlama yöntemi uygulanarak hesaplanmıştır. İki aşamalı stokastik programlamanın deterministik eşdeğerlerini CPLEX 12.1 kullanılarak çözülmüştür.

Rezaei-Malek vd. (2016), yaptıkları çok amaçlı robust çalışmada zamanı ve maliyeti en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda senaryo bazlı robust stokastik yaklaşım kullanmışlardır. Çok amaçlı modelin çözümünde rezervasyon seviyesine dayalı Tchebycheff prosedürü kullanılmıştır. Daha sonra önerilen model ve modelin çözümü için kullanılan rezervasyon seviyesine dayalı Tchebycheff prosedürü İran'daki olası bir deprem afeti için uygulanmıştır.

Tofighi vd. (2016), yaptıkları çok amaçlı stokastik çalışmada maliyet ve zamanı en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda yeni bir iki aşamalı senaryo bazlı olasılıklı stokastik programlama ve karma tamsayılı doğrusal programlama kullanılmıştır. Önerilen model Tahran şehrindeki olası bir deprem afeti için uygulanmıştır.

Manopiniwes ve Irohara (2017), yaptıkları çok amaçlı stokastik çalışmada maliyeti en küçüklemeyi ve mesafeyi ya da ulaşma zamanını en küçükleyerek talep noktalarındaki eşitliği en büyüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda stokastik karma tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Ayrıca talep noktaları arasındaki eşitliği en büyüklemek için p-merkez yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen model Taylan'daki Chiang Mai bölgesindeki bir sel afeti için uygulanmıştır.

Üster ve Dalal (2017), yaptıkları çok amaçlı deterministik çalışmada maliyet ve mesafeyi en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı programlama

kullanmışlardır. Büyük ölçekli problemlerin çözümü için Benders decomposition yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen model Amerika Birleşik Devletleri'nin Texas eyaletindeki bir sel felaketi için uygulanmıştır. Ayrıca gerçek veriler için Coğrafi Bilgi Sistemi GIS'ten faydalanılmıştır. Çalışma sonucunda önerilen model ile tahliye ve dağıtım arasında kurulacak entegrasyonun kısıtlı kaynaklara sahip büyük ölçekli alanlarda bir rahatlama sağlayacağı tespit edilmiştir.

Dalal ve Üster (2018), yaptıkları çok amaçlı stokastik çalışmada maliyet ve mesafeyi en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda iki aşamalı stokastik programlama kullanmışlardır. Önerilen modelin uygulaması için ortalama ve en kötü senaryo olmak üzere iki farklı senaryo kullanılmıştır. Büyük ölçekli problemin daha makul sürelerde çözümü için Benders Decomposition yaklaşımı kullanılmıştır.

Bayram ve Yaman (2018),a yaptıkları stokastik çalışmada zamanı en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda senaryo bazlı iki aşamalı stokastik programlama modelininin çözümü için Benders Decomposition tabanlı bir kesin algoritma önerilmiştir. İkinci aşamada ise model ikinci dereceden koni programlama problemidir ve Benders Decomposition yaklaşımına dayalı ikinci dereceden koni programlama dualite sonuçları kullanılmıştır. Yapılan uygulamalar ile elde edilen sonuçlar önerilen algoritmanın etkin olduğunu göstermiştir.

Bayram ve Yaman (2018),b yaptıkları stokastik çalışmada toplam tahliye zamanını en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda iki aşamalı stokastik programlama modeli kullanmışlardır. Önerilen model İstanbul'da gerçekleşecek muhtemel bir deprem için uygulanmıştır. Önerilen stokastik programlama modeli ile elde edilen sonuçlar tekli senaryo ve ortalama değerler ile elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

Chapman ve Mitchell (2018), yaptıkları deterministik çalışmada maliyeti en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama kullanılmıştır. Modele koşullu risk değeri parametresinin eklenmesi olası eşitsizliklerin minimize edilmesini sağlamaktadır. Önerilen model bir sel felaketi için uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar önerilen modelin etkili olduğunu göstermektedir.

Das (2018), yaptığı çok amaçlı deterministik çalışmada mesafeyi en küçüklemeyi ve kapsama alanını en büyüklemeyi amaçlamıştır. Bu doğrultuda tamsayılı doğrusal

programlama kullanılmıştır. Yapılan uygulama sonucunda önerilen modelin daha yüksek sosyal fayda sağladığı tespit edilmiştir.

Doungpan vd. (2018), yaptıkları stokastik çalışmada kapsama alanını en büyükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda iki aşamalı stokastik programlama kullanılmıştır. Birinci aşamada kurulacak olan tesis yerleri belirlenmiş ikinci aşamada ise tıbbi malzemeler için belirsiz ulaşım ve talepler göz önünde bulundurulmuştur. Ayrıca p medyan ve p merkez problemleri kullanılmıştır. Önerilen model Tayland'da bulunan Chiang Rai bölgesindeki bir deprem için uygulanmıştır.

Elçi vd. (2018), yaptıkları stokastik çalışmada şans faktörlerini de göz önünde bulundurarak ulaşılabilirlik puanını ve maliyeti en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Önerilen model 2011 yılındaki Van depremi için uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar modelin etkinliğini doğrulamıştır.

Elçi ve Noyan (2018), yaptıkları stokastik çalışmada maliyeti en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda iki aşamalı stokastik programlama ve karma tamsayılı programlama kullanmışlardır. Ayrıca geniş ölçekli problemlerin çözümü için Benders Decomposition yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen modelin uygulaması Amerika Birleşik Devletleri'nin güneydoğusunda gerçekleşen bir kasırga için yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda önerilen modelin çözüm için etkili olduğu tespit edilmiştir.

Jalali vd. (2018), yaptıkları deterministik çalışmada mesafeyi en küçükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Önerilen model bir deprem felaketi için uygulanmıştır. Önerilen model Lexicographic Metot ve GAMS yazılımı kullanılarak çözülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre yardım merkezlerinin nüfusun yoğun olduğu yerlere kurulması yapılacak olan yardımların etkinliğini artırmıştır.

Kınay vd. (2018), yaptıkları stokastik çalışmada açılacak tesislerin en düşük ağırlığının en büyükmeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı doğrusal programlama yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen model İstanbul ili Kartal ilçesi için uygulanmıştır. Yapılan uygulama deterministik çalışmalar ile karşılaştırıldığında çok farklı çözümlere ulaşıldığını göstermiştir. Olasılıksal kısıtların modelde göz önünde bulundurulması ile daha etkili sonuçlara ulaşılabileceği tespit edilmiştir.



Loree ve Aros-Vera (2018), yaptıkları deterministik çalışmada maliyeti en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı doğrusal olmayan programlama kullanmışlardır. Büyük ölçekli problemin daha makul sürede çözülebilmesi için Heuristic Concentration Integer yaklaşımı kullanılmıştır. Önerilen modelde afetzedelerin yiyecek, su ve ilaç gibi hayati kaynaklara erişim eksikliği nedeniyle maruz kaldıkları yoksunluk maliyetlerini geçici bir bileşen olarak göz önünde bulundurmıştır. Bu sayede afetzedelerin hayati eksikliklerden kaynaklanabilecek problemlerden daha az etkilenmesi sağlanmıştır.

Noham ve Tzur (2018), yaptıkları stokastik çalışmada zamanı en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Ayrıca büyük ölçekli problemlerin makul süre içerisinde çözülebilmesi için de tabu arama yöntemi kullanılmıştır. Önerilen modelin uygulaması için İsrail Jeofizik Enstitüsünün İsrail’de olabilecek 49 deprem için oluşturduğu gerçek verilerini ve rastgele oluşturulmuş veriler kullanılmıştır.

Oğuz vd. (2018), yaptıkları stokastik çalışmada mesafeyi en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda ayırıklaştırılmış şebeke üzerindeki çoklu ürün akışına dayanan bir sürekli kısıtlı tesis yeri seçim problemi modeli önerilmiştir. Önerilen modelin özgünlüğü her ürünün hedef düğümünün belirsiz olmasıdır. Önerilen modelin çözümü için Benders Decomposition temelli bir kesin algoritma önerilmiştir. Önerilen model hem stokastik hem de deterministik durumlar için uygulanmış ve sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Tavana vd. (2018), yaptıkları çok amaçlı deterministik çalışmada maliyeti ve zamanı en küçüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda karma tamsayılı doğrusal programlama kullanmışlardır. Önerilen karma tamsayılı doğrusal programlama modelinin çözümü için epsilon kısıtlama yöntemi, baskın olmayan bir genetik sınıflandırma algoritması NSGA-II ve referans noktası tabanlı baskın olmayan genetik sınıflandırma algoritması RPBNSGA-II adı verilen değiştirilmiş bir NSGA-II algoritmaları kullanılmıştır. NSGA-II algoritmasının küçük çaplı problemleri çözmede RPBNSGA-II algoritmasının ise büyük boyutlu problemlerin çözümünde daha etkin olduğu varyans analizi ANOVA yapılarak gösterilmiştir. Önerilen modelin uygulaması bir deprem felaketi için yapılmıştır.

Tian vd. (2018), yaptıkları çok amaçlı stokastik çalışmada maliyeti en küçüklemeyi ve tatmin düzeyini en büyüklemeyi amaçlamışlardır. Belirsiz kısıtları kesin kısıtlar haline getirmek için istatistiksel yöntem kullanılmış ve önerilen model augmented  $\epsilon$ -constraint yöntemi AUGMECON ile çözülmüştür. Önerilen modelin uygulaması Çin'de bulunan bir fay hattı üzerinde meydana gelebilecek bir afet için yapılmıştır. Yapılan çalışmada elde edilen sonuçlara göre dönüşürme yöntemi talep tahmin esnekliğini artırmıştır. Ayrıca optimal pareto çözüm seti AUGMECON yöntemi ile verimli bir şekilde elde edilmiştir.

Hasani ve Mokhtari (2019), yaptıkları çok amaçlı robust çalışmada maliyet ve riski en küçüklemeyi ve kapsama alanını en büyüklemeyi amaçlamışlardır. Bu doğrultuda çok amaçlı karma tamsayılı doğrusal programlama modeli önermişlerdir. Hata ağacı analizi her bir talep noktasının yoksunluk değerlendirmesi için kullanılmıştır. Önerilen modelin çözümü için hibrit Taguchi tabanlı bir baskın olmayan genetik sıralama algoritması geliştirilmiştir. Önerilen modelin uygulaması bir deprem afeti için yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre önerilen model ve çözüm algoritmasının etkin olduğu tespit edilmiştir.

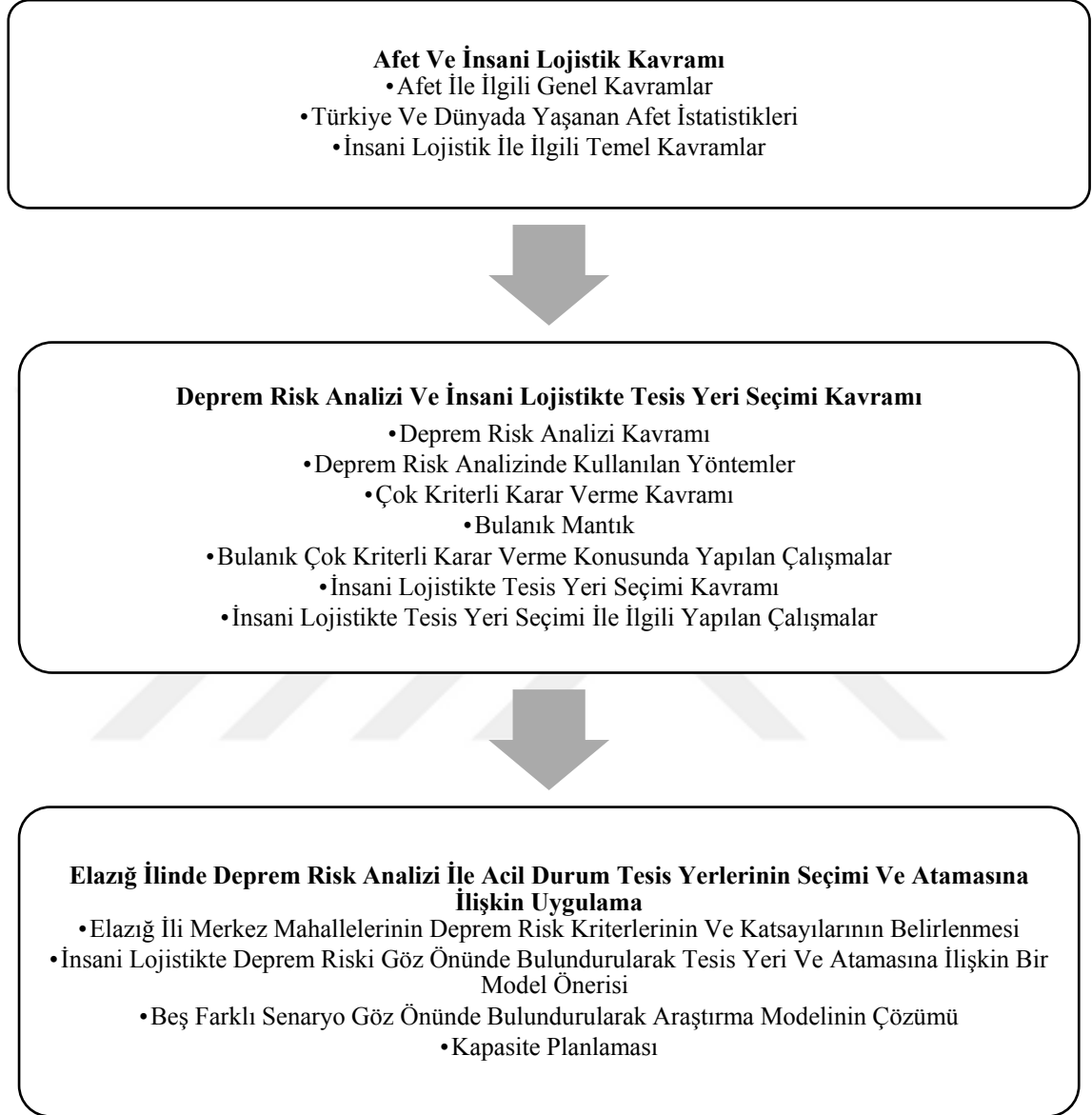
## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### ELAZIĞ İLİNDE DEPREM RİSK ANALİZİ İLE ACİL DURUM TESİS YERLERİNİN SEÇİMİ VE ATAMASINA İLİŞKİN UYGULAMA

Bu bölümde Elazığ ilinde deprem risk analizi ile acil durum tesis yerlerinin seçimi ve atamasına ilişkin uygulamaya yer verilmiştir. Bu doğrultuda öncelikle araştırmanın amacı ve önemi, varsayımları ve sınırlılıkları ile araştırma yöntemi verilmiştir. Daha sonra ise araştırma modeli doğrultusunda Elazığ ili merkez ilçesinde bulunan mahallelerin deprem risk katsayıları belirlenmiştir. Deprem risk katsayıları belirlendikten sonra bu katsayılar kullanılarak önerilen iki aşamalı matematiksel model beş farklı senaryo için çözülmüştür. Son olarak, bu merkezlerde her bir senaryo için bir kapasite planlaması yapılmıştır.

Çalışmanın uygulama aşamasında öncelikle araştırma problemi belirlenmiştir. Araştırma problemi, yaşanacak olası bir depremden sonra depremzedelerin ulusal ve uluslararası yardımlar ulaştırılincaya kadar temel ihtiyaçlarının karşılanacağı acil durum yardım merkezlerinin kuruluş yerlerinin tespit edilmesidir. Araştırma problemimiz belirlendikten sonra afet, lojistik ve insani lojistik ile ilgili temel kavramlar açıklanmıştır. Ayrıca ülkemizde yaşanan deprem felaketlerinin istatistiksel verileri çalışmaya eklenmiştir. Konu ile ilgili genel kavramlar sunulduktan sonra, deprem risk analizi ve insani lojistikte tesis yeri seçimi ile ilgili çeşitli veri tabanlarında yayınlanan makale, bildiri ve tezler incelenmiştir. Sonrasında ise uygulama aşamasına geçilmiştir. Bu doğrultuda olası bir deprem sonrasında depremzedelerin ulusal ve uluslararası yardımlar ulaşincaya kadar temel ihtiyaçlarını karşılayabileceği acil durum yardım merkezlerinin yerlerinin tespit edilmesi için matematiksel model oluşturulmuştur. Önerilen matematiksel model iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. Birinci aşamada, bulanık mantık ile deprem risk analizi yapılmıştır. Modelin ikinci aşamasında ise deprem risk analizinde elde edilen sonuçlar optimizasyon modelinde bir girdi olarak kullanılmıştır. Önerilen optimizasyon modelinde öncelikle belirlenen en düşük kapsama mesafesinde tesislerin kurulacağı yerler tespit edilmiştir. Daha sonra ise kurulacak olan bu tesislere talep noktalarının atanması sağlanmıştır. Kurulacak olan acil durum yardım

merkezlerine atamaların yapılmasından sonra ise acil durum yardım merkezlerinin kapasiteleri değerlendirilmiştir.



**Şekil 3.1.** Araştırma Modeli

### 3.1. Araştırmanın Amaç ve Önemi

Bu tez çalışmasında, afetten sonra deprem risk analizi de göz önünde bulundurularak afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için acil durum yardım merkezlerinin kurulması ve bu merkezlere talep noktalarının atamasının yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde deprem risk analizini de içeren

bütünsel bir model önerilmiştir. Önerilen model her aşamada beş farklı senaryo için çözülmüş ve her bir senaryo için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın bir bölgenin deprem risk katsayısının belirlenmesinde kullanılan kriterler açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun yanı sıra bulanık TOPSIS yöntemi ile belirlenen mahallelerin deprem risk katsayıları P-Medyan probleminde bir değişken olarak kullanılmıştır. Mahallelerin deprem riski de göz önünde bulundurulduğundan, deprem riski yüksek olan mahallelerde yaşayan afetzedelerin mümkün olduğunca yakın merkezlerden hizmet almaları sağlanmıştır. Bu çalışma acil durum yardım merkezlerinin seçimi ve bu merkezlere talep noktalarının atamasının yapılması konusunda Belediyeler, AFAD ve diğer ilgili kurumların faydalanabilecekleri bir planlama aracı olarak kullanılabilir. Çalışmada beş farklı senaryo ile çözümler yapıldığından, karar vericilerin en uygun kararı verme konusunda alternatifleri değerlendirme imkânına sahip olacakları düşünülmektedir. Bu sayede farklı senaryolar göz önünde bulundurularak deprem sonrası acil durum yardım merkezlerinin yer ve kapasite seçimine ilişkin yatırım kararları alınabilir.

### **3.2. Araştırmanın Varsayımları ve Sınırlılıkları**

Model kurulurken bazı ön kabuller doğrultusunda hareket edilmiştir. Bu varsayımlar;

- Kullanılan veriler deterministiktir.
- Bu nedenle gerçek hayatta stokastik bir değişken olan afetzede sayısı 2002 yılında JICA ve İBB tarafından hazırlanan Marmara Depremi Raporu doğrultusunda %5 olarak kabul edilmiştir.
- Her bir mahalle merkezinin o mahallenin muhtarlığı olduğu ve nüfusun da bu merkezde kümelendiği varsayılmıştır.
- Acil durum yardım merkezlerinin yine tespit edilen mahalle merkezine kurulacağı varsayılmıştır.

Modelde, afet anında ihtiyaçların kurulacak olan depo ve tedarikçilerden karşılanacağı ve taşımalarda sadece karayolunun kullanılacağı varsayılmaktadır. Uygulama aşamasında afet bölgesi olarak Elazığ ili dikkate alınmıştır. Bu nedenle bütün kaynakların bu bölgeye yönlendirileceği kabul edilmiştir. İnsani lojistik oldukça geniş bir kavramdır. Bu çalışmada insani lojistikte bulanık mantık yardımıyla mahallelerin

deprem risk katsayılarının belirlenmesi ve kuruluş yeri seçimi ile ilgili bir model önerisi geliştirilmiştir. Çalışmada önerilen model farklı bölgeler için de uygulanabilir. Ancak çalışmanın uygulama aşaması Elazığ ili ile sınırlı tutulacaktır.

### **3.3. Araştırmanın Yöntemi**

Araştırmamız üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada afet kavramı tanıtılmış ve sonrasında ülkemizde meydana gelen afetler ve bu afetlerin yol açtığı zararlar ile ilgili istatistiksel veriler sunulmuştur. Daha sonra ise lojistik ve insani lojistik ile ilgili temel kavramlardan bahsedilmiştir.

Çalışmanın ikinci aşamasında ise deprem risk analizi kavramından bahsedilerek deprem risk analizi çalışmalarında kullanılan çok kriterli karar verme yöntemleri tanıtılmıştır. Daha sonra literatürde risk analizi ile ilgili çalışmalar derlenerek bir literatür çalışması yapılmıştır. Deprem risk analizinden sonra, insani lojistikte tesis yeri seçimi kavramı anlatılmış ve insani lojistikte tesis yeri seçimi ve atamasında kullanılan yöntemler tanıtılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde son olarak insani lojistikte tesis yeri seçimi ve atamasına ilişkin bir literatür çalışması yapılmıştır.

Çalışmanın üçüncü aşamasında ise Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk katsayıları bulanık mantık kullanılarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda öncelikle alanında uzman müteahhit, inşaat mühendisi, akademisyen, Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü'nde çalışan uzmanlar, jeoloji mühendisleri ve Elazığ Belediyesi'nde çalışan uzmanlardan oluşan bir karar verici grubu belirlenmiştir. Oluşturulan karar vericiler ile birebir görüşmeler yapılmış ve bir bölgenin deprem riskini belirleyen kriterler belirlenmiştir. Bu kriterler; bina sayısı, mahallelerin nüfusu, binalardaki bağımsız birim sayısı, binaların taşıyıcı sistem durumu, binaların genel durumu, binaların ortalama yaşı, zemin katın kullanım durumu, bitişik nizam-ayrık nizam durumu, binalardaki ortalama kat sayısı, mahallenin zemin durumu, mahallenin ortalama yeraltı suyu seviyesi, mahallenin genel sosyo-ekonomik durumu ve fay hattına olan mesafesi olarak tespit edilmiştir. Bu çalışma Elazığ ili Merkez ilçesini kapsamaktadır. Görüşülen uzmanların ortak görüşüne göre; fay hattına olan mesafe kriteri farklı ilçeleri ya da illeri kapsayan çalışmalar için belirleyici bir kriter olsa da aynı ilçenin farklı mahalleleri için belirleyici bir kriter değildir. Bu nedenle fay hattına olan mesafe kriteri bu çalışmadan çıkarılmıştır. Sonrasında ise bir mahallenin deprem riskini etkileyen kriterler için veri toplama

aşamasına geçilmiştir. Bu çalışmada kullandığımız bina sayısı, mahallelerin nüfusu, binalardaki bağımsız birim sayısı, binaların taşıyıcı sistem durumu, binaların genel durumu (iyi-orta-kötü), binaların ortalama yaşı, zemin katın kullanım durumu, bitişik nizam-ayrık nizam durumu, binalardaki ortalama kat sayısı kriterlerine ilişkin veriler Fırat Üniversitesi tarafından yapılan “24 OCAK 2020 Mw 6.8 Sivrice Depremi Elazığ Bölgesi Yapısal Hasarlar İnceleme Ve Değerlendirme Raporu”ndan elde edilmiştir. Zemin durumu ve ortalama yer altı suyu seviyesi kriterlerine ilişkin veriler, Elazığ ilinde zemin etüdü yapan firma sahipleri ve Elazığ Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü’nde çalışan uzman jeoloji mühendisleri ile yapılan birebir görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Son olarak Elazığ ili merkez mahallelerinin sosyo-ekonomik durumuna ilişkin veriler ise Elazığ ilinde sosyal hizmet alanında çalışan uzmanlar ile yapılan birebir görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Veriler elde edildikten sonra karar vericiler ile birebir görüşmeler yürütülmüştür. Bu doğrultuda karar vericilerden belirlenen kriterlerin bir mahallenin deprem riskini etkileme derecesini belirlemesi istenmiştir. Sonrasında karar vericilerde elde edilen veriler birleştirilmiştir. Daha sonra ise karar vericilerden Elazığ ili Merkez ilçesinde bulunan mahallelerin deprem riskini ilgili kriterlere göre değerlendirmeleri istenmiş ve elde edilen veriler birleştirilmiştir. Uzman görüşleri alındıktan sonra ise Bulanık TOPSIS yöntemi adımları kullanılarak Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan mahallelerin deprem risk katsayıları belirlenmiştir.

Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk katsayıları belirlendikten sonra kurulacak olan acil durum yardım merkezlerinin yerlerinin tespiti aşamasına geçilmiştir. Bu aşamada, mahallelerin deprem risk katsayıları göz önünde bulundurularak afetzedelerin katedeceği toplam mesafenin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda iki aşamalı bir matematiksel model önerilmiştir. Birinci aşamada küme kapsama modeli önerilmiştir. Küme kapsama modeli ile, kabul edilebilir kapsama mesafesi içerisinde en az kaç tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Önerilen modelde öncelikle mahallelerin birbirlerine olan uzaklıklarının elde edilmesi gerekmektedir. Mahallelerin birbirilerine olan uzaklıklarının tespit edilmesi için “GoogleEarth” programı kullanılarak her bir mahallenin muhtarlıklarının ondalık koordinatları tespit edilmiştir. Tespit edilen bu koordinatlar Excel tablosuna işlenmiştir. İki nokta arasındaki mesafenin belirlenmesi çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışmada Elazığ ili Merkez ilçesinde bulunan mahallelerin

birbirlerine olan mesafelerin belirlenmesi için R programlama dilinde yer alan “geosphere” kütüphanesi kullanılmıştır. Ayrıca açılacak tesislerin kabul edilen kapsama mesafesi beş farklı senaryoya göre belirlenmiştir. Ortalama bir insanın yürüme hızı 1.4 m/sn yani yaklaşık olarak 5 km/sa (Fitzpatrick vd. 2006) olarak tespit edilmiştir. Böylelikle her bir afetzedenin beş farklı senaryo göz önünde bulundurularak azami 10-15-20-25 ve 30 dakika yürüme mesafesinde açılacak olan tesise ulaşması amaçlanmıştır. Daha sonra kabul edilen kapsama mesafesi göz önünde bulundurularak önerilen küme kapsama modeli Python programlama dilinde yer alan “numpy” ve “pulp” paketleri kullanılarak çözülmüştür. Yapılan çözümler sonucunda her bir senaryo için kabul edilen kapsama mesafesi içerisinde en az kaç adet acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği belirlenmiştir.

İkinci aşamada önerilen p-medyan modeli ile kurulacak olan bu tesislere talep noktalarının atanması sağlanmıştır. Bu çalışmada afetzedelerin kabul edilen kapsama mesafesi göz önünde bulundurularak açılacak olan tesise ulaşabilmesi amacıyla beş farklı senaryo oluşturulmuş ve her bir senaryo için çözümler yapılmıştır. Son olarak ise her bir senaryo için kurulacak olan tesislerin kapasiteleri değerlendirilmiştir. 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) 1999 Marmara Depremi’nden sonra bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmanın C senaryosunda, afet durumunda acil yardım ihtiyacı duyacak olan afetzede sayısının nüfusun %5’i olarak belirlenmiştir (JICA ve İBB,2002). Bu çalışmada Elazığ ilinde olası bir afet durumunda nüfusun %5’inin acil durum yardım merkezlerinden yardım talep edeceği varsayılmıştır. Bu doğrultuda her bir senaryo için kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine atanan mahallelerin nüfusları göz önünde bulundurularak kapasite planlaması yapılmıştır. Kapasite planlaması yapılırken acil durum yardım merkezlerinde bulunması gereken malzemeler Yaprak ve Merdan (2017) çalışmasında olduğu gibi çadır, yatak, battaniye, ısıtıcı ve mutfak seti olarak belirlenmiştir. Dört kişilik bir aileye bir adet çadır, dört adet yatak, dört adet battaniye, bir adet ısıtıcı ve bir adet mutfak seti verilecek şekilde planlama yapılmıştır. Kurulacak olan tesislerde bulunması gereken malzeme miktarları her bir senaryo için ayrı ayrı tespit edilmiştir.



### 3.4. Elazığ İli Merkez Mahallelerinin Deprem Risk Analizi

Bu bölümde Elazığ ili Merkez mahallelerinin deprem risk katsayılarının belirlenmiştir. Deprem risk katsayılarının belirlenmesi için Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılmıştır.

#### 3.4.1. Karar Vericilerin ve Kriterlerin Belirlenmesi

Öncelikle alanında uzman müteahhitler, inşaat mühendisleri, akademisyenler, Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü'nde çalışan uzmanlar, jeoloji mühendisleri ve Elazığ Belediyesi'nde çalışan uzmanlardan oluşan bir karar verici grup oluşturulmuştur. Bu karar verici grup ile yürütlen birebir görüşmeler sonrasında bir bölgenin deprem riskini etkileyen 13 kriter belirlenmiştir. Bir bölgenin deprem riskini etkileyen bu kriterler; Bina Sayısı, Mahallelerin Nüfusu, Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı, Binaların Taşıyıcı Sistem Durumu, Binaların Genel Durumu (İyi-Orta-Kötü), Binaların Ortalama Yaşı, Zemin Katın Kullanım Durumu, Bitişik Nizam-Ayrık Nizam Durumu, Binalardaki Ortalama Kat Sayısı, Mahallenin Zemin Durumu, Mahallenin Ortalama Yeraltı Suyu Seviyesi, Mahallenin Genel Sosyo-Ekonomik Durumu ve Mahallenin Fay Hattına Olan Mesafesi olarak tespit edilmiştir. Çalışmamız Elazığ ili Merkez ilçesi ile sınırlı tutulmuştur. Karar verici grupta bulunan uzmanların ortak görüşü doğrultusunda fay hattına olan mesafe kriteri çalışmamızdan çıkarılmıştır. Çalışmada kullanılacak olan ilgili kriterler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 3.1.** Deprem Risk Analizi için Belirlenen Kriterler

	Kriterler
K1	Bina Sayısı
K2	Nüfusu
K3	Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı
K4	Taşıyıcı Sistem Durumu
K5	Binaların Genel Durumu (İyi-Orta-Kötü)
K6	Ortalama Yaşı
K7	Zemin Katın Kullanım Durumu
K8	Bitişik Nizam-Ayrık Nizam
K9	Ortalama Kat Sayısı
K10	Zemin Durumu
K11	Yeraltı Suyu Seviyesi
K12	Sosyo-Ekonomik Durum

### 3.4.2. Verilerin Toplanması

Bu bölümde belirlenen kriterler ile ilgili veriler toplanmıştır. bina sayısı, mahallelerin nüfusu, binalardaki bağımsız birim sayısı, binaların taşıyıcı sistem durumu, binaların genel durumu, binaların ortalama yaşı, zemin katın kullanım durumu, bitişik nizam-ayrık nizam durumu, binalardaki ortalama kat sayısı kriterleri Fırat Üniversitesi Yapı ve Beton Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından yapılan çalışma sonucunda oluşturulan “24 OCAK 2020 Mw 6.8 SİVRİCE DEPREMİ ELAZIĞ BÖLGESİ YAPISAL HASARLAR İNCELEME VE DEĞERLENDİRME RAPORU”ndan elde edilmiştir. Mahallelerin zemin durumu ve mahallelerin ortalama yer altı suyu seviyesi Elazığ ilinde zemin etüdü yapan firma sahipleri ve Elazığ Çevre Şehircilik İl Müdürlüğü’nde çalışan uzman jeoloji mühendisleri ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir. Elazığ ili Merkez Mahallelerinin genel sosyo-ekonomik durumu ile ilgili veriler ise Elazığ ilinde sosyal hizmet alanında çalışan uzmanlar ile yapılan görüşmeler sonucunda elde edilmiştir.

### 3.4.3. Verilerin Toplanması ve Uzman Görüşlerinin Alınması

Veriler elde edildikten sonra belirlenen karar vericiler ile birebir görüşmeler yürütülmüştür. Bu doğrultuda öncelikle karar vericilerden aşağıda verilen form yardımıyla kriterlerin bir mahallenin deprem riskini etkileme derecesini belirlemesi istenmiştir. Daha sonra uzmanlardan elde edilen veriler birleştirilmiştir.

**Tablo 3.2.** Kriterlerin Değerlendirilmesi için Kullanılan Dilsel Değişkenler

Kriterler/Dilsel Değişkenler	Çok Yüksek (ÇY) (0.8,1,1)	Yüksek (Y) (0.7,0.8,0.9)	Biraz Yüksek (BY) (0.5,0.65,0.8)	Orta (O) (0.4,0.5,0.6)	Biraz Düşük (BD) (0.2,0.35,0.5)	Düşük (D) (0.1,0.2,0.3)	Çok Düşük(ÇD) (0,0,0.2)
K1							
K2							
K3							
K4							
K5							
K6							
K7							
K8							
K9							
K10							
K11							
K12							

Sonrasında karar vericilerden aşağıda verilen form yardımıyla Elazığ ili Merkez ilçesinde bulunan mahallelerin deprem riskini ilgili kriterlere göre değerlendirmeleri istenmiştir. Daha sonra uzmanlardan elde edilen veriler birleştirilmiştir.

**Tablo 3.3.** Alternatiflerin Değerlendirilmesi için Kullanılan Tablo

Mahalle Adı/Kriterler	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12
Abdullah Paşa (A1)												
Akpınar (A2)												
Aksaray (A3)												
Ataşehir (A4)												
Cumhuriyet (A5)												
Çarşı (A6)												
Çatal Çeşme (A7)												
Çaydaçıra (A8)												
Doğukent (A9)												
Esen Tepe (A10)												
Fevzi Çakmak (A11)												
Gümüşkavak (A12)												
Hicret (A13)												
Hilalkent (A14)												
İcadiye (A15)												
İzzet Paşa (A16)												
Karşıyaka (A17)												
Kırklar (A18)												
Kızılay (A19)												
Kültür (A20)												
Mustafa Paşa (A21)												
Nail Bey (A22)												
Olgunlar (A23)												
Rızaiye (A24)												
Rüstem Paşa (A25)												
Salı Baba (A26)												
Sanayi (A27)												
Sarayatik (A28)												
Sürsürü (A29)												
Ulukent (A30)												
Üniversite (A31)												
Yeni Mahalle (A32)												
Yıldız Bağları (A33)												
Zafran (A34)												

### 3.4.4. Bulanık TOPSIS Yöntemi Adımları Kullanılarak Deprem Risk Analizi

Uzman görüşleri alındıktan sonra Bulanık TOPSIS yöntemi kullanılarak Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan mahallelerin deprem risk katsayılarının belirlenmesi aşamasına geçilmiştir. Bulanık TOPSIS yöntemi 6 adımdan oluşmaktadır.

**Birinci Adım:** Uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda elde edilen dilsel değişkenler üçgen bulanık sayılara çevrilmiştir. Bu çalışmada Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk analizinin yapılması için Chen (2000), tarafından geliştirilen dilsel değişkenler kullanılmıştır.

**İkinci Adım:** Uzmanlardan alınan görüşler ile elde edilen üçgen bulanık sayılar (I) numaralı formül kullanılarak birleştirilmiş ve bulanık karar matrisi elde edilmiştir.

$$\tilde{x}_{ij}^k = (a_{ij}^k, b_{ij}^k, c_{ij}^k)$$

$$a_{ij} = \min_k \{a_{ij}^k\}, b_{ij} = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K b_{ij}^k, c_{ij} = \max_k \{c_{ij}^k\} \quad (I)$$

Burada  $\tilde{x}_{ij}^k$ ; K'inci uzman tarafından  $C_j$  'inci kritere göre  $A_m$ 'nci alternatifin değerlendirmesini temsil etmektedir.

Uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda (I) numaralı formül kullanılarak kriter ağırlıkları için elde edilen karar matrisi EK-1'de verilmiştir.

Yine uzmanlardan alınan görüşler doğrultusunda alternatifler için (I) numaralı formül kullanılarak oluşturulan bulanık karar matrisi EK-2'de verilmiştir.

**Üçüncü Adım:** Bulanık karar matrisinin normalize edilmesi ve ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisinin oluşturulması (II)-(III) ve (IV) numaralı formüller kullanılarak yapılmıştır.

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n \quad (II)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^+}, \frac{b_{ij}}{c_j^+}, \frac{c_{ij}}{c_j^+} \right) c_j^+ = \max_i c_{ij} \quad \text{veya} \quad \tilde{r}_{ij} = \left( \frac{a_{ij}}{c_j^-}, \frac{b_{ij}}{c_j^-}, \frac{c_{ij}}{c_j^-} \right) c_j^+ = \min_i c_{ij} \quad (III)$$

$$\tilde{v} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n}, \quad i=1,2,\dots,m; j=1,2,\dots,n$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} \otimes \tilde{w}_j \quad (IV)$$

(II) ve (III) numaralı formüller kullanılarak elde edilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi EK-3'te verilmiştir.

Kriterlerin ağırlıklandırma tablosu Tablo 3.4'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.4.** Kriterlerin Ağırlıklandırılması için Kullanılan Tablo

Kriterler	Ortalama Ağırlıklar		
Bina Sayısı	0,1	0,4625	0,8
Nüfusu	0,4	0,6125	0,9
Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı	0,4	0,65	0,9
Taşıyıcı Sistem Durumu	0,8	1	1
Binaların Genel Durumu (İyi-Orta-Kötü)	0,7	0,93333	1
Ortalama Yaşı	0,4	0,87857	1
Zemin Katın Kullanım Durumu	0,1	0,775	1
Bitişik Nizam-Ayrı Nizam	0,5	0,84167	1
Ortalama Kat Sayısı	0,5	0,89	1
Zemin Durumu	0,7	0,975	1
Yeraltı Suyu Seviyesi	0,5	0,95625	1
Sosyo-Ekonomik Durum	0	0,62	1

Daha sonra (IV) numaralı formül yardımıyla elde edilen ağırlıklandırılmış bulanık karar matrisi EK-5’te verilmiştir.

**Dördüncü Adım:** Bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS) ve bulanık negatif ideal çözüm (FNIS) (V) ve (VI) numaralı formül yardımıyla bulunur.

$$A^+ = (\tilde{V}_1^+, \tilde{V}_2^+, \dots, \tilde{V}_n^+) \quad \text{ve} \quad \tilde{V}_j^+ = \max_i \{ \tilde{V}_{ij3} \} \quad (V)$$

$$A^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_2^-, \dots, \tilde{V}_n^-) \quad \text{ve} \quad \tilde{V}_j^- = \min_i \{ \tilde{V}_{ij1} \} \quad (VI)$$

(V) numaralı formül yardımıyla elde edilen Bulanık pozitif ideal çözüm (FPIS) ve (VI) numaralı formül kullanılarak elde edilen bulanık negatif ideal çözüm (FNIS) EK-6 ve EK-7’de verilmiştir.

**Beşinci Adım:** Her bir alternatifin bulanık pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları (VII) ve (VIII) numaralı formüller kullanılarak hesaplanır.

$$d_i^+ = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{V}_j^+), \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (VII)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{V}_j^-), \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n \quad (VIII)$$

**Altıncı Adım:** Son olarak her bir alternatifin yakınlık katsayıları (CCi) (IX) numaralı formül yardımıyla hesaplanır ve alternatifler sıralanır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i=1,2,\dots,m \quad (IX)$$

Her bir alternatifin (VII) ve (VIII) numaralı formüller kullanılarak hesaplanan pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları ile her bir alternatifin yakınlık katsayılarının (IX) numaralı formül hesaplanarak elde edilen değerleri aşağıda verilmiştir.

**Tablo 3.5.** Alternatiflerin Pozitif ve Negatif İdeal Çözüm Olan Uzaklıkları

Mahalleler	di*	di-	Cci
Abdullah Paşa	2,87	4,18	0,5928
Akpınar	3,41	3,60	0,5131
Aksaray	2,30	4,53	0,6635
Ataşehir	4,00	3,28	0,4512
Cumhuriyet	3,41	3,63	0,5154
Çarşı	3,85	3,15	0,4500
Çatal Çeşme	4,20	2,88	0,4074
Çaydaçıra	4,73	2,28	0,3252
Doğukent	4,39	2,71	0,3811
Esen Tepe	4,74	2,39	0,3351
Fevzi Çakmak	3,57	3,48	0,4935
Gümüşkavak	3,57	3,51	0,4957
Hicret	3,36	3,67	0,5221
Hilalkent	5,58	1,57	0,2200
İcadiye	3,63	3,47	0,4887
İzzet Paşa	3,15	3,95	0,5560
Karşıyaka	3,43	3,47	0,5032
Kırklar	3,58	3,55	0,4973
Kızılay	3,34	3,76	0,5300
Kültür	3,52	3,58	0,5040
Mustafa Paşa	3,10	4,22	0,5766
Nail Bey	2,84	4,20	0,5972
Olgunlar	2,90	4,25	0,5948
Rızaiye	3,22	4,02	0,5554
Rüstem Paşa	3,07	3,92	0,5613
Salı Baba	4,14	3,12	0,4294
Sanayi	2,92	4,31	0,5962
Sarayatik	2,99	4,11	0,5790
Sürsürü	2,09	5,17	0,7117
Ulukent	3,18	4,05	0,5600
Üniversite	2,87	4,26	0,5975
Yeni Mahalle	2,81	4,15	0,5963
Yıldız Bağları	3,98	3,08	0,4367
Zafran	4,91	2,31	0,3198

Son olarak bulanık TOPSIS yöntemi ile elde edilen Elazığ ili Merkez mahallelerinin deprem risk katsayıları aşağıda verilmiştir.

**Tablo 3.6.** Elazığ İli Merkez Mahallelerinin Deprem Risk Katsayıları

Alternatifler	Mahalleler	Risk Katsayısı
A1	Abdullah Paşa	0,5928
A2	Akpınar	0,5131
A3	Aksaray	0,6635
A4	Ataşehir	0,4512
A5	Cumhuriyet	0,5154
A6	Çarşı	0,4500
A7	Çatal Çeşme	0,4074
A8	Çaydaçıra	0,3252
A9	Doğukent	0,3811
A10	Esen Tepe	0,3351
A11	Fevzi Çakmak	0,4935
A12	Gümüşkavak	0,4957
A13	Hicret	0,5221
A14	Hilalkent	0,2200
A15	İcadiye	0,4887
A16	İzzet Paşa	0,5560
A17	Karşıyaka	0,5032
A18	Kırklar	0,4973
A19	Kızılay	0,5300
A20	Kültür	0,5040
A21	Mustafa Paşa	0,5766
A22	Nail Bey	0,5972
A23	Olgunlar	0,5948
A24	Rızaiye	0,5554
A25	Rüstem Paşa	0,5613
A26	Salı Baba	0,4294
A27	Sanayi	0,5962
A28	Sarayatik	0,5790
A29	Sürsürü	0,7117
A30	Ulukent	0,5600
A31	Üniversite	0,5975
A32	Yeni Mahalle	0,5963
A33	Yıldız Bağları	0,4367
A34	Zafran	0,3198

### **3.5. İnsani Lojistikte Deprem Riski Göz Önünde Bulundurularak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Seçimi ve Atamasına İlişkin Uygulama**

Bu bölümde, mahallelerin deprem risk katsayıları göz önünde bulundurularak afetzedelerin katedeceği toplam mesafenin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda iki aşamalı bir matematiksel model önerilmiştir. Birinci aşamada küme kapsama modeli önerilmiştir. Küme kapsama modeli ile, kabul edilebilir kapsama mesafesi içerisinde en az kaç tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği belirlenmiştir. İkinci aşamada ise kurulacak olan bu tesislere talep noktalarının atanması sağlanmıştır. Bu çalışmada bir afetzedenin azami 10-15-20-25 ve 30 dakika içerisinde açılacak olan tesise ulaşabilmesi amacıyla beş farklı senaryo oluşturulmuştur. Her bir senaryo için çözümler yapılmıştır. Bunun yanı sıra her bir senaryo için kurulacak olan tesislerin kapasiteleri değerlendirilmiştir. 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) 1999 Marmara Depremi'nden sonra birlikte bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmanın C senaryosunda, afet durumunda acil yardım ihtiyacı duyacak olan afetzede sayısının nüfusun %5'i olarak belirlenmiştir (JICA ve İBB,2002). Bu çalışmada Elazığ ilinde olası bir afet durumunda nüfusun %5'inin acil durum yardım merkezlerinden yardım talep edeceği varsayılmıştır. Bu doğrultuda her bir senaryo için kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine atanan mahallelerin nüfusları göz önünde bulundurularak kapasite planlaması yapılmıştır.



#### MATEMATİKSEL MODELİN OLUŞTURULMASI

- Amaç: Afetzedelerin acil durum yardım merkezlerine ulaşmak için katedecekleri toplam mesafenin en küçüklenmesi
- İki aşamalı bir model önerisi geliştirilmiştir.
- Birinci aşama: Küme Kapsama Modeli kabul edilebilir kapsama mesafesi içerisinde en az kaç tane tesis kurulması gerektiğinin belirlenmesi.
- İkinci Aşama: Açılacak olan bu tesislere talep noktalarının atanması.



#### BİRİNCİ AŞAMA: KÜME KAPSAMA MODELİNİN OLUŞTURULMASI

- Modelin birinci aşamasında "küme kapsama modeli" ile kabul edilebilir kapsama mesafesi içerisinde en az kaç tane tesis kurulması gerektiği belirlenmiştir.
- Kurulacak olan tesis sayısının belirlenmesi için geliştirilen model Python programlama dili ile kodlanmıştır.



#### İKİNCİ AŞAMA: KURULACAK TESİSLERE TALEP NOKTALARININ ATANMASI

- Önerilen modelde risk ağırlıklı mesafe optimizasyonu amaçlanmıştır.
- Her bir mahallenin belirlenen deprem risk katsayısı göz önünde bulundurularak talep noktalarının açılacak olan tesislere atamaları yapılacak ve afetzedelerin tesislere ulaşmak için katetmesi gereken toplam mesafe en küçüklenmiştir.



#### ÇÖZÜM

- FuzzyTOPSIS yöntemi kullanılarak belirlenen her bir mahallenin deprem risk katsayısının modele eklenmesi.
- Elazığ ilindeki 34 mahallenin birbirleriyle olan uzaklıklarının modele dâhil edilmesi
- Elde edilen verilerin önerilen model doğrultusunda Python programlama dili ile kodlanması ve optimum çözüme ulaşılması.

**Şekil 3.2.** Matematiksel Model

### 3.5.1. Mahalleler Arası Mesafelerin Tespit Edilmesi

Önerilen modelde öncelikle mahallelerin birbirlerine olan uzaklıklarının elde edilmesi gerekmektedir. Mahallelerin birbirlerine olan uzaklıklarının tespit edilmesi için “GoogleEarth” programı yardımıyla her bir mahallenin muhtarlıklarının ondalık koordinatları tespit edilmiştir. Tespit edilen bu koordinatlar Excel tablosuna işlenmiştir. İki nokta arasındaki mesafenin belirlenmesi çeşitli yöntemler kullanılarak yapılabilmektedir. Bu çalışmada mahalleler arasındaki mesafelerin belirlenmesi için R programlama dilinde bulunan “geosphere” kütüphanesi kullanılmıştır. “Geosphere” kütüphanesinin içerisinde iki koordinat arasındaki mesafeyi ölçmek için

kullanılabilecek çeşitli yöntemler mevcuttur. “Geosphere” kütüphanenin kullanım kılavuzunun 17. ve 21. sayfalarında en hassas ölçümün “distVincentyEllipsoid” paketi tarafından yapıldığı belirtilmiştir (<https://cran.r-project.org/web/packages/geosphere/geosphere.pdf>, sayfa:17ve21). Bu nedenle çalışmada mahalleler arasındaki mesafeler R programlama dilinde “distVincentyEllipsoid” paketi kullanılarak kodlanmış ve Elazığ ilinde bulunan 34 mahallenin birbirlerine olan mesafelerini metre cinsinden gösteren bir matris elde edilmiştir. Elazığ İli Merkez mahallelerinin birbirleri ile olan mesafelerini metre cinsinden gösteren matris EK-7’da verilmiştir.

### 3.5.2. Küme Kapsama Modeli

Açılacak tesislerin kabul edilen kapsama mesafesi beş farklı senaryoya göre belirlenmiştir. Ortalama bir insanın yürüme hızı 1.4 m/sn yani yaklaşık olarak 5 km/sa (Fitzpatrick vd. 2006) olarak tespit edilmiştir. Böylelikle her bir afetzedenin beş farklı senaryo göz önünde bulundurularak azami 10-15-20-25 ve 30 dakika yürüme mesafesinde açılacak olan tesise ulaşması amaçlanmıştır. Elazığ ili Merkez mahallelerinin birbiriyle olan mesafelerini gösteren mesafe matrisi ve kabul edilen en düşük kapsama mesafesi belirlendikten sonra öncelikle açılması gereken tesis sayısının tespit edilmesi için küme kapsama modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen küme kapsama modeli aşağıda belirtilmiştir;

Küme Kapsama Modeli:

$$\text{Min} \sum_{ij} y_j \quad (1)$$

$$\sum_{j \in J} z_{ij} \cdot y_j \geq 1 \quad \forall i = 1, \dots, m \quad (2)$$

$$y_j \in \{0, 1\} \quad j=1, \dots, 34 \quad (3)$$

Eşitlik (1) ile kabul edilen kapsama mesafesi içerisinde en az sayıda tesis kurulması sağlanacaktır. Eşitlik (2) ile her bir talep noktasının açılacak olan bir tesis tarafından kapsanması sağlanacaktır. Eşitlik (3) ise karar değişkenininin 0-1 tamsayı olma kısıtıdır.

İndisler:

İ: talep noktaları indisi (1,2,.....34)

J: aday tesis noktaları indisi (1,2,.....34)

Parametreler:

$y_j$ : j noktasına tesis açılırsa 1 aksi durumda 0

$z_{ij}$ : i talep noktası ile açılması planlanan j tesisi arasındaki mesafe M'den küçükse

1

aksi durumda 0

M: Açılacak tesisin kabul edilen kapsama mesafesi (Bir insan ortalama 5km/sa hızla yürüdüğü varsayılırsa herhangi bir afetzedenin beş farklı senaryo göz önünde bulundurularak 10-15-20-25 ve 30 dakika içerisinde açılacak olan tesise ulaşabileceği şekilde kabul edilen kapsama mesafesi belirlenmiştir).

Amaç Fonksiyonu:

$$\text{Min} \sum_{ij} y_j \quad (1)$$

$$\text{Min } Z = y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + \dots + y_{34}$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in J} z_{ij} \cdot y_j \geq 1 \quad \forall i = 1, 2, \dots, 34 \quad (2)$$

$$X_1 \geq 1$$

$$X_2 + X_{13} + X_{22} + X_{24} + X_{28} + X_{31} \geq 1$$

$$X_3 \geq 1$$

$$X_4 \geq 1$$

$$X_5 \geq 1$$

$$X_6 + X_{11} + X_{32} \geq 1$$

$$X_7 \geq 1$$

$$X_8 \geq 1$$

$$X_{10} \geq 1$$

$$X_{11} + X_{15} \geq 1$$

$$X_{12} \geq 1$$

$$X_{13} + X_2 \geq 1$$

$$X_{14} \geq 1$$

$$X_{15} + X_{11} \geq 1$$

$$X_{16} + X_{25} + X_{28} + X_{31} \geq 1$$

$$X_{17} \geq 1$$

$$X_{18} + X_{21} \geq 1$$

$$\begin{aligned}
X_{19} + X_{21} &\geq 1 \\
X_{20} &\geq 1 \\
X_{21} + X_{18} + X_{19} + X_{25} &\geq 1 \\
X_{22} + X_2 &\geq 1 \\
X_{23} &\geq 1 \\
X_{24} + X_2 + X_{32} &\geq 1 \\
X_{25} + X_{16} + X_{21} &\geq 1 \\
X_{26} + X_{27} &\geq 1 \\
X_{27} + X_{26} &\geq 1 \\
X_{28} + X_2 + X_{16} &\geq 1 \\
X_{29} &\geq 1 \\
X_{30} + X_9 &\geq 1 \\
X_{31} + X_2 + X_{16} &\geq 1 \\
X_{32} + X_6 + X_{24} &\geq 1 \\
X_{33} &\geq 1 \\
X_{34} &\geq 1 \\
y_j \in \{0, 1\} \quad j=1,2,\dots,34 & \quad (3) \\
y_1, y_2, \dots, y_{34} \in \{0,1\}
\end{aligned}$$

Önerilen küme kapsama modelinin çözümünde Python programlama dili kullanılmıştır. Modelin çözümü için “numpy” ve “pulp” paketleri kullanılmış ve model kodlanarak ideal çözüme ulaşılmıştır. Buna göre; afetzedelerin kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmeleri için, kabul edilen en düşük kapsama mesafesi içerisinde kaç tane tesisin kurulması gerektiği her bir senaryoya göre ayrı ayrı belirlenmiştir.

### 3.5.2.1. 10 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü

Önerilen küme kapsama modelinin birinci senaryosuna göre afetzedelerin maksimum 10 dakika içerisinde açılacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmeleri amaçlanmıştır. Bu senaryo göz önünde bulundurulduğunda Elazığ ili merkez mahallelerinde toplam 34 tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Buna göre, Abdullah Paşa, Akpınar, Aksaray, Ataşehir, Cumhuriyet, Çarşı, Çatal Çeşme, Çaydaçıra, Doğukent, Esen Tepe, Fevzi Çakmak,

Gümüşkavak, Hicret, Hilalkent, İcadiye, İzzet Paşa, Karşiyaka, Kırklar, Kızılay, Kültür, Mustafa Paşa, Nail Bey, Olgunlar, Rızaiye, Rüstem Paşa, Salı Baba, Sanayi, Sarayatik, Sürsürü, Ulukent, Üniversite, Yeni Mahalle, Yıldız Bağları ve Zafran mahallelerine acil durum yardım merkezi kurulması durumunda olası bir afette her bir afettede 10 dakika içerisinde kurulacak olan merkezlere ulaşabilecektir.

### **3.5.2.2. 15 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü**

Önerilen küme kapsama modelinin ikinci senaryosuna göre afetzedelerin maksimum 15 dakika içerisinde açılacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmeleri amaçlanmıştır. Bu senaryo göz önünde bulundurulduğunda Elazığ ili merkez mahallelerinde toplam 22 tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Buna göre, Abdullahpaşa, Akpınar, Fevziçakmak, Gümüşkavak, Hilalkent, Karşiyaka, Kültür, Aksaray, Mustafapaşa, Olgunlar, Salıbaba, Sarayatik, Sürsürü, Ulukent, Ataşehir, Yıldızbağları, Zafran, Cumhuriyet, Çarşı, Çatalçeşme, Çaydaçıra, Esentepe mahallelerine acil durum yardım merkezi kurulması durumunda olası bir afette her bir afettede 15 dakika içerisinde kurulacak olan merkezlere ulaşabilecektir.

### **3.5.2.3. 20 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü**

Önerilen küme kapsama modelinin üçüncü senaryosuna göre afetzedelerin maksimum 20 dakika içerisinde açılacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmeleri amaçlanmıştır. Bu senaryo göz önünde bulundurulduğunda Elazığ ili merkez mahallelerinde toplam 10 tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Buna göre, Abdullahpaşa, Fevziçakmak, Gümüşkavak, Mustafapaşa, Olgunlar, Ulukent, Ataşehir, Üniversite, Çatalçeşme mahallelerine acil durum yardım merkezi kurulması durumunda olası bir afette her bir afettede 20 dakika içerisinde kurulacak olan merkezlere ulaşabilecektir.

### **3.5.2.4. 25 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü**

Önerilen küme kapsama modelinin dördüncü senaryosuna göre afetzedelerin maksimum 25 dakika içerisinde açılacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmeleri amaçlanmıştır. Bu senaryo göz önünde bulundurulduğunda Elazığ ili merkez mahallelerinde toplam 7 tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği

belirlenmiştir. Buna göre, Abdullahpaşa, Cumhuriyet, Doğukent, Gümüşkavak, Kültür, Nailbey, Yenimahalle mahallelerine acil durum yardım merkezi kurulması durumunda olası bir afette her bir afetzede 25 dakika içerisinde kurulacak olan merkezlere ulaşabilecektir.

### 3.5.2.5. 30 Dakika Senaryosunun Küme Kapsama Modeli ile Çözümü

Önerilen küme kapsama modelinin beşinci senaryosuna göre afetzedelerin maksimum 30 dakika içerisinde açılacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmeleri amaçlanmıştır. Bu senaryo göz önünde bulundurulduğunda Elazığ ili merkez mahallelerinde toplam 6 tane acil durum yardım merkezinin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Buna göre, Abdullahpaşa, Mustafapaşa, Yenimahalle, Cumhuriyet, Çarşı, Çatalçeşme mahallelerine acil durum yardım merkezi kurulması durumunda olası bir afette her bir afetzede 30 dakika içerisinde kurulacak olan merkezlere ulaşabilecektir.

### 3.5.3. P-Medyan Modeli

Açılacak olan minimum tesis sayısı belirlendikten sonra ise modelin ikinci aşamasında geliştirilen optimizasyon modeli ile açılacak tesislere talep noktalarının ataması yapılmıştır. Bu doğrultuda geliştirilen p-medyan modeli aşağıda belirtilmiştir;

İndisler:

İ: talep noktaları indisi (1,2,.....,34)

J: aday tesis noktaları indisi (1,2,.....,34)

Parametreler:

$y_j$ : j noktasına tesis açılırsa 1 aksi durumda 0

$d_{ij}$ : i talep noktası ile j noktası arasındaki mesafe

$r_i$ : i mahallesinin deprem risk katsayısı (bu değer fuzzy topsis metodu kullanılarak her bir mahallenin deprem risk katsayısı olarak belirlenmiştir)

$x_{ij}$ : i talep noktası j tesisine atanmışsa 1

aksi durumda 0

p: açılacak tesis sayısı

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_i \cdot d_{ij} \cdot x_{ij} \quad (4)$$

$$\text{Min } Z \quad r_1 d_{11} x_{11} + r_1 d_{12} x_{12} + r_1 d_{13} x_{13} + \dots + r_1 d_{134} x_{134} + r_2 d_{21} x_{21} + r_2 d_{22} x_{22} + r_2 d_{23} x_{23} + \dots + r_2 d_{234} x_{234} + r_3 d_{31} x_{31} + \dots + r_3 d_{334} x_{334} + r_4 d_{41} x_{41} + \dots + r_4 d_{434} x_{434} + \dots + r_{34} d_{341} x_{341} + \dots + r_{34} d_{3434} x_{3434}$$

$$\sum_{j=1} x_{ij} = 1 \quad \forall i = (1, \dots, 34) \quad (5)$$

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} + x_{14} + \dots + x_{134} = 1$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} + x_{24} + \dots + x_{234} = 1$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} + x_{34} + \dots + x_{334} = 1$$

$$x_{41} + x_{42} + x_{43} + x_{44} + \dots + x_{434} = 1$$

“ “ “ “ “ “

$$x_{341} + x_{342} + x_{343} + x_{344} + \dots + x_{3434} = 1$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i, j \quad (6)$$

$$x_{11} \leq y_1, x_{21} \leq y_1, x_{31}, \leq y_1, \dots, x_{341} \leq y_1$$

$$x_{12} \leq y_2, x_{22} \leq y_2, x_{32}, \leq y_2, \dots, x_{342} \leq y_2$$

“ “ “ “ “ “

$$x_{134} \leq y_{34}, x_{234} \leq y_{34}, x_{334} \leq y_{34}, \dots, x_{3434} \leq y_{34}$$

$$\sum_{j=1}^n y_j = p \quad (7)$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + \dots + y_{34} = 22$$

$$x_j, y_j \in \{0, 1\} \quad (8)$$

$$x_1, x_2, x_3, \dots, x_{34} \in \{0, 1\}$$

$$y_1, y_2, y_3, \dots, y_{34} \in \{0, 1\}$$

Eşitlik (4) ile her bir mahallenin deprem risk katsayısı göz önünde bulundurularak katedilen toplam mesafenin en küçüklenmesi amaçlanmıştır. Eşitlik (5) ile her bir talep noktasının sadece bir tesise atanması sağlanmıştır. Eşitlik (6) ile talep noktalarının sadece açılacak olan tesislere atanması sağlanmıştır. Eşitlik (7) ile bir önceki küme kapsama modelinde belirlenen sayıda tesisin açılması sağlanmıştır. Eşitlik (8) ise bütün karar değişkenlerinin 0-1 tamsayı olma kısıtıdır.

### 3.5.3.1. 10 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü

Birinci senaryoda afetzedelerin azami 10 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi amaçlanmıştır. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 10 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 834 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Önerilen modelin Python programlama dilinde kodlanması sonucunda elde edilen çıktılar aşağıda gösterilmiştir. Buna göre;

**Tablo 3.7.** 10 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları

1. senaryo 10 Dakika mesafe	
Kurulacak Olan Acil Durum Yardım Merkezi	Hizmet Alacak Olan Talep Noktası
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa
Akpınar	Akpınar
Aksaray	Aksaray
Ataşehir	Ataşehir
Cumhuriyet	Cumhuriyet
Çarşı	Çarşı
Çatalçeşme	Çatalçeşme
Çaydaçıra	Çaydaçıra
Doğukent	Doğukent
Esentepe	Esentepe
Fevziçakmak	Fevziçakmak
Gümüşkavak	Gümüşkavak
Hicret	Hicret
Hilalkent	Hilalkent
İcadiye	İcadiye
İzzetpaşa	İzzetpaşa
Karşıyaka	Karşıyaka
Kırklar	Kırklar
Kızılay	Kızılay
Kültür	Kültür
Mustafapaşa	Mustafapaşa
Nailbey	Nailbey
Olgunlar	Olgunlar
Rızaiye	Rızaiye
Rüstempaşa	Rüstempaşa
Salıbaba	Salıbaba
Sanayi	Sanayi



Sarayatik	Sarayatik
Sürsürü	Sürsürü
Ulukent	Ulukent
Üniversite	Üniversite
Yenimahalle	Yenimahalle
Yıldızbağları	Yıldızbağları
Zafran	Zafran

Her bir afetzedenin azami 10 dakika içerisinde ulaşabilmesi için her bir mahalleye acil durum yardım merkezlerinin kurulması gerektiği ortaya çıkmıştır. Her bir mahalledeki afetzede yine kendi mahallesinde açılacak olan tesisten hizmet alacaktır. Birinci senaryoya göre ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 0'dır.

### 3.5.3.2. 15 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü

İkinci senaryoda afetzedelerin azami 15 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi hedeflenmiştir. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 15 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 1250 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Önerilen modelin Python programlama dilinde kodlanması sonucunda elde edilen çıktılar aşağıda gösterilmiştir. Buna göre;

**Tablo 3.8.** 15 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları

2. senaryo 15 Dakika mesafe	
Kurulacak Olan Acil Durum Yardım Merkezi	Hizmet Alacak Olan Talep Noktası
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa
Akpınar	Akpınar-Hicret-Nailbey-Rızaiye-Üniversite
Fevziçakmak	Fevziçakmak-İcadiye
Gümüşkavak	Gümüşkavak
Hilalkent	Hilalkent
Karşıyaka	Karşıyaka
Kültür	Kültür
Aksaray	Aksaray
Mustafapaşa	Kırklar-Kızılay-Mustafapaşa-Rüstempaşa
Olgunlar	Olgunlar
Salıbaba	Salıbaba-Sanayi
Sarayatik	İzzetpaşa-Sarayatik

Sürsürü	Sürsürü
Ulukent	Doğukent-Ulukent
Ataşehir	Ataşehir
Yıldızbağları	Yıldızbağları
Zafran	Zafran
Cumhuriyet	Cumhuriyet
Çarşı	Çarşı-Yenimahalle
Çatalçeşme	Çatalçeşme
Çaydaçıra	Çaydaçıra
Esentepe	Esentepe

Her bir afetzedenin azami 15 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmesi için Abdullahpaşa, Akpınar, Fevziçakmak, Gümüşkavak, Hilalkent, Karşıyaka, Kültür, Aksaray, Mustafapaşa, Olgunlar, Salıbaşa, Sarayatik, Sürsürü, Ulukent, Ataşehir, Yıldızbağları, Zafran, Cumhuriyet, Çarşı, Çatalçeşme, Çaydaçıra ve Esentepe mahallelerine olmak üzere toplam 22 adet tesisin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Kurulacak olan bu tesislerden Abdullahpaşa, Gümüşkavak, Hilalkent, Karşıyaka, Kültür, Aksaray, Olgunlar, Sürsürü, Ataşehir, Yıldızbağları, Zafran, Cumhuriyet, Çatalçeşme, Çaydaçıra ve Esentepe mahallerinde açılacak olan tesislerden yine bu mahallelerde oturacak olan afetzedeler hizmet alacaklardır. Akpınar mahallesinde açılacak olan tesis ise Akpınar, Hicret, Nailbey, Rızaiye ve Üniversite mahallelerine; Fevziçakmak mahallesinde açılacak olan tesis Fevziçakmak ve İcadiye mahallelerine; Mustafapaşa mahallesinde açılacak olan tesis Kırklar, Kızılay, Mustafapaşa ve Rüstempaşa mahallelerine; Salıbaşa mahallesinde açılacak olan tesis Salıbaşa ve Sanayi mahallelerine; Sarayatik mahallesinde açılacak olan tesis İzzetpaşa ve Sarayatik mahallelerine; Ulukent mahallesinde açılacak olan tesis Doğukent ve Ulukent mahallelerine ve son olarak Çarşı mahallesinde açılacak olan tesis ise Yenimahalle ve Çarşı mahallelerine hizmet verecektir. İkinci senaryo için ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 7188,76 olarak belirlenmiştir.

### **3.5.3.3. 20 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü**

Üçüncü senaryoda afetzedelerin azami 20 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi hedeflenmiştir. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 20 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 1667 metre mesafede bu

tesislerin açılması gerekmektedir. Önerilen modelin Python programlama dilinde kodlanması sonucunda elde edilen çıktılar aşağıda gösterilmiştir. Buna göre;

**Tablo 3.9.** 20 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları

3. senaryo 20 Dakika mesafe	
Kurulacak Olan Acil Durum Yardım Merkezi	Hizmet Alacak Olan Talep Noktası
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa-Hilalkent
Fevziçakmak	Esentepe-Fevziçakmak-İcadiye-Kültür-Nailbey-Yıldızbağları
Gümüşkavak	Gümüşkavak
Mustafapaşa	Karşıyaka-Kırklar-Kızılay-Mustafapaşa-Rüstempaşa-Sarayatik
Olgunlar	Olgunlar-Süsrü-Yenimahalle-Zafran
Ulukent	Doğukent-Ulukent
Ataşehir	Ataşehir-Cumhuriyet
Üniversite	Akpınar-Çarşı-Hicret-İzzetpaşa-Rızaiye-Üniversite
Çatalçeşme	Aksaray-Çatalçeşme-Salibaba-Sanayi
Çaydaçıra	Çaydaçıra

Her bir afetzedenin azami 20 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmesi için Abdullahpaşa, Fevziçakmak, Gümüşkavak, Mustafapaşa, Olgunlar, Ulukent, Ataşehir, Üniversite, Çatalçeşme ve Çaydaçıra mahallelerine olmak üzere toplam 10 adet tesisin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Kurulacak olan bu tesislerden Gümüşkavak ve Çaydaçıra mahallerinde açılacak olan tesislerden yine bu mahallelerde oturacak olan afetzedeler hizmet alacaklardır. Abdullahpaşa mahallesinde açılacak olan tesis ise Abdullahpaşa ve Hilalkent mahallelerine; Fevziçakmak mahallesinde açılacak olan tesis Esentepe, Fevziçakmak, İcadiye, Kültür, Nailbey ve Yıldızbağları mahallelerine; Mustafapaşa mahallesinde açılacak olan tesis Karşıyaka, Kırklar, Kızılay, Mustafapaşa, Rüstempaşa ve Sarayatik mahallelerine; Olgunlar mahallesinde açılacak olan tesis Olgunlar, Süsrü, Yenimahalle ve Zafran mahallelerine; Ulukent mahallesinde açılacak olan tesis Doğukent ve Ulukent mahallelerine; Ataşehir mahallesinde açılacak olan tesis ise Ataşehir ve Cumhuriyet mahallelerine; Üniversite mahallesinde açılacak olan tesis Akpınar, Çarşı, Hicret, İzzetpaşa, Rızaiye ve Üniversite mahallelerine ve son olarak Çatalçeşme mahallesinde

açılacak olan tesis Aksaray, Çatalçeşme, Salıba ve Sanayi mahallelerine hizmet verecektir. Üçüncü senaryo için ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 16600,81 olarak belirlenmiştir.

#### 3.5.3.4. 25 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü

Dördüncü senaryoda afetzedelerin azami 25 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi hedeflenmiştir. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 25 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 2084 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Önerilen modelin Python programlama dilinde kodlanması sonucunda elde edilen çıktılar aşağıda gösterilmiştir. Buna göre;

**Tablo 3.10.** 25 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları

4. Senaryo 25 Dakika Mesafe	
Kurulacak Olan Acil Durum Yardım Merkezi	Hizmet Alacak Olan Talep Noktası
Gümüşkavak	Gümüşkavak-Karşıyaka-Kızılay-Sanayi
Hilalkent	Abdullahpaşa-Hilalkent
Kültür	Fevziçakmak-İzzetpaşa-Kültür-Sürsürü-Zafran
Nailbey	Akpınar-Aksaray-Kırklar-Mustafapaşa-Nailbey-Salıba- Üniversite-Yıldızbağları
Ulukent	Çatalçeşme-Doğukent-Ulukent
Yenimahalle	Çarşı-Esentepe-Hicret-İcadiye-Olgunlar-Rızaiye-Rüstempaşa- Sarayatik-Yenimahalle
Cumhuriyet	Ataşehir-Cumhuriyet-Çaydaçıra

Her bir afetzedenin azami 25 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmesi için Gümüşkavak, Hilalkent, Kültür, Nailbey, Ulukent, Yenimahalle ve Cumhuriyet mahallelerine olmak üzere toplam 7 adet tesisin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Gümüşkavak mahallesinde açılacak olan tesis Gümüşkavak, Karşıyaka, Kızılay ve Sanayi mahallelerine; Hilalkent mahallesinde açılacak olan tesis Abdullahpaşa ve Hilalkent mahallelerine; Kültür mahallesinde açılacak olan tesis Fevziçakmak, İzzetpaşa, Kültür, Sürsürü ve Zafran mahallelerine; Nailbey mahallesinde açılacak olan tesis Akpınar, Aksaray, Kırklar, Mustafapaşa, Nailbey, Salıba, Üniversite, Yıldızbağları mahallelerine; Ulukent mahallesinde açılacak olan tesis

Çatalçeşme, Doğukent ve Ulukent mahallelerine; Ataşehir mahallesinde açılacak olan tesis ise Ataşehir ve Cumhuriyet mahallelerine; Yenimahalle mahallesinde açılacak olan tesis Çarşı, Esentepe, Hicret, İcadiye, Olgunlar, Rızaiye, Rüstempaşa, Sarayatik, Yenimahalle mahallelerine ve son olarak Cumhuriyet mahallesinde açılacak olan tesis Ataşehir, Cumhuriyet ve Çaydaçıra mahallelerine hizmet verecektir. Dördüncü senaryo için ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 21579,28 olarak belirlenmiştir.

### 3.5.3.5. 30 Dakika Senaryosunun P-Medyan Modeli ile Çözümü

Dördüncü senaryoda afetzedelerin azami 30 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi hedeflenmiştir. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 30 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 2500 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Önerilen modelin Python programlama dilinde kodlanması sonucunda elde edilen çıktılar aşağıda gösterilmiştir. Buna göre;

**Tablo 3.11.** 30 Dakika Mesafe İçerisinde Kurulacak Acil Durum Yardım Merkezleri ve Bu Merkezlerden Hizmet Alacak Talep Noktaları

5. senaryo 30 Dakika mesafe	
Kurulacak Olan Acil Durum Yardım Merkezi	Hizmet Alacak Olan Talep Noktası
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa-Hilalkent
Mustafapaşa	Akpınar-Gümüşkavak-İzzetpaşa-Karşıyaka-Kırklar-Kızılay-Mustafapaşa-Nailbey-Rüstempaşa-Sarayatik
Yenimahalle	Esentepe-Hicret-İcadiye-Olgunlar-Rızaiye-Sürsürü-Yenimahalle-Zafran
Cumhuriyet	Ataşehir-Cumhuriyet-Çaydaçıra
Çarşı	Çarşı-Fevziçakmak-Kültür-Üniversite-Yıldızbağları
Çatalçeşme	Aksaray-Çatalçeşme-Doğukent-Salibaba-Sanayi-Ulukent

Her bir afetzedenin azami 30dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine ulaşabilmesi için Abdullahpaşa, Mustafapaşa, Yenimahalle, Cumhuriyet, Çarşı ve Çatalçeşme mahallelerine olmak üzere toplam 6 adet tesisin kurulması gerektiği belirlenmiştir. Abdullahpaşa mahallesinde açılacak olan tesis Abdullahpaşa ve Hilalkent mahallelerine; Mustafapaşa mahallesinde açılacak olan tesis Akpınar, Gümüşkavak, İzzetpaşa, Karşıyaka, Kırklar, Kızılay, Mustafapaşa, Nailbey, Rüstempaşa, Sarayatik mahallelerine; Yenimahalle'de açılacak olan tesis Esentepe,

Hicret, İcadiye, Olgunlar, Rızaiye, Süsrü, Yenimahalle, Zafran mahallelerine; Cumhuriyet mahallesinde açılacak olan tesis Ataşehir, Cumhuriyet ve Çaydağra mahallelerine; Çarşı mahallesinde açılacak olan tesis Çarşı, Fevziçakmak, Kültür, Üniversite, Yıldızbağları mahallelerine; Çatalçeşme mahallesinde açılacak olan tesis ise Aksaray, Çatalçeşme, Doğukent, Salıba, Sanayi, Ulukent mahallelerine hizmet verecektir. Beşinci senaryo için ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 23257,47 olarak belirlenmiştir.

### **3.6. Her Bir Senaryo için Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi**

Bu çalışmada bir afetzedenin azami 10-15-20-25 ve 30 dakika içerisinde açılacak olan tesise ulaşabilmesi amacıyla beş farklı senaryo oluşturulmuş ve her bir senaryo için çözümler yapılmıştır. Bunun yanı sıra her bir senaryo için kurulacak olan tesislerin kapasiteleri belirlenmiştir. 2002 yılında İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB) ve Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) 1999 Marmara Depremi'nden sonra birlikte bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmanın C senaryosunda, afet durumunda acil yardım ihtiyacı duyacak olan afetzede sayısının nüfusun %5'i olarak belirlenmiştir (JICA ve İBB,2002). Bu çalışmada da Elazığ ilinde olası bir afet durumunda nüfusun %5'inin acil durum yardım merkezlerinden yardım talep edeceği varsayılmıştır. Bu doğrultuda her bir senaryo için kurulacak olan acil durum yardım merkezlerine atanan mahallelerin nüfusu göz önünde bulundurularak kapasite planlaması yapılmıştır.

#### **3.6.1. 10 Dk. Senaryosu için Kurulacak Olan Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi**

Bu çalışmada ilk olarak afetzedelerin 10 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezine ulaşabildikleri senaryo için çözümler yapılmıştır. Bu çözüme göre Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan 34 mahallenin tamamında bir adet acil durum yardım merkezi kurulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Acil durum yardım merkezlerinden atanan nüfusun %5'inin yararlanacağı varsayılmıştır. Kurulacak olan merkezlerin kapasitesi için elde edilen sonuçlar Tablo 3.12.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.12.** 10 Dk. Senaryosu için Kurulması Planlanan Merkezlerin Kapasite Planlaması

1. Senaryo 10 Dakika mesafe								
Acil Durum Yardım Merkezi	Talep Noktası	Atanan Toplam Nüfus	Hizmet Alacak Kişi Sayısı	Çadır	Battaniye	Yatak	Isıtıcı	Mutfak Seti
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa	26039	1302	325	1302	1302	325	325
Akpınar	Akpınar	4628	231	58	231	231	58	58
Aksaray	Aksaray	7727	386	97	386	386	97	97
Ataşehir	Ataşehir	26671	1334	333	1334	1334	333	333
Cumhuriyet	Cumhuriyet	27101	1355	339	1355	1355	339	339
Çarşı	Çarşı	1426	71	18	71	71	18	18
Çatalçeşme	Çatalçeşme	4119	206	51	206	206	51	51
Çaydaçıra	Çaydaçıra	26892	1345	336	1345	1345	336	336
Doğukent	Doğukent	18060	903	226	903	903	226	226
Esentepe	Esentepe	1545	77	19	77	77	19	19
Fevziçakmak	Fevziçakmak	5877	294	73	294	294	73	73
Gümüşkavak	Gümüşkavak	1374	69	17	69	69	17	17
Hicret	Hicret	4430	222	55	222	222	55	55
Hilalkent	Hilalkent	4329	216	54	216	216	54	54
İcadiye	İcadiye	3534	177	44	177	177	44	44
İzzetpaşa	İzzetpaşa	11790	590	147	590	590	147	147
Karşıyaka	Karşıyaka	3616	181	45	181	181	45	45
Kırklar	Kırklar	16022	801	200	801	801	200	200
Kızılay	Kızılay	3264	163	41	163	163	41	41
Kültür	Kültür	10728	536	134	536	536	134	134
Mustafapaşa	Mustafapaşa	15585	779	195	779	779	195	195
Nailbey	Nailbey	8218	411	103	411	411	103	103
Olgunlar	Olgunlar	11328	566	142	566	566	142	142
Rızaiye	Rızaiye	13046	652	163	652	652	163	163
Rüstempaşa	Rüstempaşa	11213	561	140	561	561	140	140
Salıbaba	Salıbaba	3186	159	40	159	159	40	40
Sanayi	Sanayi	14620	731	183	731	731	183	183
Sarayatik	Sarayatik	5195	260	65	260	260	65	65
Sürsürü	Sürsürü	28299	1415	354	1415	1415	354	354
Ulukent	Ulukent	17199	860	215	860	860	215	215
Üniversite	Üniversite	16247	812	203	812	812	203	203
Yenimahalle	Yenimahalle	17712	886	221	886	886	221	221
Yıldızbağları	Yıldızbağları	5547	277	69	277	277	69	69
Zafran	Zafran	174	9	2	9	9	2	2

### 3.6.2. 15 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın ikinci senaryosunda, afetzedelerin 15 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezine ulaşabildikleri senaryo için çözümler yapılmıştır. Bu çözüme göre Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan 22 mahallede acil durum yardım merkezi kurulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Acil durum yardım merkezlerinden atanan nüfusun %5'inin yararlanacağı varsayıldığından kurulacak olan merkezin kapasitesi Tablo 3.13'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.13.** 15 Dk. Senaryosu için Kurulması Planlanan Merkezlerin Kapasite Planlaması

2. Senaryo 15 Dakika mesafe								
Acil Durum Yardım Merkezi	Talep Noktası	Atanan Toplam Nüfus	Hizmet Alacak Kişi Sayısı	Çadır	Battaniye	Yatak	Isıtıcı	Mutfak Seti
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa	26039	1302	325	1302	1302	325	325
Akpınar	Akpınar- Hicret-Nailbey- Rızaiye- Üniversite	46569	2328	582	2328	2328	582	582
Fevziçakmak	Fevziçakmak- İcadiye	9411	471	118	471	471	118	118
Gümüşkavak	Gümüşkavak	1374	69	17	69	69	17	17
Hilalkent	Hilalkent	4329	216	54	216	216	54	54
Karşıyaka	Karşıyaka	3616	181	45	181	181	45	45
Kültür	Kültür	10728	536	134	536	536	134	134
Aksaray	Aksaray	7727	386	97	386	386	97	97
Mustafapaşa	Kırklar- Kızılay- Mustafapaşa- Rüstempaşa	46084	2304	576	2304	2304	576	576
Olgunlar	Olgunlar	11328	566	142	566	566	142	142
Sanayi	Salıbaba- Sanayi	17806	890	223	890	890	223	223
Sarayatik	İzzetpaşa- Sarayatik	16985	849	212	849	849	212	212
Sürsürü	Sürsürü	28299	1415	354	1415	1415	354	354
Ulukent	Doğukent- Ulukent	35259	1763	441	1763	1763	441	441
Ataşehir	Ataşehir	26671	1334	333	1334	1334	333	333
Yıldızbağları	Yıldızbağları	5547	277	69	277	277	69	69
Zafran	Zafran	174	9	2	9	9	2	2
Cumhuriyet	Cumhuriyet	27101	1355	339	1355	1355	339	339



Yenimahalle	Çarşı- Yenimahalle	19138	957	239	957	957	239	239
Çatalçeşme	Çatalçeşme	4119	206	51	206	206	51	51
Çaydaçıra	Çaydaçıra	26892	1345	336	1345	1345	336	336
Esentepe	Esentepe	1545	77	19	77	77	19	19

### 3.6.3. 20 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın üçüncü senaryosunda, afetzedelerin 20 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezine ulaşabildikleri senaryo için çözümler yapılmıştır. Bu çözüme göre Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan 10 mahallede acil durum yardım merkezi kurulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Acil durum yardım merkezlerinden atanan nüfusun %5'inin yararlanacağı varsayıldığından yardım malzemelerinin kapasiteleri buna göre belirlenmiştir. Buna göre oluşan Tablo 3.14'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.14.** 20 Dk. Senaryosu için Kurulması Planlanan Merkezlerin Kapasite Planlaması

3. Senaryo 20 Dakika Mesafe								
Acil Durum Yardım Merkezi	Talep Noktası	Atanan Toplam Nüfus	Hizmet Alacak Kişi Sayısı	Çadır	Battaniye	Yatak	Isıtıcı	Mutfak Seti
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa- Hilalkent	30368	1518	380	1518	1518	380	380
Fevziçakmak	Esentepe- Fevziçakmak- İcadiye- Kültür- Nailbey- Yıldızbağları	35449	1772	443	1772	1772	443	443
Gümüşkavak	Gümüşkavak	1374	69	17	69	69	17	17
Mustafapaşa	Karşıyaka- Kırklar- Kızılay- Mustafapaşa- Rüstempaşa- Sarayatik	54895	2745	686	2745	2745	686	686
Olgunlar	Olgunlar- Sürsürü- Yenimahalle- Zafran	57513	2876	719	2876	2876	719	719
Ulukent	Doğukent- Ulukent	35259	1763	441	1763	1763	441	441
Cumhuriyet	Ataşehir- Cumhuriyet	53772	2689	672	2689	2689	672	672
Üniversite	Akpınar- Çarşı- Hicret- İzzetpaşa- Rızaiye- Üniversite	51567	2578	645	2578	2578	645	645

Çatalçeşme	Aksaray- Çatalçeşme- Salıbaşa- Sanayi	29652	1483	371	1483	1483	371	371
Çaydaçıra	Çaydaçıra	26892	1345	336	1345	1345	336	336

### 3.6.4. 25 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın dördüncü senaryosunda, afetzedelerin 25 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezine ulaşabildikleri senaryo için çözümler yapılmıştır. Bu çözüme göre Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan 7 mahallede acil durum yardım merkezi kurulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Acil durum yardım merkezlerinden atanan nüfusun %5'inin yararlanacağı varsayıldığından yardım malzemelerinin kapasiteleri buna göre belirlenmiştir. Buna göre oluşan durum Tablo 3.15'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.15.** 25 dk Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitesi

4. Senaryo 25 Dakika Mesafe								
Acil Durum Yardım Merkezi	Talep Noktası	Atanan Toplam Nüfus	Hizmet Alacak Kişi Sayısı	Çadır	Battaniye	Yatak	Isıtıcı	Mutfak Seti
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa- Hilalkent	30368	1518	380	1518	1518	380	380
Cumhuriyet	Ataşehir- Cumhuriyet- Çaydaçıra	80664	4033	1008	4033	4033	1008	1008
Doğukent	Çatalçeşme- Doğukent- Ulukent	39378	1969	492	1969	1969	492	492
Gümüşkavak	Gümüşkavak- Karşıyaka- Kızılay- Sanayi	22874	1144	286	1144	1144	286	286
Kültür	Fevziçakmak- İzzetpaşa- Kültür- Sürsürü- Zafran	56868	2843	711	2843	2843	711	711
Nailbey	Akpınar- Aksaray- Kırklar- Mustafapaşa- Nailbey- Salıbaşa- Üniversite- Yıldızbağları	77160	3858	965	3858	3858	965	965
Yenimahalle	Çarşı- Esentepe- Hicret- İcadiye- Olgunlar- Rızaiye- Rüstempaşa- Sarayatik- Yenimahalle	69429	3471	868	3471	3471	868	868

### 3.6.5. 30 Dk. Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinde Bulunacak Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitelerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmanın beşinci ve son senaryosunda ise afetzedelerin 30 dakika içerisinde kurulacak olan acil durum yardım merkezine ulaşabildikleri senaryo için çözümler yapılmıştır. Bu çözüme göre Elazığ İli Merkez İlçesinde bulunan 6 mahallede acil

durum yardım merkezi kurulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Acil durum yardım merkezlerinden atanan nüfusun %5'inin yararlanacağı varsayıldığından yardım malzemelerinin kapasiteleri buna göre belirlenmiştir. Buna göre oluşan durum Tablo 3.16'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.16.** 30 dk Senaryosu için Acil Durum Yardım Merkezlerinin Kapasitesi

5. Senaryo 30 Dakika Mesafe								
Acil Durum Yardım Merkezi	Talep Noktası	Atanan Toplam Nüfus	Hizmet Alacak Kişi Sayısı	Çadır	Battaniye	Yatak	Isıtıcı	Mutfak Seti
Abdullahpaşa	Abdullahpaşa- Hilalkent	30368	1518	380	1518	1518	380	380
Mustafapaşa	Akpınar- Gümüşkavak- İzzetpaşa- Karşıyaka- Kırklar- Kızılay- Mustafapaşa- Nailbey- Rüstempaşa- Sarayatik	80905	4045	1011	4045	4045	1011	1011
Yenimahalle	Esentepe- Hicret- İcadiye- Olgunlar- Rızaiye- Sürsürü- Yenimahalle- Zafran	80068	4003	1001	4003	4003	1001	1001
Cumhuriyet	Ataşehir- Cumhuriyet- Çaydaçıra	80664	4033	1008	4033	4033	1008	1008
Çarşı	Çarşı- Fevziçakmak- Kültür- Üniversite- Yıldızbağları	39825	1991	498	1991	1991	498	498
Çatalçeşme	Aksaray- Çatalçeşme- Doğukent- Salıbaşa- Sanayi- Ulukent	64911	3246	811	3246	3246	811	811

### 3.7. Modelin Geçerliliği ve Olası Riskler

Bu çalışmada afet sonrası ulusal ve uluslararası yardımlar afet bölgesine ulaşmaya kadar afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Çalışma sırasında Elazığ ili Merkez mahallelerinin bina yapı stoğu verilerine ulaşamamıştır. Bu nedenle önerilen modelde öncelikle bulanık mantık kullanılarak bölgelerin deprem risk katsayıları belirlenmiştir. Çalışmanın, bina yapı stoğu verilerinin elde edilebildiği bir bölgeye uygulanması durumunda ELER, AFAD-RED ya da HAZTURK gibi yazılımlar kullanılabilir. Ayrıca bu programlar sayesinde farklı deprem senaryoları için alternatif çözümler üretilebilir. Bir bölgenin bina yapı stoğu verileri kullanılarak yapılan deprem risk analizi çalışmaları sayesinde, bir mahallede bulunan binaların tamamının verileri sisteme girilerek farklı senaryolarda ne kadar hasar alacağı daha doğru bir şekilde tespit edilebilir. Bu sayede önerilen matematiksel model gerçek hayata daha uygun sonuçlar verebilecektir.

Önerilen model farklı bölgeler için de uygulanabilir. Ancak verilecek kararlarda modelin geçerliliğini etkileyen bazı dış faktörlerin de göz önünde bulundurulması

gerekmektedir. Örneğin, modelde kurulacak olan tesislerin kapasite planlaması yapılırken nüfusun %5'inin acil durum merkezlerine başvuracağı varsayılmıştır. Bu oran modelin uygulandığı bölgenin sosyal, ekonomik ve kültürel yapısına göre değişiklik gösterebilir. Karar vericiler kapasite planlaması yaparken modelin uygulandığı bölgenin sosyal, ekonomik ve kültürel yapısını da göz önünde bulundurmalıdır.

Çalışma modelinde, acil yardımların afetzedeler tarafından belirlenen merkezlerden alınacağı varsayılmıştır. Ancak afet anında ve sonrasında yaşanacak kaos nedeniyle gerekli yardımlara afetzedelerin ulaşımında bir takım sorunlar meydana gelebilir. Bu da acil durum yardım merkezlerinin planlanan kapasitelerinin yetersiz kalmasına neden olabilir. Bu nedenle karar vericilerin kapasite planlamasını yaparken bu durumu da göz önünde bulundurması olası aksaklıkların önüne geçilmesini sağlayabilir.

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Afetler insanları maddi ve manevi yönden ciddi zararlara uğratan olaylardır. Afetlerin doğru planlama ve hazırlık ile yıkıcı etkilerinin azaltılması son derece önemlidir. Afetler, insan kaynaklı ve doğal afetler olarak iki farklı kategoride incelenebilir. İnsan kaynaklı afetler alınacak olan tedbirler sayesinde azaltılabilmektedir. Ancak doğal afetlerin oluşumunu engellemek pek mümkün değildir. Yaşanan afetlerden sonra, afetzedenin acil yaşamsal ihtiyaçlarını karşılayabilmek için planlama ve uygulamanın koordineli ve etkin bir biçimde yapılması gerekmektedir. Özellikle ulusal ve uluslararası yardımlar ulaştırılıncaya kadar geçen süre içerisinde, afetzedelerin temel yaşamsal ihtiyaçlarını karşılayabilmek çok önemlidir. Bu noktada gerekli planlama ve hazırlıklar yapılırken sayısal yöntemlerin kullanılması oluşacak olan zararların minimize edilmesi açısından önemli bir yer tutmaktadır.

Bu tez çalışmasında, afetten sonra afetzedelerin temel ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için acil durum yardım merkezlerinin yerlerinin belirlenmesi ve bu merkezlere talep noktalarının atamasının yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç çerçevesinde deprem risk analizini de içeren bütünsel bir model önerilmiştir. Önerilen model üç aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, Elazığ ili merkez mahallelerinin deprem risk analizi yapılmış ve her bir mahallenin deprem risk katsayısı bulanık mantık yardımıyla belirlenmiştir. Daha sonra bu deprem risk katsayıları matematiksel modelde bir girdi olarak kullanılarak acil durum yardım merkezlerinin yeri belirlenmiştir. Son olarak bu merkezlerden hizmet alacak mahallelerin kurulacak olan merkezlere ataması yapılmıştır. Ayrıca acil durum yardım merkezlerine atanan nüfus göz önünde bulundurularak kapasite planlaması yapılmıştır.

Mahallelerin deprem risk katsayıları belirlenirken alanında uzman kişiler ile birebir görüşmeler yapılmış ve bir mahallenin deprem risk katsayısını belirleyen 13 kriter belirlenmiştir. Literatür incelendiğinde, deprem riskinin belirlendiği çalışmalarda farklı kriterlerin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bir bölgenin deprem riski belirlenirken literatürde sıklıkla nüfus, bina sayısı, bağımsız birim sayısı, binaların genel durumu, binaların ortalama yaşı, ortalama kat sayısı, zemin durumu ve sosyo ekonomik durum (Gözaydın ve Can, 2013; Temur vd. 2019; Jena ve Pradhan, 2020; Yariyan vd., 2020)

kriterlerinin kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan kriterler literatür ile karşılaştırıldığında bu çalışmalardan farklı olarak; binaların taşıyıcı sistem durumu, zemin katın ticari amaçlı kullanılıp kullanılmadığı, mahallenin bitişik nizam ayrık nizam ile inşa edilme durumu ve mahallelerdeki ortalama yer altı suyu seviyesi kriterleri de bir bölgenin deprem riskinin belirlenmesinde birer kriter olarak kullanılmıştır. Afet yardım merkezlerinin yerlerinin belirlenmesinde iki aşamalı deterministik bir model önerilmiştir. Önerilen model beş farklı senaryo için çözülmüş ve her bir senaryo için elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çalışmanın birinci senaryosunda, açılacak olan acil durum yardım merkezlerine afetzedelerin 10 dakika yürüyüş mesafesi içerisinde ulaşabilmesi öngörülmüştür. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 10 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 834 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Buna göre, Elazığ ili merkez mahallelerinde bulunan her bir mahalleye bir adet acil durum yardım merkezi kurulması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Her bir mahalleye açılacak olan acil durum yardım merkezlerinden ise yine aynı mahallede yaşayan afetzedelerin hizmet alacağı belirlenmiştir. Birinci senaryomuzun amaç değeri ise, her mahallede bir adet tesis açılacağından dolayı 0 olarak tespit edilmiştir. Çalışmanın ikinci senaryosunda, 15 dakika yürüyüş mesafesinde açılacak olan acil durum yardım merkezlerine afetzedelerin ulaşabilmesi öngörülmüştür. Afetzedelerin 15 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 1250 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Buna göre, toplam 22 adet tesisin kurulması gerektiği belirlenmiştir. İkinci senaryomuz için amaç değeri ise 7188,76 olarak belirlenmiştir. Üçüncü senaryomuzda, afetzedelerin azami 20 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi hedeflenmiştir. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 20 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 1667 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Üçüncü senaryo için ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 16600,81 olarak belirlenmiştir. Çalışmanın dördüncü senaryosunda, afetzedelerin azami 25 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi hedeflenmiştir. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 25 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 2084 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Dördüncü senaryo için ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 21579,28 olarak belirlenmiştir. Beşinci senaryoda afetzedelerin azami 30 dakika içerisinde kurulacak olan tesislere ulaşabilmesi

hedeflenmiştir. Bir insanın yürüyüş hızı 5km/sa olarak alındığında 30 dakikada açılacak olan tesise ulaşabilmesi için azami 2500 metre mesafede bu tesislerin açılması gerekmektedir. Beşinci senaryo için ortaya çıkan amaç değeri yani toplam maliyet 23257,47 olarak belirlenmiştir.

Literatür incelendiğinde, tesis yeri seçim ve atama problemlerinde küme kapsama ve P-Medyan problemlerinin sıklıkla kullanıldığı gözlemlenmiştir. Bu noktada özellikle P-Medyan probleminde P değerinin literatürde sıklıkla varsayımsal olarak belirlendiği görülmektedir (Bastı, 2012; Durak ve Yıldız, 2015; Ergin, 2016; Hazırcı ve Şahin; 2019). Bu çalışmada ise bu çalışmalardan farklı olarak P-Medyan probleminde kullanılan P değeri varsayımsal olarak belirlenmek yerine küme kapsama modeli ile belirlenerek modele eklenmiştir. Yine literatürde, P-Medyan probleminde yer alan talep değişkeninin yapılan çalışmalarda deterministik olarak belirlendiği görülmektedir (Aydın ve Ayvaz, 2016; Aydın, 2017). Bu çalışmada ise yapılan çalışmalardan farklı olarak p-medyan probleminde deterministik olarak belirlenen talep yerine bulanık TOPSIS yardımıyla her bir mahallenin deprem risk katsayısı belirlenmiş ve bu katsayı p-medyan modelinde karar değişkeni olarak kullanılmıştır.

Bu çalışma, bir bölgenin deprem risk katsayısının belirlenmesinde kullanılan kriterler açısından literatüre katkı sağlayacaktır. Bunun yanı sıra bulanık TOPSIS yöntemi ile belirlenen mahallelerin deprem risk katsayıları P-Medyan probleminde bir değişken olarak kullanılmıştır. Bu sayede, mahallelerin acil durum yardım merkezlerine atamaları yapılırken mahallenin deprem riski de göz önünde bulundurulmuştur. Bu sayede deprem riski yüksek olan mahallelerde yaşayan afetzedelerin mümkün olduğunca yakın tesislerden hizmet almaları sağlanmıştır. Ayrıca çalışmada kullanılan mahallelerin sosyo-ekonomik durumuna ilişkin veriler uzmanlar ile yapılan birebir görüşmeler sonucunda belirlenmiştir. Literatür incelemesinde Elazığ ilinde bulunan merkez mahallelerin sosyo-ekonomik durumuna ilişkin bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada bir bölgenin sosyo-ekonomik durumuna ilişkin nümerik veriler bulunan bir bölgeye uygulanması durumunda kriterlerin ağırlıkları ENTROPİ yöntemiyle belirlenerek çalışmaya zenginlik katılabilir. Bunun yanı sıra bulanık TOPSIS metodu kullanarak mahallelerin deprem risk analizi yapılmıştır. Bu analiz farklı çok kriterli karar verme yöntemleri kullanarak yapılabilir. Ayrıca farklı bölgeler ve senaryolar için de uygulanabilir. Bu çalışma Elazığ ili merkez ilçeleri ile sınırlı tutulmuştur. Ayrıca

belirlediğimiz kriterlerden bir tanesi olan bölgenin fay hattına mesafesi kriteri, mahalleler birbirine yakın olduğundan dolayı uzman görüşü doğrultusunda bu çalışmadan çıkarılmıştır. Gelecek çalışmalarda Elazığ ilinin tamamı, Doğu Anadolu Bölgesi ya da Türkiye geneli için fay hattına mesafe kriteri eklenerek çalışma zenginleştirilebilir. Bu çalışmada iki aşamalı deterministik bir matematiksel model önerilmiştir. Bu model beş farklı senaryo için çözülmüştür. Bu çalışmada Elazığ ilinde olası bir afet durumunda nüfusun %5'inin acil durum yardım merkezlerinden yardım talep edeceği varsayılmıştır (JICA ve İBB,2002). Ancak afetlerin ve yol açacağı zararın öngörülemez oluşu nedeniyle afetten etkilenecek insan sayısı ve afetin olma olasılığı gibi değişkenler belirlenirken stokastik yöntemler kullanılarak çalışma zenginleştirilebilir. Çalışmada sadece acil durum yardım merkezlerinin seçimi ve ataması problemine çözüm olarak bir model önerilmiştir. Gelecek çalışmalarda acil durum yardım merkezlerinden afetzedelere doğrudan dağıtımın yapılabilmesi için araç rotalama problemi modellenenebilir. Ayrıca afet sonrası yardımların afetzedelere ulaştırılması konusunda trafik ve diğer etkenler göz önünde bulundurularak insansız hava araçları gibi alternatif dağıtım çözümleri geliştirilebilir.

Bu çalışma acil durum yardım merkezlerinin seçimi ve bu merkezlere bölgelerin atamasının yapılması konusunda Belediyeler, AFAD ve diğer ilgili kurumlar tarafından faydalanabilecekleri bir planlama aracı olarak kullanılabilir. Özellikle deterministik modellerde birden fazla senaryo ile çözümlerin yapılması, farklı alternatiflerin değerlendirilebilmesine olanak sağlayacaktır. Bunun da karar vericilere daha doğru ve etkin kararlar alma noktasında yardımcı olacağını söylemek mümkündür. Çalışmada beş farklı senaryo ile çözümler yapıldığından, karar vericiler en uygun kararı verme konusunda alternatifleri değerlendirme imkânına sahip olacaklardır. Bu sayede farklı senaryolar göz önünde bulundurularak deprem sonrası acil durum yardım merkezlerinin yer ve kapasite seçimine ilişkin yatırım kararları alınabilir.



## KAYNAKÇA

- Abedi Gheshlaghi, H., Feizizadeh, B., ve Blaschke, T. (2020). GIS-Based Forest Fire Risk Mapping Using the Analytical Network Process and Fuzzy Logic. *Journal of Environmental Planning and Management*, 63(3), 481–499. <https://doi.org/10.1080/09640568.2019.1594726>
- Abounacer, R., Rekik, M., ve Renaud, J. (2014). An Exact Solution Approach for Multi-Objective Location-Transportation Problem for Disaster Response. *Computers and Operations Research*. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2013.08.001>
- Afshar, A., ve Haghani, A. (2012). Modeling Integrated Supply Chain Logistics in Real-Time Large-Scale Disaster Relief Operations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(4), 327–338. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.12.003>
- Agarwal, S., Kant, R., ve Shankar, R. (2020). Evaluating Solutions to Overcome Humanitarian Supply Chain Management Barriers: A Hybrid Fuzzy SWARA – Fuzzy WASPAS Approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 51(July), 101838. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101838>
- Ahmadi-Javid, A., Seyedi, P., ve Syam, S. S. (2017). A Survey of Healthcare Facility Location. *Computers and Operations Research*, 79, 223–263. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.05.018>
- AKDAĞ, S. Emre, Mali Yapı ve Denetim Boyutlarıyla Afet Yönetimi, Sayıştay Araştırma-İnceleme Dizisi, Ankara, 2002
- Akgün, I., Gümüşbuğa, F., ve Tansel, B. (2015). Risk Based Facility Location By Using Fault Tree Analysis in Disaster Management. *Omega (United Kingdom)*. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.04.003>
- Aksen, D., ve Aras, N. (2012). A Bilevel Fixed Charge Location Model for Facilities Under Imminent Attack. *Computers and Operations Research*, 39(7), 1364–1381. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.08.006>

- Alçada-Almeida, L., Tralhão, L., Santos, L., ve Coutinho-Rodrigues, J. (2009). A Multiobjective Approach to Locate Emergency Shelters And Identify Evacuation Routes in Urban Areas. *Geographical Analysis*, 41(1), 9–29. <https://doi.org/10.1111/J.1538-4632.2009.00745.X>
- Alizadeh, M., Hashim, M., Alizadeh, E., Shahabi, H., Karami, M. R., Pour, A. B., Pradhan, B., ve Zabihi, H. (2018). Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Model for Seismic Vulnerability Assessment (SVA) of Urban Residential Buildings. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7(11). <https://doi.org/10.3390/ijgi7110444>
- Altaş, İ. (1999). Bulanık Mantık : Bulanıklılık Kavramı. *Bilesim Yayıncılık A.Ş.*, 62, 80–85.
- Altay, N., ve Green, W. G. (2006). OR/MS Research in Disaster Operations Management. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/J.Ejor.2005.05.016>
- Álvarez-Miranda, E., Fernández, E., ve Ljubić, I. (2015). The Recoverable Robust Facility Location Problem. *Transportation Research Part B: Methodological*, 79, 93–120. <https://doi.org/10.1016/J.Trb.2015.06.001>
- An, S., Cui, N., Li, X., ve Ouyang, Y. (2013). Location Planning for Transit-Based Evacuation Under the Risk of Service Disruptions. *Transportation Research Part B: Methodological*, 54, 1–16. <https://doi.org/10.1016/J.Trb.2013.03.002>
- An, Y., Tan, X., Gu, B., ve Zhu, K. (2020). Flood Risk Assessment Using the CV-TOPSIS Method for the Belt and Road Initiative: An Empirical Study Of Southeast Asia. *Ecosystem Health and Sustainability*, 6(1). <https://doi.org/10.1080/20964129.2020.1765703>
- Andrić, J. M., ve Lu, D. G. (2016). Risk Assessment of Bridges Under Multiple Hazards in Operation Period. *Safety Science*, 83, 80–92. <https://doi.org/10.1016/J.Ssci.2015.11.001>
- Ashtiani, L. H., Seifbarghy, M., ve Bashiri, M. (2013). Reliable Cooperative and Backup Covering in Disaster Situations. *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 591–594. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2013.6962480>

- Aydin, N. (2016). A Stochastic Mathematical Model to Locate Field Hospitals Under Disruption Uncertainty for Large-Scale Disaster Preparedness. *An International Journal of Optimization and Control: Theories ve Applications (IJOCTA)*, 6(2), 85. <https://doi.org/10.11121/ijocta.01.2016.00296>
- Aydin, Ö. (2009). Bulanık AHP ile Ankara İçin Hastane Yer Seçimi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(1982), 87–104.
- Aydın, H. ve Ayvaz, B., (2016). Afet Yönetiminde Lojistik Depo Yer Seçimi Problemi: Ümraniye İlçesinde Bir Uygulama.
- AYDIN, H., AYVAZ, B., ve KÜÇÜKAŞÇI, E. Ş. (2017). Afet Yönetiminde Lojistik Depo Seçimi Problemi: Maltepe İlçesi Örneği. *Journal of Yaşar University*, 12, 1-13.
- Badida, P., Balasubramaniam, Y., ve Jayaprakash, J. (2019). Risk Evaluation of Oil and Natural Gas Pipelines Due to Natural Hazards Using Fuzzy Fault Tree Analysis. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 66(January), 284–292. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2019.04.10>
- Balcik, B., ve Beamon, B. M. (2008). Facility Location in Humanitarian Relief. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 11(2), 101–121. <https://doi.org/10.1080/13675560701561789>
- Barzinpour, F., ve Esmaili, V. (2014). A Multi-Objective Relief Chain Location Distribution Model for Urban Disaster Management. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 70(5–8), 1291–1302. <https://doi.org/10.1007/S00170-013-5379-X>
- Barzinpour, Farnaz, Saffarian, M., Makoui, A., ve Teimoury, E. (2014). Metaheuristic Algorithm for Solving Biobjective Possibility Planning Model of Location-Allocation in Disaster Relief Logistics. *Journal of Applied Mathematics*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/239868>
- Basti, M. (2012). The P-Median Facility Location Problem and Solution Approaches. *AJIT-E*, 3(7), 47.
- Bayram, V., Tansel, B. T., ve Yaman, H. (2015). Compromising System and User Interests in Shelter Location and Evacuation Planning. *Transportation Research Part B: Methodological*, 72, 146–163. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2014.11.010>

- Bayram, V., ve Yaman, H. (2018a). Shelter Location and Evacuation Route Assignment Under Uncertainty: A Benders Decomposition Approach. *Transportation Science*, 52(2), 416–436. <https://doi.org/10.1287/trsc.2017.0762>
- Bayram, V., ve Yaman, H. (2018b). A Stochastic Programming Approach for Shelter Location and Evacuation Planning. *RAIRO - Operations Research*, 52(3), 779–805. <https://doi.org/10.1051/ro/2017046>
- Beraldi, P., ve Bruni, M. E. (2009). A Probabilistic Model Applied to Emergency Service Vehicle Location. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2008.02.027>
- Beraldi, P., Bruni, M. E., ve Conforti, D. (2004). Designing Robust Emergency Medical Service via Stochastic Programming. *European Journal of Operational Research*. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00351-5](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00351-5)
- Bid, S., ve Siddique, G. (2019). Human Risk Assessment of Panchet Dam in India Using TOPSIS and WASPAS Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Methods. *Heliyon*, 5(6), E01956. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.E01956>
- Boloori Arabani, A., ve Farahani, R. Z. (2012). Facility Location Dynamics: An Overview of Classifications and Applications. *Computers and Industrial Engineering*, 62(1), 408–420. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2011.09.018>
- Bonvicini, S., Leonelli, P., ve Spadoni, G. (1998). Risk Analysis of Hazardous Materials Transportation: Evaluating Uncertainty By Means of Fuzzy Logic. *Journal Of Hazardous Materials*, 62(1), 59–74. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(98\)00158-7](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(98)00158-7)
- Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M. S., Alinaghian, M., ve Heydari, M. (2012). A Modified Particle Swarm Optimization for Disaster Relief Logistics Under Uncertain Environment. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 60(1–4), 357–371. <https://doi.org/10.1007/S00170-011-3596-8>
- Bozorgi-Amiri, A., Jabalameli, M. S., ve Mirzapour Al-E-Hashem, S. M. J. (2013). A Multi-Objective Robust Stochastic Programming Model for Disaster Relief Logistics Under Uncertainty. *OR Spectrum*, 35(4), 905–933. <https://doi.org/10.1007/S00291-011-0268-X>

- Budak, A., Kaya, İ., Karaşan, A., ve Erdoğan, M. (2020). Real-Time Location Systems Selection by Using a Fuzzy MCDM Approach: An Application in Humanitarian Relief Logistics. *Applied Soft Computing Journal*, 92. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2020.106322>
- Caunhye, A. M., Li, M., ve Nie, X. (2015). A Location-Allocation Model for Casualty Response Planning During Catastrophic Radiological Incidents. *Socio-Economic Planning Sciences*, 50, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2015.02.001>
- Celik, E. (2017). A Cause And Effect Relationship Model for Location of Temporary Shelters in Disaster Operations Management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 22(February), 257–268. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.02.020>
- Chang, M. S., Tseng, Y. L., ve Chen, J. W. (2007). A Scenario Planning Approach for the Flood Emergency Logistics Preparation Problem Under Uncertainty. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 43(6), 737–754. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.10.013>
- Chanta, S., Mayorga, M. E., Kurz, M. E., ve Mclay, L. A. (2009). A Minimum-Envy Covering Location Model for EMS Systems. *Proceedings of the 2009 Industrial Engineering Research Conference A, January*.
- Chanta, S., Mayorga, M. E., ve Mclay, L. A. (2014). Improving Emergency Service in Rural Areas: A Bi-Objective Covering Location Model for EMS Systems. *Annals of Operations Research*, 221(1), 133–159. <https://doi.org/10.1007/s10479-011-0972-6>
- Chanta, S., ve Sangsawang, O. (2012). Shelter-Site Selection During Flood Disaster. *Lecture Notes in Management Science*, 4, 282–288. <http://www.tadbir.ca/lnms/archive/v4/lnmsv4p282.pdf>
- Chapman, A. G., ve Mitchell, J. E. (2018). A Fair Division Approach to Humanitarian Logistics Inspired by Conditional Value-At-Risk. *Annals of Operations Research*, 262(1), 133–151. <https://doi.org/10.1007/s10479-016-2322-1>
- Charles, A., ve Lauras, M. (2011). An Enterprise Modelling Approach for Better Optimisation Modelling: Application to the Humanitarian Relief Chain Coordination Problem. *OR Spectrum*, 33(3), 815–841. <https://doi.org/10.1007/s00291-011-0255-2>

- Chatterjee, K., Zavadskas, E. K., Tamošaitiene, J., Adhikary, K., ve Kar, S. (2018). A Hybrid MCDM Technique for Risk Management in Construction Projects. *Symmetry*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/Sym10020046>
- Chen, A. Y., ve Yu, T. Y. (2016). Network Based Temporary Facility Location for the Emergency Medical Services Considering the Disaster Induced Demand and the Transportation Infrastructure in Disaster Response. *Transportation Research Part B: Methodological*, 91, 408–423. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2016.06.004>
- Chen, C. T. (2000). Extensions of The TOPSIS for Group Decision-Making Under Fuzzy Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1–9. [https://doi.org/10.1016/S0165-0114\(97\)00377-1](https://doi.org/10.1016/S0165-0114(97)00377-1)
- Chen, N., Chen, L., Ma, Y., ve Chen, A. (2019). Regional Disaster Risk Assessment of China Based on Self-Organizing Map: Clustering, Visualization and Ranking. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 33(September 2018), 196–206. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.10.005>
- Chen, V. Y. C., Lien, H. P., Liu, C. H., Liou, J. J. H., Tzeng, G. H., ve Yang, L. S. (2011). Fuzzy MCDM Approach for Selecting the Best Environment-Watershed Plan. *Applied Soft Computing Journal*, 11(1), 265–275. <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2009.11.017>
- Chen, Z., Chen, X., Li, Q., ve Chen, J. (2013). The Temporal Hierarchy of Shelters: A Hierarchical Location Model for Earthquake-Shelter Planning. *International Journal of Geographical Information Science*, 27(8), 1612–1630. <https://doi.org/10.1080/13658816.2013.763944>
- Chi, T. H., Yang, H., ve Hsiao, H. M. (2011). A New Hierarchical Facility Location Model and Genetic Algorithm for Humanitarian Relief. *Proceedings - 5th International Conference on New Trends in Information Science and Service Science, NISS 2011*, 2(32), 367–374.
- Chou, J. S., Tsai, C. F., Chen, Z. Y., ve Sun, M. H. (2014). Biological-Based Genetic Algorithms for Optimized Disaster Response Resource Allocation. *Computers and Industrial Engineering*, 74(1), 52–67. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.05.001>

- Coskun, N., ve Erol, R. (2010). An Optimization Model For Locating and Sizing Emergency Medical Service Stations. *Journal of Medical Systems*, 34(1), 43–49. <https://doi.org/10.1007/S10916-008-9214-0>
- Coutinho-Rodrigues, J., Tralhão, L., ve Alçada-Almeida, L. (2012). Solving a Location-Routing Problem With a Multiobjective Approach: The Design of Urban Evacuation Plans. *Journal of Transport Geography*, 22, 206–218. <https://doi.org/10.1016/J.jtrangeo.2012.01.006>
- Current, J., Daskin, M., ve Schilling, D. (2001). Facility Location: Applications and Theory. *Discrete Network Location Models*, 83-120.
- Çekerol, G.S., (2013). Lojistik Yönetimi. Anadolu Üniversitesi Yayınları. Eskişehir. s. 4-47.
- Çınar, N. T. (2010). Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık Topsis Yöntemi ve Bankacılık Sektöründe Bir Uygulama. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2010(1), 37-45.
- Çobanoğlu, I., ve Alkaya, D. (2011). Seismic Risk Analysis of Denizli (Southwest Turkey) Region Using Different Statistical Models. *International Journal of Physical Sciences*, 6(11), 2662-2670. CSCMP Supply Chain Management Definitions and Glossary. [https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM\\_Definitions\\_and\\_Glossary\\_of\\_Terms.aspx](https://cscmp.org/CSCMP/Educate/SCM_Definitions_and_Glossary_of_Terms.aspx). E.T.05.01.2022.
- Dalal, J., ve Üster, H. (2018). Combining Worst Case and Average Case Considerations in an Integrated Emergency Response Network Design Problem. *Transportation Science*, 52(1), 171-188.
- Das, R. (2018). Disaster Preparedness for Better Response: Logistics Perspectives. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/J.ijdr.2018.05.005>
- DAS, R., ve HANAOKA, S. (2013). Robust Network Design With Supply and Demand Uncertainties in Humanitarian Logistics. *Journal of The Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 10(2007), 954–969. <https://doi.org/10.11175/Easts.10.954>

- Dawei, L., Yanjie, L., ve Li, W. (2009). Model and Algorithms for Emergency Service Facility Location Problem. *Proceedings - 2009 IITA International Conference on Services Science, Management and Engineering, SSME 2009*, 15–18. <https://doi.org/10.1109/SSME.2009.80>
- Demir, M.H. (2013). “Tedarik Zinciri ve Lojistikte Temel Kavramlar”, Çağdaş Lojistik Uygulamaları, (Ed: Bahar Yetiş Kara, Atıl Taşer), Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayını, ss. 2-31
- De Ru, W. G., ve Eloff, J. H. P. (1996). Risk Analysis Modelling with the Use of Fuzzy Logic. *Computers and Security*, 15(3), 239–248. [https://doi.org/10.1016/0167-4048\(96\)00008-9](https://doi.org/10.1016/0167-4048(96)00008-9)
- Dessouky, M., Ordóñez, F., Jia, H., ve Shen, Z. (2013). Rapid Distribution of Medical Supplies. In Patient Flow (Pp. 385-410). Springer, Boston, Ma.
- Doerner, K. F., Gutjahr, W. J., ve Nolz, P. C. (2009). Multi-Criteria Location Planning for Public Facilities in Tsunami-Prone Coastal Areas. *OR Spectrum*, 31(3), 651–678. <https://doi.org/10.1007/S00291-008-0126-7>
- Doğruyol, M. (2021). Siirt İli Deprem Tehlike Analizi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 7(1), 149-158.
- Doungpan, S., Moryadee, S., U-Tapao, C., ve Laokhongthavorn, Z. (2018). Analysis Of Three Emergency Medical Location Models: A Case Study of Thailand\*. *2018 International Conference on System Science and Engineering, ICSSE 2018*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICSSE.2018.8520208>
- Döyen, A., Aras, N., ve Barbarosoğlu, G. (2012). A Two-Echelon Stochastic Facility Location Model for Humanitarian Relief Logistics. *Optimization Letters*, 6(6), 1123–1145. <https://doi.org/10.1007/S11590-011-0421-0>
- Drezner, T., Drezner, Z., ve Salhi, S. (2006). A Multi-Objective Heuristic Approach for the Casualty Collection Points Location Problem. *Journal of The Operational Research Society*, 57(6), 727–734. <https://doi.org/10.1057/Palgrave.Jors.2602047>
- Duran, S., Gutierrez, M. A., ve Keskinocak, P. (2011). Pre-Positioning of Emergency Items for Care International. *Interfaces*, 41(3), 223-237.
- Durak, İ., ve Yıldız, M. S. (2015). P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi: Bir Uygulama. *Journal of Alanya Faculty of Business/Alanya İletme Fakültesi Dergisi*, 7(2).



- Durmuş Atilla, “Afete Maruz Kalan Bölgelerde Uygulamada Ortaya Çıkan Sorunlar ve Çözüm Önerileri”, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı ile Belediyeler. Ankara, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Yayını, Yıl: 10, S. 32, Aralık-1996
- Ecerkale, K. (2012). A Heuristic Approach to Red Crescent Aid Depots Location Problem. *2012 International Conference on Fuzzy Theory and Its Applications, IFUZZY 2012*, 68–71. <https://doi.org/10.1109/Ifuzzy.2012.6409677>
- Edjossan-Sossou, A. M., Galvez, D., Deck, O., Al Heib, M., Verdel, T., Dupont, L., Chery, O., Camargo, M., ve Morel, L. (2020). Sustainable Risk Management Strategy Selection Using A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 45(July 2019), 101474. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101474>
- Eker, Ö. (2006). Lojistik Yönetimi ve Tedarik Lojistiği Sürecinde Performansın Artırılması. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Ekmekcioğlu, Ö., Koc, K., ve Özger, M. (2020). District Based Flood Risk Assessment in Istanbul Using Fuzzy Analytical Hierarchy Process. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 8. <https://doi.org/10.1007/S00477-020-01924-8>
- Elçi, Ö., ve Noyan, N. (2018). A Chance-Constrained Two-Stage Stochastic Programming Model for Humanitarian Relief Network Design. *Transportation Research Part B: Methodological*, 108, 55–83. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2017.12.002>
- Elçi, Ö., Noyan, N., ve Bülbül, K. (2018). Chance-Constrained Stochastic Programming Under Variable Reliability Levels With an Application to Humanitarian Relief Network Design. *Computers and Operations Research*, 96, 91–107. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.03.011>
- Erbeyoğlu, G., ve Bilge, Ü. (2020). A Robust Disaster Preparedness Model for Effective and Fair Disaster Response. *European Journal of Operational Research*, 280(2), 479–494. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2019.07.029>
- Ergin, C. (2016). Afet Lojistiğinde Depo Yeri Seçim Probleminin Optimizasyon ve Kümeleme Teknikleri ile Çözülmesi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Sakarya.

- Ergünay, O. (1996), Afet yönetimi nedir? Nasıl olmalıdır? Erzincan ve Dinar deneyimlerinin Işığında Türkiye'nin Deprem Sorunlarına Çözüm Arayışları, TÜBİTAK Earthquake Symposium Proceedings Book, Ankara.
- Erlenkotter, D.A., "Comparative Study of Approaches to Dynamic Location Problems", *European Journal of Operational Research*, 6, 1981, 133-143.
- Erol, I., Sencer, S., Özmen, A., ve Searcy, C. (2014). Fuzzy MCDM Framework for Locating a Nuclear Power Plant in Turkey. *Energy Policy*, 67(2014), 186–197. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2013.11.056>
- Ersöz, Ş. (2013). 2013 Afet Raporu "Dünya ve Türkiye ." 2–22.
- Ersöz, F., ve Kabak, M. (2010). Savunma Sanayi Uygulamalarında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Literatür Araştırması. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 9(1), 97-125–125. <https://doi.org/10.17134/sbd.85950>
- Esmaili, V., ve Barzinpour, F. (2014). Integrated Decision Making Model for Urban Disaster Management: A Multi-Objective Genetic Algorithm Approach. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 5(1), 55–70. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2013.08.004>
- Ertem, M. A., Buyurgan, N., ve Rossetti, M. D. (2010). Multiple- Buyer Procurement Auctions Framework for Humanitarian Supply Chain Management. *International Journal of Physical Distribution ve Logistics Management*.
- Fanghua, H., ve Guanchun, C. (2010). A Fuzzy Multi-Criteria Group Decision-Making Model Based on Weighted Borda Scoring Method for Watershed Ecological Risk Management: A Case Study of Three Gorges Reservoir Area of China. *Water Resources Management*, 24(10), 2139–2165. <https://doi.org/10.1007/S11269-009-9544-9>
- Feng, C., ve Wen, C. (2005). A Bi-Level Programming Model for Allocating Private and Emergency Vehicle Flows in Seismic Disaster Areas. In *Proceedings Of The Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol 5* (Vol. 5, Pp. 1408-1423).
- Fetter, G., ve Rakes, T. (2012). Incorporating Recycling Into Post-Disaster Debris Disposal. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.10.001>

- Galindo, G., ve Batta, R. (2013). Prepositioning Of Supplies in Preparation for a Hurricane Under Potential Destruction of Prepositioned Supplies. *Socio-Economic Planning Sciences*, 47(1), 20–37. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.11.002>
- Genç, F. N. (2007). Türkiyede Kentleşme ve Doğal Afet Riskleri ile İlişkisi. TMMOB Afet Sempozyumu, 349-358.
- Genç, T., ve Urfalıoğlu, F. (2013). Çokkriterli Karar Verme Teknikleri ile Türkiye'nin Ekonomik Performansının Avrupa Birliği Üye Ülkeleri ile Karşılaştırılması. *M.U. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(2), 329–329. <https://doi.org/10.14780/İibdergi.201324469>
- Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., ve Baskı, B. (1994). Afetler. T.C. Sağlık Bakanlığı, Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, 33.
- Gülenç, İ. F., ve Karagöz, B. (2008). E-Lojistik ve Türkiye’de E-lojistik Uygulamaları. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (15), 73-91.
- Gök, E., Erdem, M., ve Özer, Ç.. Kocaeli ve Çevresi İçin Coulomb Gerilme Analizi. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(1), 1-11.
- Görçün, Ö. F. (2010). Örnek Olay ve Uygulamalarla Tedarik Zinciri Yönetimi. İstanbul: Beta Basım Yayım.
- Görmez, N., Köksalan, M., ve Salman, F. S. (2011). Locating Disaster Response Facilities in Istanbul. *Journal of The Operational Research Society*, 62(7), 1239–1252. <https://doi.org/10.1057/jors.2010.67>
- Gözaydın, O., ve Can, T. (2013). Deprem Yardım İstasyonları için Lojistik Merkezi Seçimi: Türkiye Örneği. *Journal of Aeronautics ve Space Technologies/Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi*, 6(2).
- Gul, M., Ak, M. F., ve Guneri, A. F. (2019). Pythagorean Fuzzy VIKOR-Based Approach for Safety Risk Assessment in Mine Industry. *Journal of Safety Research*, 69, 135–153. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.03.005>
- Gunnec, D., ve Salman, F. (2007, April). A Two-Stage Multi-Criteria Stochastic Programming Model for Location of Emergency Response and Distribution Centers. In International Network Optimization Conference.

- Güven, İ. T., ve Gerçek, D. (2017). Değirmendere'nin Cbs Tabanlı Deprem Risk ve Erişebilirlik Analizi. *Resilience*, 1(1), 31-45.
- Güzel, D., ve Erdal, H. (2015). A Comparative Assesment of Facility Location Problem via Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR: A Case Study on Security Services. *International Journal of Business and Social Research*, 5(5), 49–61. <https://doi.org/10.18533/ijbsr.V5i5.770>
- Haldar, A., Ray, A., Banerjee, D., ve Ghosh, S. (2012). A Hybrid MCDM Model for Resilient Supplier Selection. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 7(4), 284–292. <https://doi.org/10.1080/17509653.2012.10671234>
- Haldar, A., Ray, A., Banerjee, D., ve Ghosh, S. (2014). Resilient Supplier Selection Under a Fuzzy Environment. In *International Journal of Management Science and Engineering Management* (Vol. 9, Issue 2, Pp. 147–156). Taylor ve Francis. <https://doi.org/10.1080/17509653.2013.869040>
- Hale, T., ve Moberg, C. R. (2005). Improving Supply Chain Disaster Preparedness: A Decision Process for Secure Site Location. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, 35(3), 195–207. <https://doi.org/10.1108/09600030510594576>
- Han, C. F., ve Zhang, C. (2009). Genetic Algorithm for Solving Problems in Emergency Management. *5th International Conference on Natural Computation, ICNC 2009*, 4, 259–264. <https://doi.org/10.1109/ICNC.2009.333>
- Han, Y., Guan, X., ve Shi, L. (2011). Optimization Based Method for Supply Location Selection and Routing in Large-Scale Emergency Material Delivery. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 8(4), 683–693. <https://doi.org/10.1109/TASE.2011.2159838>
- Harirchian, E., Jadhav, K., Mohammad, K., Hosseini, S. E. A., ve Lahmer, T. (2020). A Comparative Study of MCDM Methods Integrated with Rapid Visual Seismic Vulnerability Assessment of Existing RC Structures. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(18). <https://doi.org/10.3390/APP10186411>

- Harirchian, E., ve Lahmer, T. (2020). Developing A Hierarchical Type-2 Fuzzy Logic Model to Improve Rapid Evaluation of Earthquake Hazard Safety of Existing Buildings. *Structures*, 28(July), 1384–1399. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.09.048>
- Hasani, A., ve Mokhtari, H. (2019). An Integrated Relief Network Design Model Under Uncertainty: A Case of Iran. *Safety Science*, 111(July 2018), 22–36. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.09.004>
- Şahin, Y., ve Hazırcı, M. (2019). Geçici İskân Alanlarının Seçimi için AHP Temelli P-Medyan Modeli: Burdur Örneği. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 7(2), 403-417.
- Hong, J. D., Jeong, K. Y., ve Xie, Y. (2015). A Multi-Objective Approach To Planning in Emergency Logistics Network Design. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications And Practice*, 22(4), 412–425.
- Hong, J. D., Xie, Y., ve Jeong, K. Y. (2013). Development and Evaluation Of An Integrated Emergency Response Facility Location Model. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(1), 4–21. <https://doi.org/10.3926/jiem.415>
- Hong, X., Lejeune, M. A., ve Noyan, N. (2015). Stochastic Network Design for Disaster Preparedness. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 47(4), 329–357. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2014.919044>
- Horner, M. W., ve Downs, J. A. (2010). Optimizing Hurricane Disaster Relief Goods Distribution: Model Development and Application with Respect to Planning Strategies. *Disasters*, 34(3), 821–844. <https://doi.org/10.1111/j.1467-7717.2010.01171.x>
- Horner, M. W., ve Widener, M. J. (2011). The Effects of Transportation Network Failure on People’s Accessibility to Hurricane Disaster Relief Goods: A Modeling Approach and Application to a Florida Case Study. *Natural Hazards*, 59(3), 1619–1634. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9855-z>
- Hsieh, T. Y., Lu, S. T., ve Tzeng, G. H. (2004). Fuzzy MCDM Approach For Planning and Design Tenders Selection in Public Office Buildings. *International Journal of Project Management*, 22(7), 573–584. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2004.01.002>

- Hu, F., Yang, S., ve Xu, W. (2014). A Non-Dominated Sorting Genetic Algorithm for The Location and Districting Planning of Earthquake Shelters. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(7), 1482–1501. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.894638>
- Huang, K., Jiang, Y., Yuan, Y., ve 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. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.11.007>
- Huang, R., Kim, S., ve Menezes, M. B. C. (2010). Facility Location for Large-Scale Emergencies. *Annals of Operations Research*, 181(1), 271–286. <https://doi.org/10.1007/s10479-010-0736-8>
- Irohara, T., Kuo, Y. H., ve Leung, J. M. (2013, September). From Preparedness to Recovery: A Tri-Level Programming Model for Disaster Relief Planning. In *International Conference on Computational Logistics* (Pp. 213-228). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jabbarzadeh, A., Fahimnia, B., ve Seuring, S. (2014). Dynamic Supply Chain Network Design for The Supply of Blood in Disasters: A Robust Model with Real World Application. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 70(1), 225–244. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2014.06.003>
- Jalali, R., Safari, H., Momeni, M., ve Moghadam, M. S. (2018). Relocation Of Facility Location Based on the Inactive Defense Approach in Humanitarian Aid Logistics. *Management Science Letters*, 8(5), 259–270. <https://doi.org/10.5267/j.msl.2018.4.022>
- Jena, R., ve Pradhan, B. (2020). Integrated ANN-Cross-Validation and AHP-TOPSIS Model to Improve Earthquake Risk Assessment. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50(June), 101723. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101723>
- Jena, R., Pradhan, B., Beydoun, G., Nizamuddin, Ardiansyah, Sofyan, H., ve Affan, M. (2020). Integrated Model for Earthquake Risk Assessment Using Neural Network and Analytic Hierarchy Process: Aceh Province, Indonesia. *Geoscience Frontiers*, 11(2), 613–634. <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2019.07.006>

- Jeong, K. Y., Hong, J. D., ve Xie, Y. (2014). Design of Emergency Logistics Networks, Taking Efficiency, Risk And Robustness into Consideration. *International Journal Of Logistics Research And Applications*, 17(1), 1–22. <https://doi.org/10.1080/13675567.2013.833598>
- Jesiya, N. P., ve Gopinath, G. (2020). A Fuzzy Based MCDM–GIS Framework To Evaluate Groundwater Potential Index for Sustainable Groundwater Management - A Case Study in an Urban-Periurban Ensemble, Southern India. *Groundwater for Sustainable Development*, 11(July), 100466. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2020.100466>
- Jia, H., Ordóñez, F., ve Dessouky, M. (2007a). A Modeling Framework for Facility Location of Medical Services for Large-Scale Emergencies. *IIE Transactions (Institute of Industrial Engineers)*, 39(1), 41–55. <https://doi.org/10.1080/07408170500539113>
- Jia, H., Ordóñez, F., ve Dessouky, M. M. (2007b). Solution Approaches for Facility Location of Medical Supplies for Large-Scale Emergencies. *Computers and Industrial Engineering*, 52(2), 257–276. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2006.12.007>
- JICA, Ve İBB. 2002. “Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dâhil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması.” Vol. 5.
- John, A., Paraskevadakis, D., Bury, A., Yang, Z., Riahi, R., ve Wang, J. (2014). An Integrated Fuzzy Risk Assessment for Seaport Operations. *Safety Science*, 68, 180–194. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2014.04.001>
- Jozi, S. A., Shoshtary, M. T., ve Zadeh, A. R. K. (2015). Environmental Risk Assessment of Dams in Construction Phase Using a Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Method. *Human and Ecological Risk Assessment*, 21(1), 1–16. <https://doi.org/10.1080/10807039.2013.821905>
- Jun, K. S., Chung, E. S., Kim, Y. G., ve Kim, Y. (2013). A Fuzzy Multi-Criteria Approach to Flood Risk Vulnerability in South Korea by Considering Climate Change Impacts. *Expert Systems with Applications*, 40(4), 1003–1013. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.08.013>

- Kacem, H. A., Fal, S., Karim, M., Alaoui, H. M., Rhinane, H., ve Maanan, M. (2019). Application of Fuzzy Analytical Hierarchy Process for Assessment of Desertification Sensitive Areas in North West of Morocco. *Geocarto International*, 0(0), 1–18. <https://doi.org/10.1080/10106049.2019.1611949>
- Kanani-Sadat, Y., Arabsheibani, R., Karimipour, F., ve Nasser, M. (2019). A New Approach to Flood Susceptibility Assessment in Data-Scarce and Ungauged Regions Based on GIS-Based Hybrid Multi Criteria Decision-Making Method. *Journal of Hydrology*, 572(February), 17–31. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2019.02.034>
- Karacan, S., ve Kaya, M., (2011). Lojistik Faaliyetlerde Maliyetleme, Umuttepe Yayınları. Kocaeli
- Karaçay, G. (2005). Tersine Lojistik: Kavram ve İşleyiş. Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14(1), 317-332.
- Karami, A., ve Guo, Z. (2012). A Fuzzy Logic Multi-Criteria Decision Framework for Selecting IT Service Providers. *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 1118–1127. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2012.59>
- Karasan, A., Ilbahar, E., Cebi, S., ve Kahraman, C. (2018). A New Risk Assessment Approach: Safety and Critical Effect Analysis (SCEA) and Its Extension with Pythagorean Fuzzy Sets. *Safety Science*, 108(April), 173–187. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.04.031>
- Kedchaikulrat, L., ve Lohatepanont, M. (2015). Multi-Objective Location Selection Model for Thai Red Cross's Relief Warehouses. *Proceedings of The Eastern Asia Society for Transportation Studies*.
- Kelle, P., Schneider, H., ve Yi, H. (2014). Decision Alternatives Between Expected Cost Minimization and Worst Case Scenario in Emergency Supply - Second Revision. *International Journal of Production Economics*, 157(1), 250–260. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.06.009>



- Keramitsoglou, I., Kiranoudis, C. T., Maiheu, B., De Ridder, K., Daglis, I. A., Manunta, P., ve Paganini, M. (2013). Heat Wave Hazard Classification and Risk Assessment Using Artificial Intelligence Fuzzy Logic. *Environmental Monitoring and Assessment*, 185(10), 8239–8258. <https://doi.org/10.1007/S10661-013-3170-Y>
- Keshavarz Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E. K., Turskis, Z., ve Antucheviciene, J. (2017). A New Multi-Criteria Model Based on Interval Type-2 Fuzzy Sets and EDAS Method for Supplier Evaluation and Order Allocation with Environmental Considerations. *Computers and Industrial Engineering*, 112, 156–174. <https://doi.org/10.1016/J.Cie.2017.08.017>
- Ketsap, A., Hansapinyo, C., Kronprasert, N., ve Limkatanyu, S. (2019). Uncertainty And Fuzzy Decisions In Earthquake Risk Evaluation of Buildings. *Engineering Journal*, 23(5), 89–105. <https://doi.org/10.4186/Ej.2019.23.5.89>
- Khaleghi, S., Givehchi, S., ve Karimi, S. (2013). Fuzzy Risk Assessment and Categorization , Based on Event Tree Analysis ( ETA ) and Layer of Protection Analysis ( LOPA ): Case Study in Gas Transport System. *World Applied Programming*, 3(9), 417–426.
- Khalili, S. M., Babagolzadeh, M., Yazdani, M., Saberi, M., ve Chang, E. (2016). A Bi-Objective Model for Relief Supply Location in Post-Disaster Management. *Proceedings - 2016 International Conference on Intelligent Networking and Collaborative Systems, IEEE Incos 2016*. <https://doi.org/10.1109/Incos.2016.59>
- Kharat, M. G., Kamble, S. J., Raut, R. D., Kamble, S. S., ve Dhume, S. M. (2016). Modeling Landfill Site Selection Using an Integrated Fuzzy MCDM Approach. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S40808-016-0106-X>
- Khayal, D., Pradhananga, R., Pokharel, S., ve Mutlu, F. (2015). A Model for Planning Locations of Temporary Distribution Facilities for Emergency Response. *Socio-Economic Planning Sciences*, 52, 22–30. <https://doi.org/10.1016/J.Seps.2015.09.002>

- Kilci, F., Kara, B. Y., ve Bozkaya, B. (2015). Locating Temporary Shelter Areas After an Earthquake: A Case for Turkey. *European Journal of Operational Research*, 243(1), 323–332. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.11.035>
- Kim, T. H., Kim, B., ve Han, K. Y. (2019). Application of Fuzzy TOPSIS to Flood Hazard Mapping for Levee Failure. *Water (Switzerland)*, 11(3), 1–20. <https://doi.org/10.3390/w11030592>
- Kim, Y., ve Chung, E. S. (2013a). Assessing Climate Change Vulnerability with Group Multi-Criteria Decision Making Approaches. *Climatic Change*, 121(2), 301–315. <https://doi.org/10.1007/s10584-013-0879-0>
- Kim, Y., ve Chung, E. S. (2013b). Fuzzy VIKOR Approach for Assessing The Vulnerability of The Water Supply to Climate Change and Variability in South Korea. *Applied Mathematical Modelling*, 37(22), 9419–9430. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2013.04.040>
- Kınay, Ö. B., Saldanha-Da-Gama, F., ve Kara, B. Y. (2019). On Multi-Criteria Chance-Constrained Capacitated Single-Source Discrete Facility Location Problems. *Omega (United Kingdom)*, 83, 107–122. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2018.02.007>
- Kınay, Ö. B., Yetis Kara, B., Saldanha-Da-Gama, F., ve Correia, I. (2018). Modeling the Shelter Site Location Problem Using Chance Constraints: A Case Study for Istanbul. *European Journal of Operational Research*, 270(1), 132–145. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.03.006>
- Klibi, W., Ichoua, S., ve Martel, A. (2013). Prepositioning Emergency Supplies to Support Disaster Relief: A Stochastic Programming Approach. In *Cirrelt*.
- Klose, A., ve Drexler, A. (2005). Facility Location Models for Distribution System Design. *European Journal of Operational Research*, 162(1), 4–29. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2003.10.031>
- Koç, E. (2019). Uluslararası Tedarikçi Seçim Probleminde Bulanık DEMATEL Yönteminin Kullanımı. *Journal of Social Sciences Institute/Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(17).
- Kongsomsaksakul, S., Yang, C., ve Chen, A. (2005). Shelter Location-Allocation Model for Flood Evacuation Planning. *Journal of The Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 6(1981), 4237–4252.

- Kou, G., Ergu, D., ve Shi, Y. (2014). An Integrated Expert System for Fast Disaster Assessment. *Computers and Operations Research*, 42, 95–107. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.10.003>
- Kumar Brahma, A. (2018). A Look on Some Applications of Fuzzy VIKOR and Fuzzy AHP Methods on Flood Risk. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(18), 13689–13696.
- Kundak, S., ve Türkoğlu, H. (2007). İstanbul'da Deprem Riski Analizi. *İTÜDERGİSİ/A*, 6(2).
- Kuo, Y. C., ve Lu, S. T. (2013). Using Fuzzy Multiple Criteria Decision Making Approach to Enhance Risk Assessment for Metropolitan Construction Projects. *International Journal of Project Management*, 31(4), 602–614. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2012.10.003>
- Kuşçuoğlu, M., ve Çağlar, B. (2013). İnsani Yardım ve Lojistik Yönetimi. *Anadolu Bil Meslek Yüksekokulu Dergisi*, (29), 45-52.
- Kurt, C. (2010). Türkiye’de Ulaştırma Sektörü İçerisinde Lojistiğin Yeri ve Önemi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Lee, G., Jun, K. S., ve Chung, E. S. (2015). Group Decision-Making Approach for Flood Vulnerability Identification Using the Fuzzy VIKOR Method. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 15(4), 863–874. <https://doi.org/10.5194/nhess-15-863-2015>
- Li, A. C. Y., Nozick, L., Xu, N., ve Davidson, R. (2012). Shelter Location and Transportation Planning Under Hurricane Conditions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 48(4), 715–729. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2011.12.004>
- Li, L., Jin, M., ve Zhang, L. (2011). Sheltering Network Planning and Management With a Case in the Gulf Coast Region. *International Journal of Production Economics*, 131(2), 431–440. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2010.12.013>
- Liang, S., ve Tu, Q. (2009). Location Selection for Time Limited Aeronautical Emergency Material Depot. *2009 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, GSIS 2009*, 1652–1657. <https://doi.org/10.1109/GSIS.2009.5408180>

- Liang, W., Zhao, G., Wang, X., Zhao, J., ve Ma, C. (2019). Assessing the Rockburst Risk for Deep Shafts via Distance-Based Multi-Criteria Decision Making Approaches with Hesitant Fuzzy Information. *Engineering Geology*, 260(June), 105211. <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2019.105211>
- Lin, Y. H., Batta, R., Rogerson, P. A., Blatt, A., ve Flanigan, M. (2012). Location of Temporary Depots to Facilitate Relief Operations After an Earthquake. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(2), 112–123. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2012.01.001>
- Liu, Y., ve Guo, B. (2014). A Lexicographic Approach to Postdisaster Relief Logistics Planning Considering Fill Rates and Costs Under Uncertainty. *Mathematical Problems In Engineering*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/939853>
- Loree, N., ve Aros-Vera, F. (2018a). Points of Distribution Location and Inventory Management Model for Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 116(April), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.05.003>
- Loree, N., ve Aros-Vera, F. (2018b). Points of Distribution Location and Inventory Management Model for Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 116(December 2017), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.05.003>
- Loree, N., ve Aros-Vera, F. (2018c). Points of Distribution Location and Inventory Management Model for Post-Disaster Humanitarian Logistics. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 116(June), 1–24. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2018.05.003>
- Lu, C. C. (2013). Robust Weighted Vertex P-Center Model Considering Uncertain Data: An Application to Emergency Management. *European Journal of Operational Research*, 230(1), 113–121. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2013.03.028>
- Lu, X., ve Hou, Y. (2009). A Grey Degree Model for Facility Location in Large-Scale Emergencies. *2009 IEEE International Conference on Grey Systems and Intelligent Services, GSIS 2009*, 1152–1157. <https://doi.org/10.1109/GSIS.2009.5408085>

- Lu, X. L., ve Hou, Y. X. (2009). Ant Colony Optimization for Facility Location for Large-Scale Emergencies. *Proceedings - International Conference on Management and Service Science, MASS 2009, 2006*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2009.5302451>
- Lyu, H. M., Shen, S. L., Zhou, A., ve Yang, J. (2019). Perspectives for Flood Risk Assessment and Management for Mega-City Metro System. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 84(September 2018), 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.tust.2018.10.019>
- Maliszewski, P. J., ve Horner, M. W. (2010). A Spatial Modeling Framework for Siting Critical Supply Infrastructures. *Professional Geographer*, 62(3), 426–441. <https://doi.org/10.1080/00330121003788408>
- Manopiniwes, W., ve Irohara, T. (2017). Stochastic Optimisation Model for Integrated Decisions on Relief Supply Chains: Preparedness for Disaster Response. *International Journal of Production Research*, 55(4), 979–996. <https://doi.org/10.1080/00207543.2016.1211340>
- Manopiniwes, W., Nagasawa, K., ve Irohara, T. (2014). Humanitarian Relief Logistics with Time Restriction: Thai Flooding Case Study. *Industrial Engineering and Management Systems*, 13(4), 398–407. <https://doi.org/10.7232/iems.2014.13.4.398>
- Marcelin, J. M., Horner, M. W., Ozguven, E. E., ve Kocatepe, A. (2016). How Does Accessibility to Post-Disaster Relief Compare Between the Aging and the General Population? A Spatial Network Optimization Analysis of Hurricane Relief Facility Locations. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 15, 61–72. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.12.006>
- Mete, H. O., ve Zabinsky, Z. B. (2010). Stochastic Optimization of Medical Supply Location and Distribution in Disaster Management. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 76–84. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.10.004>
- Mete, H. O., ve Zabinsky, Z. B. (2007). Preparing for Disasters: Medical Supply Location and Distribution. In *Proceedings of the INFORMS Conference, Seattle, WA (Pp. 1-14)*, 00(0), 1–14. <https://doi.org/10.1287/Xxxx.0000.0000>

- Mignan, A., Danciu, L., ve Giardini, D. (2018). Considering Large Earthquake Clustering in Seismic Risk Analysis. *Natural Hazards*, 91(1), 149-172.
- Mirzapour, S. A., Wong, K. Y., ve Govindan, K. (2013). A Capacitated Location-Allocation Model for Flood Disaster Service Operations with Border Crossing Passages and Probabilistic Demand Locations. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/507953>
- Moeini, A., Kamwa, I., ve De Montigny, M. (2015). Optimal Multi-Objective Allocation and Scheduling of Multiple Battery Energy Storages for Reducing Daily Marginal Losses. *2015 IEEE Power and Energy Society Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2015, 2015-Janua*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ISGT.2015.7131909>
- Moeinzadeh, P., ve Hajfathaliha, A. (2009). A Combined Fuzzy Decision Making Approach to Supply Chain Risk Assessment. *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 36(October), 519–535.
- Moghimi, R., ve Anvari, A. (2014). An Integrated Fuzzy MCDM Approach and Analysis to Evaluate the Financial Performance of Iranian Cement Companies. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 71(1–4), 685–698. <https://doi.org/10.1007/S00170-013-5370-6>
- Mohammadi, R., Ghomi, S. M. T. F., ve Jolai, F. (2016a). Prepositioning Emergency Earthquake Response Supplies: A New Multi-Objective Particle Swarm Optimization Algorithm. *Applied Mathematical Modelling*. <https://doi.org/10.1016/J.Apm.2015.10.022>
- Mohammadi, R., Ghomi, S. M. T. F., ve Jolai, F. (2016b). Prepositioning Emergency Earthquake Response Supplies: A New Multi-Objective Particle Swarm Optimization Algorithm. *Applied Mathematical Modelling*, 40(9–10), 5183–5199. <https://doi.org/10.1016/J.Apm.2015.10.022>
- Mohammed, A., Harris, I., Soroka, A., ve Nujoom, R. (2019). A Hybrid MCDM-Fuzzy Multi-Objective Programming Approach for A G-Resilient Supply Chain Network Design. *Computers and Industrial Engineering*, 127(July 2017), 297–312. <https://doi.org/10.1016/J.Cie.2018.09.052>

- Murali, P., Ordóñez, F., ve Dessouky, M. M. (2012). Facility Location Under Demand Uncertainty: Response to a Large-Scale Bio-Terror Attack. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.09.001>
- Naji-Azimi, Z., Renaud, J., Ruiz, A., ve Salari, M. (2012). A Covering Tour Approach to The Location of Satellite Distribution Centers to Supply Humanitarian Aid. *European Journal of Operational Research*, 222(3), 596–605. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.05.001>
- Noham, R., ve Tzur, M. (2018). Designing Humanitarian Supply Chains by Incorporating Actual Post-Disaster Decisions. *European Journal of Operational Research*, 265(3), 1064–1077. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.08.042>
- Nolz, P. C., Doerner, K. F., Gutjahr, W. J., ve Hartl, R. F. (2010). A Bi-Objective Metaheuristic for Disaster Relief Operation Planning. In *Advances in Multi-Objective Nature Inspired Computing* (Pp. 167-187). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Noyan, N. (2012). Risk-Averse Two-Stage Stochastic Programming with an Application to Disaster Management. *Computers and Operations Research*, 39(3), 541–559. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.03.017>
- Nyimbili, P. H., ve Erden, T. (2020). GIS-Based Fuzzy Multi-Criteria Approach for Optimal Site Selection of Fire Stations in Istanbul, Turkey. *Socio-Economic Planning Sciences*, 71(July 2019), 100860. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100860>
- Oğuz, M., Bektaş, T., ve Bennell, J. A. (2018). Multicommodity Flows and Benders Decomposition for Restricted Continuous Location Problems. *European Journal of Operational Research*, 266(3), 851–863. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.11.033>
- Oksuz, M. K., ve Satoglu, S. I. (2019). A Two-Stage Stochastic Model for Location Planning of Temporary Medical Centers for Disaster Response. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 101426. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2019.101426>
- Önsüz, M. F., ve Atalay, B. I. (2016). AflojiStiği / Disaster Logistics. *OSMANGAZI Journal of Medicine*, 37(3), 1–6. <https://doi.org/10.20515/Otd.45606>

- Opricovic, S., ve Tzeng, G.-H. (2002). Multi-Criteria Model for Post-Earthquake Land-Use Planning. *Environmental Management and Health*, 13(1), 9–20. <https://doi.org/10.1108/09566160210417796>
- Orhan, O. Z. (2003). Dünyada ve Türkiye’de Lojistik Sektörünün Gelişimi, İstanbul, İTO Yayınları, 2003.
- Orojloo, M., Hashemy Shahdany, S. M., ve Roozbahani, A. (2018). Developing An Integrated Risk Management Framework for Agricultural Water Conveyance and Distribution Systems Within Fuzzy Decision Making Approaches. *Science of The Total Environment*, 627, 1363–1376. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.324>
- Ortiz-Barrios, M., Gul, M., López-Meza, P., Yucesan, M., ve Navarro-Jiménez, E. (2020). Evaluation of Hospital Disaster Preparedness by a Multi-Criteria Decision Making Approach: The Case of Turkish Hospitals. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 49(March). <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101748>
- Oturakci, M. (2019). A New Fuzzy-Based Approach for Environmental Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment*, 25(7), 1718–1728. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1484660>
- Owen, S.H., Daskin, M.S. “Strategic Facility Location: A Review”, *European Journal of Operational Research*, 111, 1998, 423-447.
- Özçakar, N., ve Bastı, M. (2012). P-Medyan Kuruluş Yeri Seçim Probleminin Çözümünde Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması Yaklaşımı. *Istanbul University Journal of The School Of Business*, 41(2), 241–257.
- Panchal, D., Chatterjee, P., Shukla, R. K., Choudhury, T., ve Tamosaitiene, J. (2017). Integrated Fuzzy AHP-CODAS Framework for Maintenance Decision in Urea Fertilizer Industry. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies And Research*, 51(3), 179–196.
- Paul, J. A., ve Batta, R. (2008). Models for Hospital Location and Capacity Allocation for an Area Prone to Natural Disasters. *International Journal of Operational Research*, 3(5), 473–496. <https://doi.org/10.1504/IJOR.2008.019170>



- Paul, J. A., ve Hariharan, G. (2012). Location-Allocation Planning of Stockpiles for Effective Disaster Mitigation. *Annals of Operations Research*, 196(1), 469–490. <https://doi.org/10.1007/S10479-011-1052-7>
- Paul, J. A., ve Macdonald, L. (2016a). Location and Capacity Allocations Decisions to Mitigate the Impacts of Unexpected Disasters. *European Journal of Operational Research*, 251(1), 252–263. <https://doi.org/10.1016/J.Ejor.2015.10.028>
- Paul, J. A., ve Macdonald, L. (2016b). Location and Capacity Allocations Decisions to Mitigate the Impacts of Unexpected Disasters. *European Journal of Operational Research*. <https://doi.org/10.1016/J.Ejor.2015.10.028>
- Peng, Y. (2015). Regional Earthquake Vulnerability Assessment Using a Combination of MCDM Methods. *Annals of Operations Research*, 234(1), 95–110. <https://doi.org/10.1007/S10479-012-1253-8>
- Pramanik, D., Halder, A., Mondal, S. C., Naskar, S. K., ve Ray, A. (2017). Resilient Supplier Selection Using AHP-TOPSIS-QFD Under a Fuzzy Environment. *International Journal of Management Science And Engineering Management*, 12(1), 45–54. <https://doi.org/10.1080/17509653.2015.1101719>
- Rancourt, M. È., Cordeau, J. F., Laporte, G., ve Watkins, B. (2015). Tactical Network Planning for Food Aid Distribution in Kenya. *Computers and Operations Research*, 56, 68–83. <https://doi.org/10.1016/J.Cor.2014.10.018>
- Ranganath, N., Sarkar, D., Patel, P., ve Patel, S. (2020). Application of Fuzzy TOPSIS Method for Risk Evaluation in Development and Implementation of Solar Park in India. *International Journal of Construction Management*, 0(0), 1–11. <https://doi.org/10.1080/15623599.2020.1826027>
- Ranjbar, H. R., ve Nekooie, M. A. (2018). An Improved Hierarchical Fuzzy TOPSIS Approach to Identify Endangered Earthquake-Induced Buildings. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 76(September), 21–39. <https://doi.org/10.1016/J.Engappai.2018.08.007>
- Ransikarbum, K., ve Mason, S. J. (2016). Multiple-Objective Analysis of Integrated Relief Supply and Network Restoration in Humanitarian Logistics Operations. *International Journal of Production Research*, 54(1), 49–68. <https://doi.org/10.1080/00207543.2014.977458>

- Rath, S., Gendreau, M., ve Gutjahr, W. J. (2016). Bi-Objective Stochastic Programming Models for Determining Depot Locations in Disaster Relief Operations. *International Transactions in Operational Research*, 23(6), 997–1023. <https://doi.org/10.1111/itor.12163>
- Rawls, C. G., ve Turnquist, M. A. (2010). Pre-Positioning Of Emergency Supplies for Disaster Response. *Transportation Research Part B: Methodological*, 44(4), 521–534. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2009.08.003>
- Rawls, C. G., ve Turnquist, M. A. (2012). Pre-Positioning and Dynamic Delivery Planning for Short-Term Response Following a Natural Disaster. *Socio-Economic Planning Sciences*, 46(1), 46–54. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2011.10.002>
- Renkli, Ç., ve Duran, S. (2015). Pre-Positioning Disaster Response Facilities and Relief Items. *Human and Ecological Risk Assessment*, 21(5), 1169–1185. <https://doi.org/10.1080/10807039.2014.957940>
- Rennemo, S. J., Rø, K. F., Hvattum, L. M., ve 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. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2013.12.006>
- Rezaei-Malek, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Zahiri, B., ve Bozorgi-Amiri, A. (2016). An Interactive Approach for Designing a Robust Disaster Relief Logistics Network with Perishable Commodities. *Computers and Industrial Engineering*, 94, 201–215. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2016.01.014>
- Rezaei, P., Rezaie, K., Nazari-Shirkouhi, S., Reza, M., ve Tajabadi, J. (2013). Application of Fuzzy Multi-Criteria Decision Making Analysis for Evaluating and Selecting the Best Location for Construction of Underground Dam. *Acta Polytechnica Hungarica*, 10(7). <https://doi.org/10.12700/Aph.10.07.2013.7.13>
- Rostamzadeh, R., Ghorabae, M. K., Govindan, K., Esmaili, A., ve Nobar, H. B. K. (2018). Evaluation of Sustainable Supply Chain Risk Management Using an Integrated Fuzzy TOPSIS- CRITIC Approach. *Journal Of Cleaner Production*, 175, 651–669. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.071>

- Sadrykia, M., Delavar, M. R., ve Zare, M. (2017). A GIS-Based Fuzzy Decision Making Model for Seismic Vulnerability Assessment in Areas with Incomplete Data. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 6(4). <https://doi.org/10.3390/ijgi6040119>
- Sahu, A. K., Datta, S., ve Mahapatra, S. S. (2016). Evaluation and Selection of Resilient Suppliers in Fuzzy Environment: Exploration of Fuzzy-VIKOR. *Benchmarking*, 23(3), 651–673. <https://doi.org/10.1108/BIJ-11-2014-0109>
- Salman, F. S., ve Yücel, E. (2015). Emergency Facility Location Under Random Network Damage: Insights From the Istanbul Case. In *Computers and Operations Research* (Vol. 62). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.07.015>
- Samantra, C., Datta, S., ve Mahapatra, S. S. (2017). Fuzzy Based Risk Assessment Module for Metropolitan Construction Project: An Empirical Study. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 65(April), 449–464. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2017.04.019>
- Santos, M. G., Meriño, M., Sore, N., ve Quevedo, V. C. (2013, December). Flood Facility Location-Allocation in Marikina City Using Melp with Lagrange. In Proc. Of 14th Asia Pacific Industrial Engineering and Management Systems Conference.
- Sarı, S., ve Türk, T. (2020). Depremde Meydana Gelebilecek Bina Hasarlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 2(1), 17-25.
- Sarıkaya, H. A. (2014). Bütünleşik Tedarik Zinciri Ağında Tesis Yeri Seçimi Problemi İçin Bulanık Çok Amaçlı Programlama Modeline Sezgisel Bir Yaklaşım: Tavlama Benzetimi Algoritması. Kara Harp Okulu.
- Satoglu, S. I., ve Oksuz, M. K. (2018). Afet Sonrası İçin Acil TIP Merkezlerinin Yerleşim Planlaması ve Envanter Yönetimi : Literatür Analizi Medical Centers for Disaster Response : Literature Analysis. May.
- Sezen, B. (2001). Dağıtım Kanallarında Lojistik Performans, Adalet Algısı ve Kanal Üyesi Memnuniyeti. Doktora Tezi. Gebze: Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Sosyal Bilimler Enstitüsü.

- Sezer, S., Hiçyılmaz, M., Earthquake Risk Analysis for Dinar and Its Vicinity. International Symposium on Innovations in Civil Engineering and Technology (ICIVILTECH 2019), 23–25 October 2019, Afyonkarahisar-TURKEY
- Shaluf, I. M., (2007). Disaster Types. *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 16(5): 704-717.
- Şen, A., Önden, I., Gökğöz, T., ve Şen, C. (2011). A Gis Approach to Fire Station Location Selection. *Gi4DM 2011 - Geoinformation for Disaster Management*.
- Setiawan, E., Astuti, S. P., ve Handoko, H. (2018). Reducing the Likelihood of Electrical Power-Related Disasters: A Fuzzy Mcdm Approach. *Simetris: Jurnal Teknik Mesin, Elektro Dan Ilmu Komputer*, 9(1), 679–686. <https://doi.org/10.24176/Simet.V9i1.1761>
- Shaffiee Haghshenas, S., Lashteh Neshaei, M. A., Pourkazem, P., ve Shaffiee Haghshenas, S. (2016). The Risk Assessment of Dam Construction Projects Using Fuzzy TOPSIS (Case Study: Alavian Earth Dam). *Civil Engineering Journal*, 2(4), 158–167. <https://doi.org/10.28991/Cej-2016-00000022>
- Shafiee Haghshenas, S., Mikaeil, R., Shaffiee Haghshenas, S., Zare Naghadehi, M., ve Sirati Moghadam, P. (2017). Fuzzy and Classical MCDM Techniques to Rank the Slope Stabilization Methods in a Rock-Fill Reservoir Dam. *Civil Engineering Journal*, 3(6), 382–394. <https://doi.org/10.28991/Cej-2017-00000099>
- Shahriar, A., Modirzadeh, M., Sadiq, R., ve Tesfamariam, S. (2012). Seismic Induced Damageability Evaluation of Steel Buildings: A Fuzzy-TOPSIS Method. *Earthquake and Structures*, 3(5), 695–717. <https://doi.org/10.12989/Eas.2012.3.5.695>
- Shuai, J. J. (2009). A Fuzzy MCDM Partnership Selection Model - Case of the IC Design House. *2009 4th International Conference on Innovative Computing, Information and Control, ICICIC 2009*, 1452–1455. <https://doi.org/10.1109/ICICIC.2009.15>
- Sule, D. (2001). *Logistics of Facility Location and Allocation*. New York: Marcel Dekker.

- Tah, J. H. M., ve Carr, V. (2000). A Proposal for Construction Project Risk Assessment Using Fuzzy Logic. *Construction Management and Economics*, 18(4), 491–500. <https://doi.org/10.1080/01446190050024905>
- Talwar, M. (2002). Location Of Rescue Helicopters in South Tyrol. *International Journal of Industrial Engineering : Theory Applications and Practice*, 9(1), 16–22.
- Tavana, M., Abtahi, A. R., Di Caprio, D., Hashemi, R., ve Yousefi-Zenouz, R. (2018). An Integrated Location-Inventory-Routing Humanitarian Supply Chain Network with Pre- And Post-Disaster Management Considerations. *Socio-Economic Planning Sciences*, 64(December 2017), 21–37. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2017.12.004>
- Temur, G. T., Turgut, Y., Yılmaz, A., Arslan, Ş., ve Camcı, A. (2019). Logistic Network Design for Post-Earthquake Planning: A Case Study for Ümraniye District Under Different Earthquake Scenarios. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 25(1), 98–105. <https://doi.org/10.5505/pajes.2018.11736>
- Tian, X., Liao, H., ve Peng, X. (2018). A Bio-Objective Location-Inventory Model For Pre-Disaster Humanitarian Logistics. *Proceedings of The 37th Chinese Control Conference*, 2156–2160. <https://doi.org/10.4018/jitr.2018100104>
- Tofghi, S., Torabi, S. A., ve Mansouri, S. A. (2016). Humanitarian Logistics Network Design Under Mixed Uncertainty. *European Journal of Operational Research*, 250(1), 239–250. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2015.08.059>
- Tomasini, R.M. Wassenhove, L.N.V. (2009), From Preparedness to Partnerships: Case Study Research on Humanitarian Logistics, *Intl. Trans. in Op. Res.* 16, Sy. 549–55.
- Tricoire, F., Graf, A., ve Gutjahr, W. J. (2012). The Bi-Objective Stochastic Covering Tour Problem. *Computers and Operations Research*, 39(7), 1582–1592. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2011.09.009>
- Trivedi, A., ve Singh, A. (2017). A Hybrid Multi-Objective Decision Model for Emergency Shelter Location-Relocation Projects Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process and Goal Programming Approach. *International Journal of Project Management*, 35(5), 827–840. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.12.004>

- Tutar, E., Tutar, F., ve Yetişen, H. (2009). Türkiye'de Lojistik Sektörünün Gelişmişlik Düzeyinin Seçilmiş AB Ülkeleri (Romanya Ve Macaristan) ile Karşılaştırmalı Bir Analizi. *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2009(2), 190-216.
- Tzeng, G. H., Cheng, H. J., ve Huang, T. D. (2007). Multi-Objective Optimal Planning for Designing Relief Delivery Systems. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2006.10.012>
- Üster, H., ve Dalal, J. (2017). Strategic Emergency Preparedness Network Design Integrating Supply and Demand Sides in A Multi-Objective Approach. *IIE Transactions*, 49(4), 395–413. <https://doi.org/10.1080/0740817X.2016.1234731>
- Vahdat, K., Smith, N. J., ve Amiri, G. G. (2014). Fuzzy Multicriteria for Developing a Risk Management System in Seismically Prone Areas. *Socio-Economic Planning Sciences*, 48(4), 235–248. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2014.05.002>
- Vargas Florez, J., Lauras, M., Okongwu, U., ve Dupont, L. (2015). A Decision Support System for Robust Humanitarian Facility Location. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 46, 326–335. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2015.06.020>
- Varol N., Buluş Kırıkkaya E. (2017). Afetler Karşısında Toplum Dirençliliği. *Resilience/Dirençlilik*, 1(1): 1-9.
- Venkatesh, V. G., Zhang, A., Deakins, E., Luthra, S., ve Mangla, S. (2019). A Fuzzy AHP-TOPSIS Approach to Supply Partner Selection in Continuous Aid Humanitarian Supply Chains. *Annals of Operations Research*, 283(1–2), 1517–1550. <https://doi.org/10.1007/s10479-018-2981-1>
- Verma, A., ve Gaukler, G. M. (2011). A Stochastic Optimization Model for Positioning Disaster Response Facilities for Large Scale Emergencies. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 6701 LNCS, 547–552. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-21527-8\\_60](https://doi.org/10.1007/978-3-642-21527-8_60)

- Verma, A., ve Gaukler, G. M. (2015). Pre-Positioning Disaster Response Facilities at Safe Locations: An Evaluation of Deterministic and Stochastic Modeling Approaches. *Computers and Operations Research*, 62, 197–209. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.10.006>
- Wang, Q., Wang, H., ve Qi, Z. (2016). An Application of Nonlinear Fuzzy Analytic Hierarchy Process in Safety Evaluation of Coal Mine. *Safety Science*, 86, 78–87. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.02.012>
- Wolff, R. A. ve Yıldız, D. 2018. “Türkiye’de Lojistik Yönetimindeki Gelişmeler: Stratejik Bir Bakış Açısı”, *Social Sciences Research Journal*, 7(3),187-198, ISSN: 2147-5237
- Widener, M. J., ve Horner, M. W. (2011). A Hierarchical Approach to Modeling Hurricane Disaster Relief Goods Distribution. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 821–828. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.10.006>
- Wu, H. Y., Tzeng, G. H., ve Chen, Y. H. (2009). A Fuzzy MCDM Approach for Evaluating Banking Performance Based on Balanced Scorecard. *Expert Systems with Applications*, 36(6), 10135–10147. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2009.01.005>
- Yalçın, C., ve Sabah, L. (2018). Cbs Tabanlı Bulanık Mantık ve AHP Yöntemleri Kullanılarak Adıyaman İlçelerinin Deprem Tehlike Analizinin Oluşturulması. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5(8), 101-113.
- Yariyan, P., Zabihi, H., Wolf, I. D., Karami, M., ve Amiriyan, S. (2020). Earthquake Risk Assessment Using an Integrated Fuzzy Analytic Hierarchy Process with Artificial Neural Networks Based on GIS: A Case Study of Sanandaj in Iran. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 50(June), 101705. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101705>
- Yavaş, H. (2001). Doğal Afet Yönetimi ve Yerel Gündem 21 Çalışmaları Kapsamında İzmir’de Deprem Riski. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Cilt 3, Sayı:3, 2001
- Yavuz, Ö, Laçiner, V., (2012). Afetler Sonrası Yapılan Sosyal Yardımlar: Van Depremi Örneği. 14. Çalışma Ekonomisi ve Endüstri İlişkileri Kongresi

- Yavuz Kumlu, K. B., ve Tüdeş, Ş. (2019). Determination of Earthquake-Risky Areas in Yalova City Center (Marmara Region, Turkey) Using GIS-Based Multicriteria Decision-Making Techniques (Analytical Hierarchy Process and Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution). *Natural Hazards*, 96(3), 999–1018. <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03583-7>
- Yazdani, M., Alidoosti, A., ve Zavadskas, E. K. (2011). Risk Analysis of Critical Infrastructures Using Fuzzy COPRAS. *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 24(4), 27-40.
- Ye, F., Zhao, Q., Xi, M., ve Dessouky, M. (2015). Chinese National Emergency Warehouse Location Research Based on VNS Algorithm. *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 47, 61–68. <https://doi.org/10.1016/j.endm.2014.11.009>
- Yılmaz, H., ve Kabak, Ö. (2020). Prioritizing Distribution Centers in Humanitarian Logistics Using Type-2 Fuzzy MCDM Approach. *Journal of Enterprise Information Management*. <https://doi.org/10.1108/jeim-09-2019-0310>
- Yu, D. (2016). Softmax Function Based Intuitionistic Fuzzy Multi-Criteria Decision Making and Applications. *Operational Research*, 16(2), 327–348. <https://doi.org/10.1007/s12351-015-0196-7>
- Yeken, T., ve Yoğurtçuoğlu, Ü. A. C. (2018). Tuzgölü Fayı ve Civarının Deprem Riski. *Turan: Stratejik Araştırmalar Merkezi*, 10(40), 720.
- Yushimito, W. F., Jaller, M., ve Ukkusuri, S. (2012). A Voronoi-Based Heuristic Algorithm for Locating Distribution Centers in Disasters. *Networks and Spatial Economics*, 12(1), 21–39. <https://doi.org/10.1007/s11067-010-9140-9>
- Zhang, Z., Demšar, U., Rantala, J., ve Virrantaus, K. (2014). A Fuzzy Multiple-Attribute Decision-Making Modelling for Vulnerability Analysis on The Basis of Population Information for Disaster Management. *International Journal of Geographical Information Science*, 28(9), 1922–1939. <https://doi.org/10.1080/13658816.2014.908472>
- Zhang, Z. H., ve Li, K. (2015). A Novel Probabilistic Formulation for Locating and Sizing Emergency Medical Service Stations. *Annals of Operations Research*, 229(1), 813–835. <https://doi.org/10.1007/s10479-014-1758-4>



- Zhou, Q., Huang, W., ve Zhang, Y. (2011). Identifying Critical Success Factors in Emergency Management Using A Fuzzy DEMATEL Method. *Safety Science*, 49(2), 243–252. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2010.08.005>
- Zixue, G., ve Qiang, Z. (2009). The Model of Emergency Material Storage Location with Fuzzy Parameters in Constraints. *Proceedings - International Conference on Management and Service Science, MASS 2009*, 1–4. <https://doi.org/10.1109/ICMSS.2009.5302542>



## EKLER

**EK-1. Kriter Ağırlıkları İçin Elde Edilen Karar Matrisi**

	Kriter Ağırlıkları İçin Elde Edilen Karar Matrisi																							
	Uzman 1		Uzman 2		Uzman 3		Uzman 4		Uzman 5		Uzman 6		Uzman 7		Uzman 8									
Bina Sayısı	0,40	0,50	0,60	0,50	0,65	0,80	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,65	0,8	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,5	0,65	0,8
Nüfusu	0,40	0,50	0,60	0,50	0,65	0,80	0,70	0,80	0,90	0,40	0,50	0,60	0,5	0,65	0,8	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90	0,40	0,50	0,60	0,2	0,35	0,5	0,2	0,35	0,5	0,2	0,35	0,5	0,7	0,8	0,9
Taahhüt Sistemi Durumu	0,80	1,00	1,00	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1,00	1,00	0,5	0,65	0,8	0,8	1	1	0,8	1	1
Binaların Genel Durumu (İyi-Orta-Kötü)	0,70	0,80	0,90	0,8	1	1	0,70	0,80	0,90	0,80	1,00	1,00	0,8	1,00	1,00	0,5	0,65	0,8	0,8	1,00	1,00	0,7	0,8	0,9
Ortalama Yaşı	0,80	1,00	1,00	0,50	0,65	0,80	0,8	1	1	0,4	0,5	0,6	0,8	1,00	1,00	0,5	0,65	0,8	0,8	1	1	0,8	1	1
Zemin Katın Kullanım Durumu	0,10	0,20	0,30	0,70	0,80	0,90	0,8	1	1	0,5	0,65	0,8	0,8	1,00	1,00	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	1	1
Bitişik Nizam-Ayrık Nizam	0,50	0,65	0,80	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90	0,70	0,80	0,90	0,7	0,8	0,9	0,7	0,8	0,9	0,8	1,00	1,00	0,8	1,00	1,00
Ortalama Kat Sayısı	0,50	0,65	0,80	0,70	0,80	0,90	0,8	1	1	0,8	1	1	0,7	0,8	0,9	0,5	0,65	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	1	1
Zemin Durumu	0,80	1,00	1,00	0,70	0,80	0,90	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1,00	1,00	0,8	1,00	1,00	0,8	1	1	0,8	1	1
Yeraltı Suyu Seviyesi	0,80	1,00	1,00	0,50	0,65	0,80	0,8	1	1	0,8	1	1	0,8	1,00	1,00	0,8	1,00	1,00	0,8	1	1	0,8	1	1
Sosyo-Ekonomik Durum	0,70	0,80	0,90	0,50	0,65	0,80	0,50	0,65	0,80	0,80	1,00	1,00	0,1	0,2	0,3	0,2	0,35	0,5	0	0,00	0,2	0,7	0,8	0,9



EK-3. Normalize Edilmiş Bulanlık Karar Matrisi

NORMALİZE EDİLMİŞ BULANLIK KARAR MATRİSİ																																							
NORMALİZE EDİLMİŞ BULANLIK KARAR MATRİSİ	Bina Sayısı	Nüfusu	Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı	Taşıyıcı Sistem Durumu	Binaların Genel Durumu (1-5; Orta-kötü)	Ortalama Yaşı	Zemin Katın Kullanım Durumu	Bitişik Nizam-Ayrık Nizam	Ortalama Kat Sayısı	Zemin Durumu	Yeraltı Suyu Seviyesi	Sosyo-Ekonomik Durum																											
Abdullah Paşa	0.88	0.80	0.90	1.00	1.00	1.00	0.57	0.76	1.00	0.57	0.76	1.00	0.57	0.76	1.00	0.49	0.80	0.20	0.58	1.00	0.14	0.58	0.90																
Akpınar	0.00	0.00	0.20	0.13	0.20	0.30	0.14	0.53	0.90	0.00	0.40	0.90	0.57	0.82	1.00	1.00	0.90	0.80	0.70	0.90	0.80	0.74	1.00	0.29	0.72	0.90													
Aksaray	1.00	1.00	1.00	0.13	0.20	0.30	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	0.25	0.55	0.80	0.90	1.00	0.40	0.88	1.00	0.71	0.93	1.00												
Ataşehir	0.63	0.65	0.80	1.00	1.00	0.88	0.80	0.90	0.38	0.90	0.00	0.38	1.00	0.00	0.18	0.60	0.25	0.50	0.60	0.60	0.68	1.00	0.20	0.55	0.90	0.28	0.80												
Cumhuriyet	0.63	0.65	0.80	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.40	0.80	0.14	0.39	0.80	0.14	0.53	0.90	0.25	0.53	0.80	0.50	0.42	0.60	0.50	0.79	0.90	0.00	0.26	0.80											
Çarşı	0.25	0.35	0.50	0.00	0.00	0.20	0.29	0.63	0.90	0.00	0.48	0.80	0.29	0.80	1.00	0.25	0.86	0.90	0.50	0.89	1.00	0.50	0.67	0.90	0.40	0.70	0.90	0.20	0.57	0.90	0.14	0.64	0.90						
Çatal Çeşme	0.25	0.35	0.50	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.51	1.00	1.00	1.00	0.92	1.00	1.00	0.50	0.61	0.60	0.80	0.73	0.90	0.20	0.51	0.90	0.71	0.93	1.00											
Çaydascıra	0.25	0.35	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.23	0.80	0.00	0.15	0.50	0.00	0.10	0.30	0.00	0.41	0.60	0.00	0.36	0.50	0.85	1.00	0.00	0.16	0.80	0.00	0.22	0.90									
Doğukent	0.88	0.80	0.90	0.63	0.65	0.80	0.63	0.65	0.80	0.00	0.42	1.00	1.00	0.00	0.14	0.54	1.00	0.00	0.41	0.60	0.20	0.47	0.80	0.00	0.42	0.90	0.14	0.48	0.80										
Esen Tepe	0.13	0.20	0.30	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.57	0.80	1.00	0.29	0.80	1.00	0.00	0.73	1.00	0.00	0.41	0.60	0.50	0.40	0.50	0.00	0.31	0.90	0.20	0.50	0.80	0.00	0.25	0.60	0.29	0.74	1.00			
Fevzi Çakmak	0.25	0.35	0.50	0.13	0.20	0.30	0.13	0.20	0.30	0.57	0.78	1.00	0.71	0.88	1.00	0.00	0.57	0.76	1.00	0.00	0.41	0.60	0.50	0.84	1.00	0.00	0.45	1.00	0.40	0.69	1.00	0.00	0.42	0.90	0.29	0.78	1.00		
Gümüşşakavak	0.13	0.20	0.30	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.57	0.89	1.00	0.71	0.88	1.00	0.00	0.72	1.00	0.00	0.41	0.60	0.50	0.45	0.60	0.00	0.27	1.00	1.00	0.95	1.00	0.80	0.90	1.00	0.00	0.42	0.90	0.85	1.00	
Hicret	0.25	0.35	0.50	0.13	0.20	0.30	0.00	0.00	0.20	0.57	0.82	1.00	0.71	0.88	1.00	0.00	0.71	0.90	1.00	0.00	0.41	0.60	0.50	0.40	0.50	0.00	0.24	0.90	1.00	1.00	1.00	0.40	0.93	1.00	0.29	0.85	1.00		
Hilaliktent	0.00	0.00	0.20	0.13	0.20	0.30	0.00	0.00	0.20	0.00	0.23	0.50	0.00	0.34	0.80	1.00	0.21	0.52	1.00	0.00	0.41	0.60	0.00	0.36	0.50	0.25	0.77	1.00	0.00	0.37	1.00	0.00	0.36	1.00	0.00	0.31	0.60		
İca diye	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.44	0.90	0.00	0.53	1.00	0.00	0.71	0.96	1.00	1.00	1.00	1.00	0.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.80	0.71	1.00	0.20	0.49	0.80	0.14	0.62	0.90
İzzet Paşa	0.25	0.35	0.50	0.25	0.35	0.50	0.00	0.38	0.60	0.00	0.48	0.90	0.00	0.46	0.90	1.00	1.00	0.98	1.00	1.00	1.00	0.50	0.85	1.00	0.50	0.50	0.85	1.00	0.80	0.78	1.00	0.20	0.47	0.80	0.14	0.56	0.90		
Karşıyaka	0.25	0.35	0.50	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.57	0.84	1.00	0.71	0.93	1.00	1.00	0.92	1.00	0.25	0.56	0.90	0.50	0.53	0.90	0.50	0.50	0.65	0.90	0.20	0.64	1.00	0.20	0.40	0.80	0.14	0.37	0.91	1.00	
Kırklar	0.25	0.35	0.50	0.00	0.38	0.60	0.00	0.38	0.60	0.00	0.45	1.00	0.14	0.49	0.90	0.71	0.83	1.00	0.25	0.59	0.80	0.50	0.95	1.00	0.50	0.62	0.80	0.40	0.69	1.00	0.20	0.45	0.80	0.57	0.81	1.00			
Kızılay	0.00	0.38	0.60	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.71	0.84	1.00	0.00	0.87	1.00	1.00	1.00	0.25	0.53	0.80	0.50	0.92	1.00	0.25	0.48	0.90	0.40	0.73	1.00	0.20	0.73	0.90	1.00	1.00	0.10	1.00			
Kültür	0.13	0.20	0.30	0.25	0.35	0.50	0.25	0.35	0.50	0.00	0.57	1.00	0.00	0.64	0.90	0.71	0.96	1.00	0.25	0.50	0.60	0.40	0.60	0.40	0.71	1.00	0.20	0.73	0.90	1.00	0.40	0.82	1.00	0.14	0.71	1.00			
Mustafa Paşa	0.00	0.38	0.60	0.00	0.38	0.60	0.00	0.38	0.60	0.00	0.57	1.00	0.00	0.52	0.90	0.71	0.79	1.00	0.25	0.56	0.90	1.00	0.00	0.69	1.00	0.40	0.87	1.00	0.40	0.87	1.00	0.00	0.57	0.84	1.00				
Nail Bey	0.13	0.20	0.30	0.25	0.35	0.50	0.25	0.35	0.50	0.00	0.50	0.90	0.14	0.64	0.90	0.71	0.81	1.00	0.25	0.77	0.90	1.00	1.00	0.00	0.25	0.77	1.00	1.00	0.96	1.00	0.00	0.82	0.90	0.29	0.75	1.00			
Olgunlar	0.00	0.38	0.60	0.25	0.35	0.50	0.00	0.38	0.60	0.14	0.55	0.90	0.14	0.71	1.00	0.71	0.79	1.00	0.25	0.56	0.90	0.50	0.92	1.00	0.25	0.57	0.90	0.80	1.00	0.80	1.00	0.00	0.57	0.80	0.14	0.62	0.90		
Rizaiye	0.25	0.35	0.50	0.00	0.38	0.60	0.00	0.38	0.60	0.00	0.49	1.00	0.00	0.65	1.00	0.00	0.71	0.79	1.00	0.25	0.56	0.90	1.00	0.00	0.25	0.67	0.90	0.80	0.84	1.00	0.20	0.57	0.90	0.57	0.75	1.00			
Rüstem Paşa	0.25	0.35	0.50	0.25	0.35	0.50	0.25	0.35	0.50	0.00	0.56	0.90	0.57	0.64	0.90	0.71	0.86	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.56	0.90	0.40	0.71	1.00	0.20	0.55	0.90	0.57	0.76	1.00						
Sali Baba	0.25	0.35	0.50	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.14	0.84	1.00	0.14	0.85	1.00	0.71	0.96	1.00	0.25	0.59	1.00	0.00	0.33	0.50	0.00	0.28	0.80	0.40	0.71	1.00	0.20	0.62	1.00	0.57	0.94	1.00			
Sanayi	1.00	1.00	1.00	0.00	0.38	0.60	0.00	0.38	0.60	0.00	0.45	1.00	0.00	0.67	1.00	0.71	0.93	1.00	0.25	0.56	0.90	1.00	1.00	0.00	0.50	0.77	1.00	0.40	0.71	1.00	0.20	0.55	0.80	0.57	0.94	1.00			
Sarayatik	0.00	0.00	0.20	0.13	0.20	0.30	0.13	0.20	0.30	0.00	0.41	1.00	0.00	0.55	1.00	0.57	0.71	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.89	0.90	0.80	0.83	1.00	1.00	0.87	1.00	0.00	0.87	1.00	0.57	0.97	1.00			
Süsrüri	0.88	0.80	0.90	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.14	0.59	1.00	0.14	0.78	1.00	0.57	0.67	1.00	0.25	0.59	1.00	0.50	0.51	1.00	0.25	0.77	1.00	0.80	0.85	1.00	0.80	0.90	1.00	0.29	0.74	1.00			
Ulukent	0.63	0.65	0.80	0.63	0.65	0.80	0.63	0.65	0.80	0.14	0.45	0.90	0.00	0.65	1.00	0.57	0.71	1.00	0.25	0.56	0.90	0.50	0.56	0.90	0.25	0.57	0.90	0.20	0.71	1.00	0.20	0.64	1.00	0.14	0.76	1.00			
Üniversite	0.00	0.38	0.60	0.63	0.65	0.80	0.63	0.65	0.80	0.14	0.51	1.00	0.00	0.65	1.00	0.71	0.75	1.00	0.25	0.53	0.80	1.00	1.00	0.00	0.92	1.00	0.20	0.64	1.00	0.20	0.51	0.80	0.14	0.64	1.00				
Yeni Mahalle	0.88	0.80	0.90	0.63	0.65	0.80	0.88	0.80	0.90	0.14	0.49	0.90	0.14	0.59	0.90	0.71	0.90	1.00	0.25	0.45	0.60	0.50	0.89	1.00	1.00	0.94	1.00	0.20	0.56	0.80	0.20	0.49	0.80	0.57	0.66	0.90			
Yıldız Bağları	0.25	0.35	0.50	0.13	0.20	0.30	0.13	0.20	0.30	0.14	0.72	1.00	0.71	0.79	1.00	0.71	0.90	1.00	0.25	0.45	0.60	0.50	0.42	0.60	0.00	0.37	0.80	0.20	0.62	1.00	0.20	0.53	1.00	0.57	0.76	1.00			
Zafran	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20	0.00	0.54	0.90	0.14	0.73	1.00	0.71	0.98	1.00	0.25	0.45	0.60	0.50	0.37	0.50	0.00	0.37	0.80	0.00	0.37	0.80	0.00	0.45	1.00	0.57	0.82	1.00			

EK-4. Kriterlerin Ağırlık Tablosu

Kriterler	ortalama ağırlıklar
Bina Sayısı	0,1
Nüfusu	0,4
Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı	0,4
Taşıyıcı Sistem Durumu	0,8
Binaların Genel Durumu (İyi-Orta-Kötü)	0,7
Ortalama Yaşı	0,4
Zemin Katın Kullanım Durumu	0,1
Bitişik Nizam-Ayrılc Nizam	0,5
Ortalama Kat Sayısı	0,5
Zemin Durumu	0,7
Yeraltı Suyu Seviyesi	0,5
Sosyo-Ekonomik Durum	0

EK-5. Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

AĞIRLIKLANDIRILMIŞ NORMALİZE KARAR MATRİSİ																									
AĞIRLIKLANDIRILMIŞ LİMİT KARAR MATRİSİ	Bina Sayısı	Nüfus	Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı	Taşıyıcı Sistem Durumu	Binaların Genel Durumu (iyi-Orta-kötü)	Ortalama Yaşı	Zemin Katın Kullanım Durumu	Bitişik Nizam-Ayrık Nizam	Zemin Durumu	Yeraltı Suyu Seviyesi	Sosyo-Ekonomik Durum														
Abdullah Paşa	0.09	0.37	0.72	0.40	0.65	0.90	0.11	0.66	1.00	0.40	0.49	0.80	0.13	0.49	0.60	0.00	0.48	0.80	0.10	0.55	1.00	0.00	0.36	0.90	
Akınar	0.00	0.00	0.16	0.05	0.12	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05
Aksaray	0.10	0.46	0.80	0.05	0.12	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05
Atasehir	0.06	0.30	0.64	0.40	0.61	0.90	0.35	0.52	0.81	0.00	0.38	0.90	0.00	0.36	1.00	0.00	0.16	0.60	0.03	0.39	0.60	0.25	0.53	0.60	0.00
Cumhuriyet	0.06	0.30	0.64	0.40	0.61	0.90	0.40	0.65	0.90	0.11	0.40	0.80	0.10	0.36	0.80	0.06	0.47	0.90	0.03	0.41	0.80	0.25	0.36	0.60	0.00
Çarşı	0.03	0.16	0.40	0.00	0.00	0.18	0.23	0.63	0.90	0.00	0.45	0.80	0.11	0.70	1.00	0.03	0.66	0.90	0.25	0.75	1.00	0.25	0.60	0.90	0.00
Catal Çeşme	0.03	0.16	0.40	0.00	0.00	0.18	0.11	0.63	0.90	0.00	0.47	1.00	0.40	0.81	1.00	0.05	0.47	0.60	0.25	0.40	0.60	0.22	0.80	0.56	0.71
Çaydağra	0.03	0.16	0.40	0.40	0.61	0.90	0.40	0.65	0.90	0.00	0.23	0.80	0.00	0.09	0.30	0.00	0.32	0.60	0.00	0.30	0.50	0.25	0.75	1.00	0.00
Doğukent	0.09	0.37	0.72	0.25	0.40	0.72	0.25	0.42	0.72	0.00	0.42	1.00	0.00	0.34	0.60	0.06	0.47	1.00	0.00	0.32	0.60	0.00	0.31	0.60	0.14
Esen Tepe	0.01	0.09	0.24	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.80	1.00	0.00	0.64	1.00	0.00	0.32	0.60	0.25	0.33	0.50	0.00	0.28	0.90	0.14
Fevzi Çakmak	0.03	0.16	0.40	0.05	0.12	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05
Gümüşşakavak	0.01	0.09	0.24	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.89	1.00	0.00	0.64	1.00	0.00	0.32	0.60	0.25	0.38	0.60	0.00	0.40	1.00	0.28
Hicret	0.03	0.16	0.40	0.05	0.12	0.27	0.00	0.00	0.18	0.46	0.82	1.00	0.00	0.50	0.80	1.00	0.29	0.79	1.00	0.00	0.32	0.60	0.25	0.33	0.50
Hilal Kent	0.00	0.00	0.16	0.05	0.12	0.27	0.00	0.00	0.18	0.46	0.82	1.00	0.00	0.32	0.80	0.06	0.46	1.00	0.00	0.32	0.60	0.00	0.30	0.50	0.13
İcadıye	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.10	0.78	1.00	0.00	0.25	0.55
İzzet Paşa	0.03	0.16	0.40	0.10	0.21	0.45	0.00	0.24	0.54	0.00	0.48	0.90	0.00	0.43	0.90	0.40	0.88	1.00	0.10	0.76	1.00	0.25	0.84	1.00	0.25
Karşıyaka	0.03	0.16	0.40	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.57	0.90
Kırklar	0.03	0.16	0.40	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.57	0.90
Kızılay	0.00	0.17	0.48	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.57	0.90
Kültür	0.01	0.09	0.24	0.10	0.21	0.45	0.10	0.23	0.45	0.00	0.57	1.00	0.00	0.49	0.90	0.29	0.73	1.00	0.03	0.45	0.80	0.25	0.84	1.00	0.25
Mustafa Paşa	0.00	0.17	0.48	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.57	0.90
Naili Bey	0.01	0.09	0.24	0.10	0.21	0.45	0.10	0.23	0.45	0.00	0.50	0.90	0.10	0.80	0.90	0.29	0.72	1.00	0.03	0.60	0.90	0.50	0.84	1.00	0.13
Oğullar	0.00	0.17	0.48	0.10	0.21	0.45	0.00	0.24	0.54	0.11	0.55	0.90	0.10	0.66	1.00	0.29	0.70	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.77	1.00	0.13
Rıza	0.03	0.16	0.40	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.57	0.90
Rüstem Paşa	0.03	0.16	0.40	0.10	0.21	0.45	0.10	0.23	0.45	0.00	0.56	0.90	0.40	0.60	0.90	0.29	0.75	1.00	0.10	0.78	1.00	0.50	0.84	1.00	0.00
Sali Baba	0.03	0.16	0.40	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.57	0.90
Sarıyaka	0.10	0.46	0.80	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.57	0.90
Sarıyaka	0.00	0.00	0.16	0.05	0.12	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05
Sarıyaka	0.09	0.37	0.72	0.40	0.61	0.90	0.40	0.65	0.90	0.11	0.59	1.00	0.10	0.73	1.00	0.23	0.63	1.00	0.03	0.46	1.00	0.25	0.43	0.90	0.13
Sarıyaka	0.06	0.30	0.64	0.25	0.40	0.72	0.25	0.42	0.72	0.11	0.45	0.90	0.00	0.61	1.00	0.23	0.63	1.00	0.03	0.43	0.90	0.25	0.47	0.90	0.13
Üniversite	0.00	0.17	0.48	0.25	0.40	0.72	0.25	0.42	0.72	0.11	0.51	1.00	0.00	0.61	1.00	0.29	0.66	1.00	0.03	0.41	0.80	0.50	0.84	1.00	0.50
Yeni Mahalle	0.09	0.37	0.72	0.40	0.72	0.35	0.52	0.81	1.11	0.49	0.90	1.00	0.00	0.55	0.90	0.29	0.79	1.00	0.03	0.35	0.60	0.50	0.84	1.00	0.14
Yıldız Bağlan	0.03	0.16	0.40	0.05	0.12	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05	0.13	0.27	0.05
Zafran	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.35	0.60	0.00	0.33	0.80
A*	0.10	0.46	0.80	0.40	0.61	0.90	0.40	0.65	0.90	0.80	1.00	1.00	0.00	0.70	0.93	1.00	0.40	0.88	1.00	0.10	0.78	1.00	0.50	0.84	1.00
A-	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.32	0.60	0.00	0.25	0.50
A-	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.18	0.00	0.00	0.18	0.46	0.84	1.00	0.00	0.50	0.87	1.00	0.40	0.81	1.00	0.03	0.32	0.60	0.00	0.25	0.50

EK-6. Pozitif İdeal Çözüm Olan Uzaklık

Pozitif İdeal Çözüm Uzaklık													
Pozitif İdeal Çözüm Uzaklık	Bina Sayısı	Nüfusu	Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı	Taşıyıcı Sistem Durumu	Binaların Genel Durumu (Lvi-Orta-	Ortalama Yaşı	Zemin Katın Kullanım Durumu	Bitişik Nizam-Ayrık Nizam	Ortalama Kat Sayısı	Zemin Durumu	Yeraltı Suyu Seviyesi	Sosyo-Ekonomik Durum	dj*
Abdullah Paşa	0,07	0,00	0,00	0,44	0,22	0,16	0,32	0,27	0,39	0,51	0,33	0,16	2,87
Akpınar	0,46	0,50	0,51	0,48	0,52	0,13	0,12	0,03	0,19	0,19	0,15	0,11	3,41
Aksaray	0,00	0,50	0,51	0,00	0,00	0,04	0,24	0,15	0,55	0,10	0,18	0,02	2,30
Ataşehir	0,13	0,00	0,10	0,59	0,52	0,32	0,32	0,39	0,34	0,44	0,34	0,28	4,00
Cumhuriyet	0,13	0,00	0,00	0,54	0,49	0,31	0,24	0,39	0,19	0,46	0,36	0,29	3,41
Çarşı	0,29	0,59	0,61	0,40	0,51	0,19	0,10	0,15	0,23	0,30	0,34	0,14	3,85
Çatal Çeşme	0,29	0,59	0,61	0,45	0,48	0,04	0,29	0,37	0,50	0,18	0,36	0,02	4,20
Çavdağra	0,29	0,00	0,00	0,65	0,68	0,65	0,35	0,51	0,16	0,59	0,56	0,28	4,73
Doğukent	0,07	0,18	0,19	0,57	0,58	0,31	0,53	0,53	0,50	0,45	0,44	0,22	4,39
Esen Tepe	0,39	0,59	0,61	0,23	0,31	0,27	0,35	0,44	0,46	0,45	0,56	0,09	4,74
Fevzi Çakmak	0,29	0,50	0,51	0,24	0,13	0,16	0,35	0,16	0,40	0,30	0,44	0,08	3,57
Gümüşkavak	0,39	0,59	0,61	0,21	0,13	0,27	0,35	0,38	0,47	0,03	0,08	0,05	3,57
Hicret	0,29	0,50	0,61	0,22	0,14	0,08	0,35	0,44	0,49	0,00	0,18	0,05	3,36
Hıtaikent	0,46	0,50	0,61	0,70	0,55	0,31	0,35	0,51	0,25	0,54	0,46	0,34	5,58
İcadiye	0,46	0,59	0,61	0,57	0,48	0,07	0,00	0,14	0,00	0,18	0,38	0,15	3,63
İzzet Paşa	0,29	0,39	0,39	0,55	0,50	0,00	0,01	0,14	0,16	0,15	0,39	0,17	3,15
Karşıyaka	0,29	0,59	0,61	0,22	0,12	0,04	0,21	0,28	0,24	0,38	0,42	0,03	3,43
Kırklar	0,29	0,38	0,39	0,56	0,45	0,11	0,22	0,15	0,27	0,30	0,40	0,07	3,58
Kızılay	0,26	0,59	0,61	0,16	0,41	0,00	0,24	0,15	0,35	0,29	0,28	0,00	3,34
Kültür	0,39	0,39	0,40	0,53	0,45	0,07	0,32	0,03	0,44	0,29	0,11	0,10	3,52
Mustafa Paşa	0,26	0,38	0,39	0,53	0,48	0,12	0,21	0,00	0,33	0,25	0,09	0,06	3,10
Nail Bey	0,39	0,39	0,40	0,55	0,40	0,12	0,12	0,00	0,25	0,02	0,12	0,09	2,84
Olgunlar	0,26	0,39	0,39	0,48	0,38	0,12	0,21	0,15	0,31	0,08	0,06	0,07	2,90
Rızaiye	0,29	0,38	0,39	0,55	0,45	0,12	0,21	0,00	0,28	0,12	0,34	0,09	3,22
Rüstem Paşa	0,29	0,39	0,40	0,53	0,26	0,10	0,00	0,00	0,37	0,29	0,34	0,09	3,07
Salı Baba	0,29	0,59	0,61	0,41	0,36	0,07	0,19	0,52	0,48	0,29	0,31	0,02	4,14
Sanayi	0,00	0,38	0,39	0,56	0,44	0,08	0,21	0,00	0,19	0,29	0,36	0,02	2,92
Sarayatik	0,46	0,50	0,51	0,57	0,47	0,18	0,00	0,00	0,08	0,12	0,07	0,01	2,99
Sürsürü	0,07	0,00	0,00	0,46	0,37	0,19	0,19	0,28	0,25	0,25	0,08	0,09	2,09
Ulukent	0,13	0,18	0,19	0,51	0,45	0,17	0,21	0,26	0,31	0,36	0,31	0,09	3,18
Üniversite	0,26	0,18	0,19	0,49	0,45	0,04	0,14	0,00	0,04	0,38	0,38	0,13	2,87
Yeni Mahalle	0,07	0,18	0,10	0,50	0,42	0,08	0,34	0,15	0,03	0,42	0,38	0,14	2,81
Yıldız Bağları	0,29	0,50	0,51	0,43	0,16	0,08	0,34	0,39	0,45	0,39	0,35	0,08	3,98
Zafran	0,46	0,59	0,61	0,54	0,38	0,07	0,34	0,45	0,45	0,55	0,42	0,07	4,91

EK-7. Negatif İdeal Çözüme Olan Uzaklık

Negatif İdeal Çözüme Uzaklık													
Negatif İdeal Çözüme Uzaklık	Bina Sayısı	Nüfusu	Binalardaki Bağımsız Birim Sayısı	Taşıyıcı Sistem Durumu	Binaların Genel Durumu (İyi-Orta-Kötü)	Ortalama Yaşı	Zemin Katın Kullanım Durumu	Bitişik Nizam-Ayrık Nizam	Ortalama Kat Sayısı	Zemin Durumu	Yeraltı Suyu Seviyesi	Sosyo-Ekonomik Durum	di*
Abdullah Paşa	0,39	0,59	0,61	0,39	0,49	0,54	0,05	0,27	0,18	0,13	0,33	0,22	4,18
Akpınar	0,00	0,09	0,10	0,29	0,27	0,56	0,25	0,52	0,40	0,41	0,46	0,25	3,60
Aksaray	0,46	0,09	0,10	0,70	0,68	0,62	0,13	0,43	0,00	0,50	0,47	0,34	4,53
Ataşehir	0,33	0,59	0,51	0,25	0,31	0,18	0,04	0,17	0,24	0,26	0,28	0,12	3,28
Cumhuriyet	0,33	0,59	0,61	0,21	0,22	0,41	0,13	0,17	0,37	0,21	0,26	0,12	3,63
Çarşı	0,17	0,00	0,00	0,35	0,25	0,54	0,26	0,43	0,32	0,30	0,29	0,23	3,15
Çatal Çeşme	0,17	0,00	0,00	0,33	0,35	0,62	0,09	0,18	0,12	0,42	0,26	0,34	2,88
Çaydağcı	0,17	0,59	0,61	0,17	0,00	0,00	0,00	0,03	0,42	0,00	0,12	0,17	2,28
Doğukent	0,39	0,41	0,42	0,31	0,13	0,46	0,00	0,00	0,07	0,14	0,22	0,15	2,71
Esen Tepe	0,07	0,00	0,00	0,51	0,47	0,51	0,00	0,15	0,18	0,16	0,05	0,30	2,39
Fevzi Çakmak	0,17	0,09	0,10	0,50	0,57	0,54	0,00	0,42	0,26	0,31	0,22	0,30	3,48
Gümüşkavak	0,07	0,00	0,00	0,55	0,56	0,51	0,00	0,17	0,23	0,57	0,52	0,32	3,51
Hicret	0,17	0,09	0,00	0,52	0,56	0,60	0,00	0,15	0,17	0,59	0,50	0,32	3,67
Hilalkent	0,00	0,09	0,00	0,00	0,20	0,46	0,00	0,03	0,37	0,13	0,25	0,03	1,57
İcadıye	0,00	0,00	0,00	0,26	0,35	0,61	0,26	0,47	0,55	0,43	0,22	0,22	3,47
İzzet Paşa	0,17	0,21	0,25	0,27	0,28	0,65	0,35	0,47	0,42	0,45	0,21	0,21	3,95
Karşıyaka	0,17	0,00	0,00	0,52	0,58	0,62	0,19	0,30	0,31	0,26	0,18	0,34	3,47
Kırklar	0,17	0,25	0,25	0,31	0,30	0,57	0,14	0,45	0,28	0,31	0,20	0,31	3,55
Kızılay	0,21	0,00	0,00	0,56	0,48	0,65	0,13	0,44	0,23	0,33	0,36	0,36	3,76
Kültür	0,07	0,21	0,21	0,35	0,35	0,61	0,04	0,52	0,12	0,32	0,49	0,29	3,58
Mustafa Paşa	0,21	0,25	0,25	0,35	0,30	0,56	0,19	0,53	0,34	0,40	0,53	0,32	4,22
Nail Bey	0,07	0,21	0,21	0,28	0,36	0,57	0,24	0,53	0,37	0,58	0,49	0,30	4,20
Olgunlar	0,21	0,21	0,25	0,30	0,42	0,56	0,19	0,44	0,26	0,54	0,57	0,31	4,25
Rızaie	0,17	0,25	0,25	0,32	0,39	0,56	0,19	0,53	0,30	0,47	0,29	0,30	4,02
Rüstem Paşa	0,17	0,21	0,21	0,30	0,42	0,58	0,35	0,53	0,25	0,32	0,28	0,30	3,92
Salı Baba	0,17	0,00	0,00	0,46	0,48	0,61	0,25	0,02	0,12	0,32	0,34	0,35	3,12
Sanayi	0,46	0,25	0,25	0,31	0,40	0,61	0,19	0,53	0,39	0,32	0,25	0,35	4,31
Sarayatik	0,00	0,09	0,10	0,31	0,36	0,53	0,35	0,53	0,48	0,47	0,54	0,35	4,11
Sürsürü	0,39	0,59	0,61	0,36	0,45	0,51	0,25	0,34	0,37	0,48	0,52	0,30	5,17
Ulukent	0,33	0,41	0,42	0,27	0,39	0,53	0,19	0,30	0,26	0,29	0,35	0,30	4,05
Üniversite	0,21	0,41	0,42	0,34	0,39	0,55	0,13	0,53	0,52	0,26	0,23	0,28	4,26
Yeni Mahalle	0,39	0,41	0,51	0,28	0,33	0,60	0,02	0,43	0,53	0,19	0,22	0,23	4,15
Yıldız Bağları	0,17	0,09	0,10	0,41	0,53	0,60	0,02	0,17	0,14	0,25	0,31	0,30	3,08
Zafran	0,00	0,00	0,00	0,29	0,43	0,62	0,02	0,15	0,14	0,06	0,28	0,31	2,31





## EK-9. R Programlama Dilinde Mesafelerin Belirlenmesi İçin Kullanılan Kodlar

```
> list1<-koordinatlar_R$longitude
> View(mat)
> library(readxl)
>koordinatlar_R2<-
read_excel("C:/Users/ahmedihsansimsek/Desktop/ahmeddoktora
belgeler/koordinatlar R2.xlsx")
> View(koordinatlar_R2)
> View(koordinatlar_R)
> list1<-koordinatlar_R2$longitude
> list2<-koordinatlar_R$latitude
> list1 <- data.frame(longitude = koordinatlar_R2$longitude,
+                   latitude = koordinatlar_R2$latitude)
> list2 <- data.frame(longitude = koordinatlar_R$longitude,
+                   latitude = koordinatlar_R$latitude,
+                   locality = koordinatlar_R$Mahalleler
+ )
> mat <- distm(list1[,c('longitude','latitude')], list2[,c('longitude','latitude')],
fun=distVincentyEllipsoid)
> mat
```

## EK-10. Python Programlama Dilinde Küme Kapsama Modeli Çözümü İçin

### Kullanılan Kodlar

```
# set prob variable

prob = LpProblem()

# decisionsvariable
use_vars = LpVariable.dicts("BuildWirehouse", mahalleler, 0, 1,
LpBinary)

# objective function

prob += lpSum(use_vars[i] for i in mahalleler)

# subject to

for j in mahalleler:
    prob += lpSum([use_vars[i] for i in mahalleler
                    if distance[i][j] <= 2500]
                  ) >= 1

# print status and optimal solution

prob.solve()

for i in mahalleler:
    if use_vars[i].varValue > 0:
        print("depoyu buraya kur", i) # accounts for Phyton
indexing

print("status:", LpStatus[prob.status])
```

## EK-11. Python Programlama Dilinde P-Medyan Modeli Çözümü İçin Kullanılan Kodlar

```
#DECISION VARIABLES

serv_vars = LpVariable.dicts("service",[(i,j) for i in demandpoints
for j in facilities],0)
use_vars = LpVariable.dicts("usefacility",facilities,0,1,LpBinary)

#OBJECTIVE FUNCTION minimize costs

prob += lpSum(distances[j][i]*serv_vars[(i,j)]*demand[i] for j in
facilities for i in demandpoints)

#setup constraints

for i in demandpoints:
    prob += lpSum(serv_vars[(i,j)] for j in facilities) == 1

for i in demandpoints:
    for j in facilities:
        prob += serv_vars[(i,j)] <= use_vars[j]

prob += lpSum(use_vars[(j)] for j in facilities) == 34

#solution

prob.solve()
print("status:",LpStatus[prob.status])

#print decision variables

TOL = .00001
for i in facilities:
    if use_vars[i].varValue > TOL:
        print("Establish facility at site",i)

for v in prob.variables():
    print(v.name,"=",v.varValue)
#print optimal solution

print("the cost of facility=",value(prob.objective))
```