

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AFET LOJİSTİĞİNDE DEPO YERİ SEÇİM  
PROBLEMİNİN OPTİMİZASYON VE KÜMELEME  
TEKNİKLERİ İLE ÇÖZÜLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Cansu ERGİN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Harun Reşit YAZGAN**

**Haziran 2016**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**AFET LOJİSTİĞİNDE DEPO YERİ SEÇİM  
PROBLEMİNİN OPTİMİZASYON VE KÜMELEME  
TEKNİKLERİ İLE ÇÖZÜLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

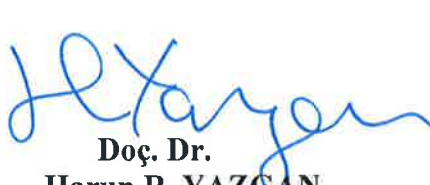
**Cansu ERGİN**

**Enstitü Anabilim Dalı : ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**Bu tez 22 / 06 / 2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.**



**Prof. Dr.**  
**İ. Hakkı CEDİMOĞLU**  
**Jüri Başkanı**



**Doç. Dr.**  
**Harun R. YAZGAN**  
**Üye**



**Doç. Dr.**  
**Özden ÜSTÜN**  
**Üye**

## **BEYAN**

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Cansu ERGİN

22.05.2016

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın neticeye ulaşmasında engin tecrübeleri ile bana yol gösteren, bilgisini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli danışmanım Doç. Dr. Harun Reşit Yazgan'a tüm içtenliğimle teőkükürlerimi sunarım.

Öğrenim hayatım boyunca maddi manevi destekleriyle her an yanımda olan babam Hasan Hüseyin Can'a, annem Ayten Can'a, ablam Emel Has'a ve kardeşim Canan Can'a teőkükürü bir borç bilirim. Çalışmamdaki katkılarından dolayı değerli arkadaşım Arş. Gör. Serap Ercan Cömert'e sonsuz teőkükürlerimi sunarım. Son olarak yüksek lisans eğitimim boyunca desteğini hep hissettiğim, tez dönemi süresince de sabrı ve anlayışı ile her zaman yanımda olan eşim Sinan Ergin'e en derin duygularım ile teőkükür ederim.

# İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER.....	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	v
TABLolar LİSTESİ .....	vi
ÖZET .....	vii
SUMMARY .....	viii
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ .....	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	4
BÖLÜM 3.	
AFET YÖNETİMİ VE AFET LOJİSTİĞİ.....	9
3.1. Afet ve Afet Yönetim Sistemi .....	9
3.1.1. Afetin tanımı, türleri, temel kavramları.....	9
3.1.2. Afet yönetim sistemi ve evreleri.....	11
3.1.2.1. Zarar azaltma .....	13
3.1.2.2. Hazırlık.....	14
3.1.2.3. Kurtarma / ilk yardım / müdahale.....	15
3.1.2.4. İyileştirme .....	15
3.2. Afet Lojistiği ve Aşamaları .....	16
3.2.1. Planlama.....	16
3.2.2. Satınalma .....	17
3.2.3. Nakliye yönetimi.....	18

3.2.4. Depo yönetimi.....	18
3.2.5. Raporlama.....	19
3.2.6. İnsan kaynaklarının geliştirilmesi.....	19
3.3. Afet Yönetimi Kapsamında Depo Yeri Seçimi .....	19
3.4. Türkiye’de Görülen Önemli Doğal Tehlikeler/Afetler .....	24
3.4.1. Deprem.....	25
3.4.2. Sel .....	25
3.4.3. Heyelan.....	26
3.4.4. Tsunami.....	26
3.4.5. Çığ.....	27
3.4.6. Yangın.....	28
3.5. Afet Yönetiminde Hizmetler.....	28
3.5.1. Haberleşme hizmetleri.....	28
3.5.2. Lojistik hizmetleri.....	29
3.5.3. Ulaşım hizmetleri.....	30
3.5.4. Sağlık hizmetleri.....	30
3.5.5. Sivil savunma hizmetleri .....	30

#### BÖLÜM 4.

DEPO YERİ SEÇİM PROBLEMİNİN GENEL TANIMI.....	32
4.1. Depo Yeri Seçimi .....	33
4.2. Yer Seçimi Problemlerindeki Temel Elemanlar.....	34
4.3. Depo Yeri Seçimi Probleminin Sınıflandırılması.....	35

#### BÖLÜM 5.

DEPO YERİ SEÇİMİ PROBLEMLERİ.....	41
5.1. Weber Problemi .....	42
5.2. Kapsama Problemleri.....	43
5.2.1. Küme kapsama problemleri .....	44
5.2.2. Maksimum kapsama problemleri.....	46
5.3. P-Merkez Problemleri.....	48
5.4. P-Dağılım Problemleri.....	50

5.5. P-Medyan Problemleri.....	51
BÖLÜM 6.	
KÜMELEME ANALİZİ.....	55
6.1. Kümeleme Türleri.....	56
6.1.1. Hiyerarşik (iç içe) kümeleme ve iç içe olmayan kümeleme .....	56
6.1.2. Seçkin, örtüşen ve bulanık kümeleme .....	58
6.1.3. Tam kümeleme ve kısmi kümeleme .....	58
6.2. Küme Türleri .....	59
6.2.1. Örnek tabanlı kümeler.....	59
6.2.2. İyi ayrılmış kümeler .....	59
6.2.3. Yoğunluk Tabanlı kümeleme.....	59
6.2.4. Çizge tabanlı kümeleme.....	60
6.3. Kümeleme Teknikleri .....	60
6.3.1. K-means (ortalama) kümelemesi .....	60
6.3.1.1. K-means işlem basamakları.....	61
6.3.1.2. K-means kümelemesi özellikleri, avantaj ve dezavantajları.....	62
6.4. Kümeleme Analizinin Kullanım Alanları.....	62
BÖLÜM 7.	
GELİŞTİRİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI .....	64
7.1. Kümeleme Analizi .....	65
7.2. Bölgelere Kurulacak Depo Sayısının Belirlenmesi .....	65
7.3. Her Bölge için Depoların Kurulacağı Şehirlerin Belirlenmesi .....	66
BÖLÜM 8.	
UYGULAMA .....	68
BÖLÜM 9.	
SONUÇ .....	89
KAYNAKLAR .....	91
ÖZGEÇMİŞ .....	101

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Afet türleri (Akyel, 2007) .....	10
Şekil 3.2. Modern afet yönetim sistemi ve evreleri (Kadioğlu, 2008a) .....	12
Şekil 3.3. Afet yönetim modeli (Ergünay, 1996) .....	13
Şekil 3.4. Afet yönetimi alanında yapılan yöneylem araştırması çalışmaları (Altay ve Green, 2006) .....	21
Şekil 4.1. Çok kriterli tesis yerleşim probleminin sınıflandırılması (Farahani, 2010).....	39
Şekil 5.1. Weber-Fermat problemi ve Toricelli çözüm yaklaşımı (Karabay, 2013).....	42
Şekil 5.2. Kaplama problemleri şematik gösterimi (Karabay, 2013).....	44
Şekil 5.3. Küme kapsama, maksimum kapsama ve merkez problemleri arasındaki ilişki (Daskin, 1995).....	50
Şekil 6.1. Hiyerarşik kümeleme örneği (Ünler, 2006) .....	57
Şekil 6.2. Hiyerarşik kümelemede oluşan birleştirme ağacı (Ünler, 2006).....	57
Şekil 6.3. K-means işlem basamakları (Çalışkan, 2008).....	61
Şekil 8.1. K-Means algoritmasının adımları (Fırat, 2012).....	70



## TABLULAR LİSTESİ

Tablo 2.1. Afet yönetimi, afet lojistiği, kümeleme ve tesis yeri seçimi ile ilgili yapılmış çalışmalar .....	8
Tablo 3.1. Yöneylem araştırması çalışması ve afet zaman çizelgesi (Altay ve Green, 2006)	20
Tablo 4.1. Tesis yeri seçimi problemleri için sınıflandırma matrisi (Karabay, 2013) .....	39
Tablo 7.1. Geliştirilen çözüm yaklaşımının aşamaları .....	64
Tablo 8.1. Küme sayısı 6 için belirlenen bölgeler ve her kümeye atanan şehirler .....	71
Tablo 8.2. Küme sayısı 8 için belirlenen bölgeler ve her kümeye atanan şehirler .....	71
Tablo 8.3. Küme sayısı 10 için belirlenen bölgeler ve her kümeye atanan şehirler .....	72
Tablo 8.4. İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması (2011).....	74
Tablo 8.5. Depo kurulum maliyetleri .....	75
Tablo 8.6. Küme sayısı 6 için kurulacak depo sayıları .....	77
Tablo 8.7. Küme sayısı 8 için kurulacak depo sayıları .....	77
Tablo 8.7. Küme sayısı 8 için kurulacak depo sayıları (devamı) .....	78
Tablo 8.8. Küme sayısı 10 için kurulacak depo sayıları .....	78
Tablo 8.9. İstanbul ili için kurulacak depo sayıları.....	79
Tablo 8.10. Küme sayısı 6 için sonuç tablosu.....	83
Tablo 8.11. Küme sayısı 8 için sonuç tablosu.....	85
Tablo 8.12. Küme sayısı 10 için sonuç tablosu.....	86
Tablo 8.13. İstanbul ili için sonuç tablosu.....	88

## ÖZET

Anahtar Kelimeler: Yeri Seçimi Problemi, Afet Lojistiği, Kümeleme Analizi, P-Medyan, K-Means Algoritması, Tam Sayılı Programlama, Optimizasyon

Yer seçimi problemleri yöneylem araştırması uzmanlarının yoğun olarak ilgi alanına giren konulardır. Bunlar stratejik yapıda bir karar olup sermaye yatırımı gerektirirler ve ekonomik etkileri uzun dönemlidir. Yer seçimi problemleri genellikle optimal olarak çözülmesi zor olan problemlerdir. Ayrıca söz konusu modeller uygulamaya özel problemlerdir. Amaç fonksiyonları, değişkenleri ve kısıtları incelenen probleme göre değişir.

Bu çalışmada depo yeri seçimi problemi ele alınmıştır. Türkiye’de meydana gelecek afet durumunda, afetzedelerin yiyecek, giyecek, barınma ve diğer acil ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan malzeme ve teçhizatların depolanacağı yerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Kurulacak depoların yerleri belirlenirken ilk olarak k-means algoritması ile kümeleme analizi yapılarak ülke coğrafyası bölgelere ayrılmıştır. Depoların hizmet kapasiteleri, depo kurulum maliyetleri, illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik değerleri, depo sayıları, iller arası uzaklık matrisi gibi kısıtlar altında ise P-medyan (0-1 tam sayılı programlama) modellenmiştir. Bu kısıtlar altında modellenen problem sonucunda depoların kurulacağı yerler ve bu depolardan yardım görecektir şehirler belirlenmiştir.

# **SOLUTION OF WAREHOUSE LOCATION SELECTION PROBLEM FOR DISASTER LOGISTICS USING A OPTIMIZATION AND CLUSTER TECHNIQUES**

## **SUMMARY**

**Keywords:** Location Problem, Disaster Logistics, Cluster Analysis, P-Median, K-Means Algorithm, Integer Programming, Optimization

The facility location problems are ones which, operation researchers intensively interest. These can be called as a strategical decision, required capital investment and economical outcomes last long term. Eventually these facility location problems are typically difficult ones to solve. Moreover, these are called as application-specific problems. Objective functions, variables and constraints may be changed according to problems.

In this thesis, such a disaster warehouse location selection problem was studied. In case of any disastrous situation in Turkey, defining the most proper storage area for the materials and equipment are aimed in order to provide required foods, clothes, shelters and other urgent needs.

To determine the most suitable warehouse locations, k-means algorithm which is one of the cluster analysis was used. Turkey was divided into geographical regions. By the way, the service capacities of warehouses were considered. The problem was also modeled as P-median 0-1 integer programming under constraints of setup costs, socio-economic development values, distance distributions of the cities and also the number of warehouses. As a result, the most suitable location of warehouses and which cities will be cover from a warehouse, were determined.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Afet, meydana geldiği yerde kalıcı veya geçici büyük küçük ölçekte birçok hasar bırakmakta, bu yaraların sarılması ise Kızılay ve diğer sivil toplum kuruluşlarına düşmektedir. Afet anında yaşanacak kaosu azaltmak için afet öncesi hazırlık aşamasına büyük görev düşmektedir. Afet anında görev alacak herkesin görev ve sorumluluklar belirlenmeli, ihtiyaç duyulacak malzeme ve teçhizatlar hazırda bulundurulmalıdır.

Yer seçimi problemleri yöneylem araştırması bilim dalında önemli bir yere sahiptir. Yer seçimi çalışmaları Alfred Weber'in 1909 yılında yapmış olduğu depo yeri seçimi ile başlamış ve günümüze kadar gelişerek devam etmiştir.

Yer seçimine ilişkin yapılan çalışmalarda amaç uzaklık ve maliyetin minimize edilmesi veya yer seçimi kararına göre elde edilecek kârın maksimize edilmesidir.

Yer seçimi kararları hem kamu sektöründe hem de özel sektörde çok büyük yatırımların yapıldığı ve detaylı değerlendirmeler neticesinde ortaya konması gereken kararlardır. Hem kamu hem de özel sektörde yer seçimi problemleri amaçları açısından birbirlerinden ayrılmaktadır. Kamu sektörü için hedef insanlara hizmet götürmek ve tüm vatandaşlara ulaşmak iken, özel sektör için karın artırılması ya da maliyetin azaltılması esas amaçtır.

Yer seçimi problemleri, birçok alanda uygulamalara sahiptir. Bu uygulamalar, işletme, fabrika, alışveriş merkezi, okul, hastane, postane gibi kuruluşların yer seçiminden, ambulans, itfaiye, polis araçlarının yer seçimine kadar çok çeşitli konularda ortaya çıkmaktadır.

Yer seçimi problemlerinin karşımıza çıkan bir başka alanı ise, bir afet sonrasında, afetzedelerin barınma, giyecek, yiyecek gibi ihtiyaçlarının karşılanacağı depoların yerlerinin seçimidir.

Yer seçimi problemlerinde etkin çözüm yolları sunan yöneylem araştırması dallarından olan matematiksel modellemeler depo yeri seçimi problemlerinin çözümünde esas rolü üstlenmektedir. Kurulan matematiksel modeller depoların hangi şehirlere kurulacağını ve depo kurulmayan diğer şehirlerin hangi depolardan faydalanacağını tespit etmektedir.

Cooper (1964) yer seçimi problemini genel olarak şu şekilde tanımlamıştır:

“Her bir hedef için talep ve taşıma maliyetleri verildiğinde, toplam yer seçimi ve taşıma maliyetlerini en küçük yapan tesis sayısına, tesislerin kurulacağı yere ve kaynak kapasitelerine karar vermektir.”

Bu tanıma göre, depo yeri seçimi problemleri ilk olarak depolarla ve depoların kurulacağı şehirlerle oluşturulur. İkinci olarak, sorulacak iki soru ve bir amaç fonksiyonu vardır: Bu sorulardan ilki, tüm şehirler içerisinde depoların nerelere kurulacağı; ikincisi de, depo açılmayan diğer şehirlerin depolara nasıl atanacağıdır. Amaç fonksiyonu, çoğu zaman toplam uzaklığı en küçük yapacak şekilde ya da kapsanan alanı en büyük yapacak şekilde kurulur. Depo yer seçimi problemlerinin büyük bir bölümü bu amaç fonksiyonlarına göre oluşturulmasına karşın; literatürde daha karmaşık amaç fonksiyonlarının ve farklı kısıtların olduğu problemler de vardır (Liu, 2005).

Bu tez çalışmasında depo yeri seçimi problemi ele alınmıştır. Türkiye’de meydana gelecek afet durumunda, afetzedelerin yiyecek, giyecek, barınma ve diğer acil ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan malzeme ve teçhizatların depolanacağı yerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada ikinci bölümde literatür araştırması yapılarak, bu konularla ilgili yapılan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde afet yönetimi ve afet lojistiği konusu, dördüncü ve beşinci bölümlerde depo yeri seçimi probleminin genel tanımı ve depo yeri seçimi problemlerinin türleri açıklanmıştır.

Altıncı bölümde kümeleme analizi ve kümeleme teknikleri, yedinci bölümde ise geliştirilen çözüm yaklaşımı anlatılmıştır.

Sekizinci bölümde problemin uygulama kısmı verilmiş ve kurulacak olan depoların sayıları ve yerleri belirtilmiştir.

Dokuzuncu ve son bölümde ise elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

## **BÖLÜM 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

Afet, toplumlarda ekonomik, sosyal ve fiziksel kayıplar oluşturan, normal yaşantıyı ve faaliyetleri durduran ya da kesintiye uğratan ve ayrıca da toplumun kendi imkân ve kaynakları ile üstesinden gelemeyeceği olaylardır. Afet engellenemez bir olaydır. Fakat etki ve zararları yürütülecek çalışmalarla hafifletilebilmektedir.

Literatür çalışması afet yönetimi, afet lojistiği, kümeleme ve afet merkezi seçimi konularında incelenecektir.

İlk olarak afet yönetimi ve afet lojistiği ile ilgili literatürdeki çalışmalar incelenmiştir. Karaca (2003) deprem bölgesine gönderilen Türk Kara Kuvvetlerinin lojistik tedarik zincirinin optimizasyonu üzerine çalışma yayınlamıştır. Altay ve Green (2006) afet yönetimi konusunda detaylı bir çalışma hazırlamışlardır. Dönertaş (2006) afet yönetimi kapsamında güvenli yerleşim yerlerinin tasarımı için kentsel tasarım standartlarının geliştirilmesi üzerine çalışma yapmıştır. Olgun (2006) 1999 sonrası İstanbul için afet kaynaklı krizlerin yönetimi konulu çalışma hazırlamıştır. Ertürkmen (2006) afet yönetimi ile ilgili genel bir çalışma hazırlamıştır. Akyel (2007) çalışmasında Türk afet yönetim sistemini incelemiş, karşılaşılan sorun ve tespitleri aktarmıştır. Doğan (2007) afet acil müdahale dönemleri için insan gücü planlaması konusunu ele almıştır. Yahşi (2007) afet yönetimi kapsamında Bandırma ilçesini incelemiştir. Ergünay (2008) afet yönetiminde kurumsal yapılanma anlamında mevcut mevzuatı ve olması gereken konusunda çalışma yapmıştır. Erkan ve arkadaşları (2008) meteorolojik veriler ışığında büyük orman yangınlarını incelemiştir. Görmez (2008) İstanbul için afet müdahale ve yardım merkezi yer seçimi adlı çalışma yaparak afet durumunda müdahale ve yardım merkezlerinin nereye kurulması ile ilgili bir çalışma yayınlamıştır. Kalaycıoğlu (2008) çalışmasında afet yönetiminde kontrol sistemleri bazlı karar destek sistemi konusunda çalışmıştır.

Kadioğlu (2008a) afet zararlarını azaltmanın temel ilkeleri üzerine çalışma yapmıştır. Karaman (2009) alışmasında afet yardımında stoklama kararları konusunu incelemiştir. Durduran ve Geymen (2010) Türkiye’de yapılmış afet bilgi sistemi çalışmalarının genel bir değerlendirmesini yapmışlardır. Kurucu (2010) İstanbul’da afet yönetimi ve acil ulaşım yollarının değerlendirilmesi adlı çalışma yayınlamıştır. . ner (2010) afet yönetimini incelemiş ve Niğde ili üzerinde çalışma yapmıştır. Tanrıöven (2010) İstanbul’da oluşabilecek afet durumunda ambulans yollarının belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Yiğit (2010) farklı afet tiplerine ve oluşma olasılıklarına göre en uygun depo seçimi ve malzeme miktarının belirlenmesi üzerine çalışmıştır. zbek (2011) alışmasında afet sonrası olası zararlar üzerinde en yüksek etkiye sahip hazırlık ve zarar azaltma faaliyetlerini tespit etmek için matematiksel model önermiştir. Sürmeli (2011) alışmasında yapay sinir ağları ile afet yönetiminde sosyal zarar görebilirlik riskinin belirlenmesi konusunu incelemiştir. Bozkurt ve Duran (2012) doğal afetlerin etkilerini araştırmıştır. Caunhye ve arkadaşları (2011) literatürdeki afet lojistiği kavramını incelemiş ve bir optimizasyon modeli oluşturmuşlardır. Gümüşbuğa (2012) afet yönetimi kapsamında risk tabanlı tesis yeri seçimi üzerine çalışma yapmıştır. Güzel (2013) alışmasında afet sonrası iyileştirme ve yeniden yapılanma çalışmalarına yönelik afet yönetimi bilgi sistemi tasarımına yer vermiştir. Oğuz (2012) alışmasında İstanbul ilindeki afet durumunu konu almıştır. Aras (2013) Edirne’de meydana gelen deprem ile ilgili çalışmalar yapmış ve afet yönetimi konusunu ele almıştır. Kaya (2013) alışmasında Türk kamu yönetiminde gönüllülük ve afet yönetimi konusunu ele almıştır.

Kümeleme analizi bir araştırmada incelenen konuları aralarındaki benzerliklerine göre belirli gruplar içinde toplayarak sınıflandırma yapmayı, konuların ortak özelliklerini ortaya koymayı ve bu sınıflar ile ilgili genel tanımlar yapmayı sağlayan bir yöntemdir. İkinci olarak literatürdeki kümeleme ile ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Kauffman (1990) veri gruplama ile ilgili çalışmalar yayınlamışlardır. Yıldız (1998) kümeleme algoritmaları üzerine çalışma yapmıştır. Berkhin (2002) veri depolamada kümeleme tekniğinin kullanımı üzerine çalışma yayınlamıştır. Ye (2003) veri madenciliği ile ilgili bir el kitabı yayınlamıştır. Han ve Kamber (2006) veri madenciliği teknikleri ile ilgili çalışma yayınlamıştır. nler (2006) sezgisel



yöntemlerle K-harmonik ortalama veri kümeleme eniyilemesi üzerine çalışma yapmıştır. Akın (2008) veri madenciliğinde kümeleme algoritmalarını incelemiştir. . Çalışkan (2008) karınca kolonisi optimizasyonu ile araç rotalama probleminin maliyetlerinin kümeleme tekniği ile iyileştirilmesi üzerine çalışma yapmıştır. Sarıman (2011) veri madenciliğinde kümeleme algoritmalarının kullanımı ile ilgili çalışma yayınlamıştır. Haner (2012) çalışmasında matematik tabanlı kümeleme yöntemlerini incelemiştir. Alkan (2012) kümeleme algoritmaları üzerine çalışma yapmıştır. Savaş ve arkadaşları (2012) Türkiye'deki veri madenciliği çalışmalarını incelemiştir. Akpolat ve arkadaşları (2013) kümeleme teknikleri ile ilgili detaylı bir çalışma yaparak kullanımı ile ilgili bilgi sunmuşlardır. Atılgan (2014) kümeleme algoritmaları üzerine çalışma yapmıştır. Çam (2014) ve Gökalp (2014) ise veri madenciliğinde kümeleme algoritmalarını incelemiştir.

Afet yardım depolarının yerlerinin seçimi afetzedelere müdahale açısından büyük önem taşımaktadır. Literatürde bu konu ile ilgili yapılmış olan çalışmalar incelenmiştir. Daskin (2003) bu konu ile ilgili olarak tedarik zinciri tasarımında tesis yeri seçimi konusunu ele almıştır. Drezner ve Hamacher (2002) yine bu konuda çalışarak tesis yeri seçiminin önemini vurgulamışlardır. Farahani ve arkadaşları (2009) çok kriterli tesis yeri seçimi konusunu incelemiştir. Gencer ve Açıkgöz (2006) Türk Silahlı Kuvvetlerinin arama kurtarma timlerinin yerleşimi hakkında bir çalışma yayınlamışlardır. Church ve Reville (1974) yer seçimi problemlerinde maksimum kapsama konunu ele almışlardır. Hale ve Moberg (2003) yer seçimi konusunda detaylı bir çalışma yapmışlardır. Melo ve arkadaşları (2007) tedarik zinciri yönetimi ve tesis yeri seçimi konularını aynı anda ele alarak incelemiştir. Reville ve Swain (1970) P-merkez yer seçimi konusunda çalışma yayınlamışlardır. Jamshidi (2009) ve Bastı (2012) yer seçimi çalışmalarında P-medyan konusunu incelemiştir. Marianov ve Serra (2004) P-medyan algoritmasının kullanımını incelemişler ve özel sektörde uygulamasını yapmışlardır. Alp ve arkadaşları (2003) P-medyan problemlerinde genetik algoritma kullanarak çözüme gitmişlerdir. Ashrafzadeh ve arkadaşları (2012) depo yeri seçimi çalışmalarında bulanık AHP kullanmışlardır. Koç ve Burhan (2015) depo yeri seçiminde AHP tekniğini kullanmış ve bu konu ile ilgili bir çalışma yayınlamışlardır. Roh ve arkadaşları (2013) insani

yardım lojistiğinde depo yeri seçiminin önemini anlatan bir çalışma hazırlamışlardır. Chen ve arkadaşları (2013) tesis yeri seçimi konusunda literatür araştırması yapmışlardır. Daskin (1995) ve Current ve arkadaşları (2001) ayırık kümeler ile ilgili olarak yer seçimi çalışmaları yapmışlardır. Falconer ve Drury (1975) endüstriyel depolar ve dağıtım ağları üzerine çalışma yapmışlardır. Heizer ve Render (1988) çıkardıkları üretim yönetimi kitaplarında tesis yeri seçimi konusunu detaylıca ele almışlardır. Kloze ve Drexel (2003) tesis yeri seçimi ve dağıtım ağı tasarımı konusunu incelemişlerdir. Min ve Zou (2002) tedarik zincirinin geçmişi, bugünü ve geleceğini konu aldığı çalışmasında tesis yeri seçimini de incelemişlerdir. MacCarthy ve Atthirawong (2003) Delphi tekniği ile tesis yeri seçimi konusunu araştırmışlardır. Owen ve Daskin (1998), Sule (2002) ve Sönmez (2012) yer seçimi konusunda detaylı çalışmalar yapmışlardır. Doğu Üniversitesi (2009) itfaiye istasyonlarının yer seçimi adlı proje çalışması yaparak İstanbul Büyükşehir Belediyesine sunmuşlardır. Darende (2009) tesis yeri seçimi ile deprem durumunda yaralıların toplanacağı noktaların belirlenmesi için bir çalışma yapmıştır. Ballı (2014) çalışmasında bir kamu kuruluşu için bulanık doğrusal programlama kullanarak tesis yeri seçimi yapmıştır. Karabay (2013) ise çalışmasında matematiksel modelleme ve stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi ile bir kamu kurumu için tesis yeri seçimi yapmıştır. Can (2012) Samsun ili için lojistik köyünün yerinin belirlenmesi çalışmasını çok kriterli karar verme teknikleri kullanarak belirlemiştir. Ağdaş (2014) ve Arık (2014) yer seçimi çalışmalarında çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanmışlardır. Güngör (2013) çok kriterli tesis yeri seçiminde hiyerarşik gri ilişkisel analiz yöntemini kullanmıştır. Aydın (2013) çalışmasında rüzgâr enerji santral yeri seçimini bulanık topsis ve vikor yöntemlerini kullanarak yapmıştır. Çalışkan (2008) kapasitesiz tesis yeri seçimi problemini karınca kolonisi algoritması kullanarak çözmüştür. Yaran (2009) Marmara bölgesinde Ro-Ro taşımacılığı için liman yeri seçimi çalışması yapmıştır. Özer (2005) çalışmasında mermer fabrikaları için tesis yeri seçimi yapmıştır. Aygun (2014) bir kamu kurumu için tesis yeri seçimi yapmıştır. Çaka (2012) tedarik zinciri yönetiminde Choquet integrali yöntemini kullanarak depo yeri seçimi çalışması yapmıştır. Basmacı (2013) tersine lojistik ağlarında toplama merkezleri için yer seçimi konusunu çalışmıştır. Büyüksaatçi ve

arkadaşları (2008) geri dönüşüm tesislerinin yerini Gustafson-Kessel algoritması ile belirlemişlerdir.

Yukarıda adı geçen çalışmalar ve yazarlar aşağıda Tablo 2.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.1. Afet yönetimi, afet lojistiği, kümeleme ve tesis yeri seçimi ile ilgili yapılmış çalışmalar

<b>Problem Tipi</b>	<b>Yazar Adı-Soyadı</b>
<b>Afet Yönetimi ve Afet Lojistiği</b>	Karaca (2003), Altay ve Green (2006), Dönertaş (2006), Ertürkmen (2006), Olgun (2006), Akyel (2007), Doğan (2007), Yahşi (2007), Ergünay (2008), Erkan (2008), Görmez (2008), Kalaycıoğlu (2008), Kadioğlu (2008a), Karaman (2009), Durduran ve Geymen (2010), Kurucu (2010), Öner (2010), Tanrıöven (2010), Yiğit (2010), Özbek (2011), Sürmeli (2011), Bozkurt (2012), Caunhye ve arkadaşları, (2012), Gümüşbuğa (2012), Güzel (2013), Oğuz (2012), Aras (2013), Kaya (2013)
<b>Kümeleme Algoritması</b>	Kauffman (1990), Yıldız (1998), Berkhin (2002), Ye (2003), Han ve Kamber (2006), Ünler (2006), Akın (2008), Çalışkan (2008), Sarıman (2011), Haner (2012), Alkan (2012), Savaş ve arkadaşları (2012), Akpolat ve arkadaşları (2013), Çam (2014), Gökalp (2014), Atılgan (2014),
<b>Yer Seçimi Problemleri</b>	Revelle ve Swain (1970), Church ve Revelle (1974), Falconer ve Drury (1975), Heizer ve Render (1988), Daskin (1995), Owen ve Daskin (1998), Current ve arkadaşları (2001), Drezner ve Hamacher (2002), Sule (2002), Alp ve arkadaşları (2003), Daskin (2003), Hale ve Moberg (2003), Klose ve Drexel (2003), MacCarthy ve Atthrirawong (2003), Marianov ve Serra (2004), Özer (2005), Gencer ve Açıkgöz (2006), Melo ve arkadaşları (2007), Büyüksaatçi ve arkadaşları (2008), Çalışkan (2008), Doğu Üniversitesi (2009), Darende (2009), Farahani ve arkadaşları (2009), Jamshidi (2009), Yaran (2009), Ashrafzadeh ve arkadaşları (2012), Bastı (2012), Can (2012), Çaka (2012), Sönmez (2012), Aydın (2013), Basmacı (2013), Chen ve arkadaşları (2013), Güngör (2013), Karabay (2013), Roh ve arkadaşları (2013), Ağdaş (2014), Arık (2014), Aygun (2014), Ballı (2014), Koç ve Burhan (2015)

## **BÖLÜM 3. AFET YÖNETİMİ VE AFET LOJİSTİĞİ**

### **3.1. Afet ve Afet Yönetim Sistemi**

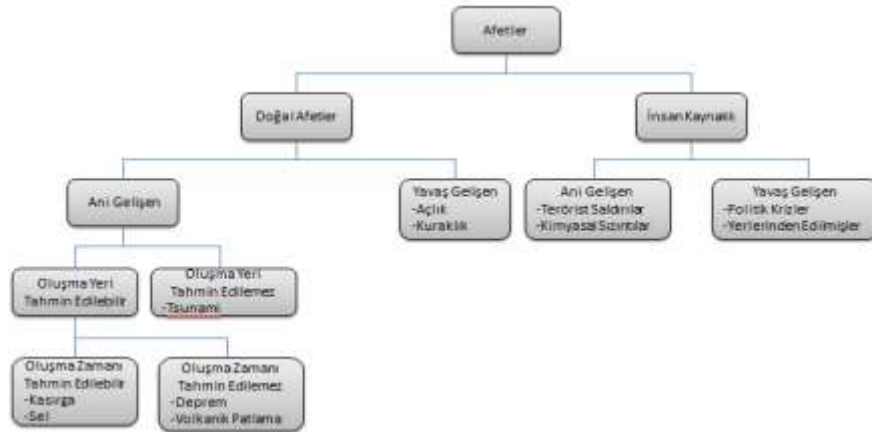
#### **3.1.1. Afetin tanımı, türleri, temel kavramları**

Toplumlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşantıyı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen ve etkilenen topluluğun kendi imkân ve kaynaklarını kullanarak üstesinden gelemeyeceği doğal, teknolojik ve insan kaynaklı olayların sonuçlarına afet denilmektedir (Ergünay, 2008). Diğer bir ifade ile afet, bir olayın kendisi değil doğurduğu sonuçtur (Durduran ve Geymen, 2010). Bir olayın afet olarak isimlendirilebilmesi için, insan toplulukları ve onların yerleşim yerleri üzerinde kayıplar meydana getirmesi ve genel hayatı durdurarak veya etkileyerek bir ya da daha fazla yerleşim birimini etkilemesi gerekmektedir (Sarp, 1999).

Güncel Türkçe sözlükte afet, “Çeşitli doğa olaylarının sebep olduğu yıkım” olarak ifade edilmektedir (TDK[web], 2016).

Birleşmiş Milletler tarafından ise afet, “insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal yaşamı durdurarak ya da kesintiye uğratarak toplumları etkileyen ve yerel imkânlar ile baş edilemeyen her türlü doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olan bütün olaylar” olarak ifade edilmektedir (Kadıoğlu, 2008a).

Afetler çeşitli şekillerde sınıflandırılmaktadır. Health and Humanitarian Logistics Center (2012) tarafından yapılan sınıflandırma aşağıda Şekil 3.1.’de görülmektedir. Bu sınıflandırmaya göre afetler, doğal afetler ve insan kaynaklı afetler olarak iki ana gruba ayrılmaktadır.



Şekil 3.1. Afet türleri (Akyel, 2007)

- Doğal afetler, oluşumu insanlar tarafından engellenemeyen doğa olaylarına dayalı afet türleridir. Doğal afetler, toplulukları direk olarak ve bir anda etkileyerek can ve mal kayıplarına yol açarlar. Doğal afetler jeolojik kökenli afetler ve meteorolojik kökenli afetler olmak üzere iki kısımda incelenir. Deprem, heyelan ve yanardağ patlamaları jeolojik kökenli afetlere örnektir. Fırtına, Sel, aşırı kuraklık, orman yangını, hortum, çığ ve iklim değişiklikleri gibi afet türleri ise meteorolojik kökenli doğal afet türleri için birer örnektir.
- İnsanların sebep olduğu afet türüne doğal olmayan afet denir. Nükleer ve kimyasal kazalar, sabotajlar, terör olayları, asit yağmurları, hava kirliliği ve su kirliliği gibi insan yaşamına zarar veren afet türleri bu kategoriye girmektedir (Akyel, 2007).

Afet yönetimi kapsamında kullanılan çeşitli kavramlar vardır. Aşağıda açıklamaları verilen bu tanımların Türk yazını ile uluslararası yazında farklı şekillerde tanımlandığını belirten Kadioğlu (2008a), bu kavramları uluslararası yazına uygun hale getirmiştir. Bu tanımlar aşağıda verildiği gibidir:

Tehlike: Can ve mal kayıplarına neden olan, ayrıca sosyo-ekonomik düzene, tabii ve kültürel kaynaklara zarar verme potansiyeli olan her şeydir.

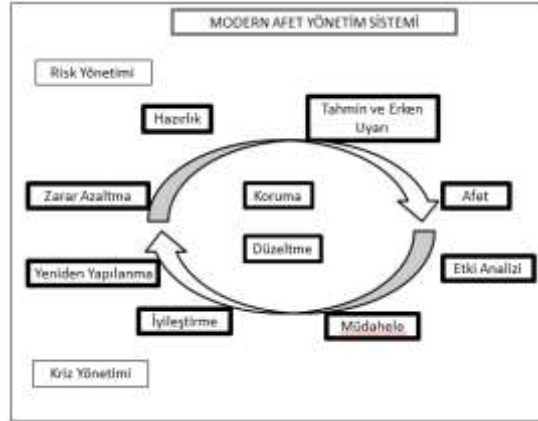
Hassasiyet (Zarar Görebilirlik, Savunmasızlık): Kişilerin, malların ya da çevrenin bir tehlikenin etkisi sebebiyle kayıp, yaralanma ve hasara maruz kalma seviyesidir.

Risk: Bir tehlikenin, bölge sakinlerinin etkinlikleri, özgün tesisleri, tabii ve kültürel kaynakları üzerinde olan tahmini kötü etkisidir (Kadıoğlu, 2008a).

Değer: Tehlikeden etkilenebilecek olan nüfus, altyapılar, ekonomik ve sosyal unsurlar değer olarak tanımlanmıştır (Gökçe ve ark., 2008).

### **3.1.2. Afet yönetim sistemi ve evreleri**

Kadıoğlu (2008a)'na göre modern afet yönetim sistemi ve evreleri aşağıdaki Şekil 3.2.'deki gibidir. Buna göre, modern afet yönetim sisteminin, afet öncesindeki koruma amaçlı çalışmaları kapsayan "risk yönetimi" ve afet sonrasındaki düzeltme amaçlı çalışmaları kapsayan "kriz yönetimi" olarak iki aşaması vardır. Kriz yönetiminin başarısı risk yönetimine bağlıdır fakat tersi geçerli değildir. Tek başına kriz yönetimi, afetin tehlikeye dönüşmesine neden olur. Bu nedenle, risk yönetimi büyük önem arz etmektedir. Afet öncesinde yapılacak olan risk yönetimi odaklı planlama ile yaşanabilecek olası kayıplar azaltılabilir, afete müdahale operasyonlarının etkinliğini artırılabilir. Olası afetlere müdahale edebilmek için açılacak olan tesislerin yerlerinin belirlenmesi, bu tesislerin afet bölgelerini destekleme durumlarının ve maruz kalabilecekleri tehditlerin değerlendirilmesi risk yönetimi kapsamındadır (Kadıoğlu, 2008a). Kriz yönetimi ise, afetten sonra oluşan sorunların belirlenip bu sorunların en kısa sürede atlatılabilmesi için gerekli kararların alınması faaliyetlerini içermektedir. Kriz yönetimi, müdahale ve iyileştirme aşamalarından oluşur (Şahin, 2010).



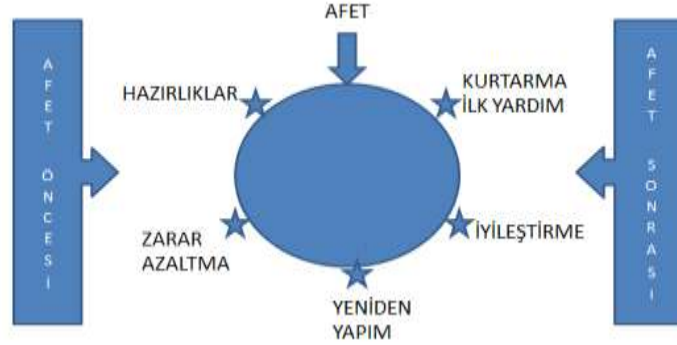
Şekil 3.2. Modern afet yönetim sistemi ve evreleri (Kadioğlu, 2008a)

Afet yönetimi, yukarıda bahsedilen dört ana aşamada yapılması gereken çalışmaların, toplumun tümünü kapsayacak şekilde planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, gerekli mevzuatların ve kurumsal yapılanmaların oluşturulması veya yeniden düzenlenmesi ve etkin ve verimli bir uygulamanın sağlanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, kaynaklarının bu ortak amaçlar doğrultusunda yönetilmesini gerektiren çok geniş bir kavramdır. Zamanla afete neden olacak tehlike ve riskler değişse bile afet yönetimi ile ilgili faaliyetler devam edecektir. Ayrıca yeni tehlike ve risklere göre yeni önlemler geliştirilmesi ihtiyacı sürekli var olacaktır (Ergünay, 2008).

Afet yönetimi, dinamik bir yönetim biçimidir. Afet yönetimi sağlık alanından kurtarmaya, eğitimden imara kadar birçok alanı ilgilendiren ve birçok kurumun taraf olduğu işlemler bütünüdür. Bu açıdan afet yönetimi kavramı, afet olgusunun boyutu ve çeşidi ile orantılı olarak, oluşan duruma göre şekil aldığı söylenebilir (Sayıştay[web], 2016).

Küçük çaplı bir afet karşısında oluşturulacak afet yönetim modeli ile doğal ya da teknolojik nedenlerden kaynaklanan, bölgesel veya ülkesel ölçekte etki doğuran bir afette oluşturulacak yönetim modeli büyük farklılıklar içerir. Genel olarak uygulanan, afet olduktan sonra duruma müdahale etme anlayışı artık değişmektedir. Afet zararlarını azaltmada, afet sonrası müdahale kadar, afet olmadan önce yapılacak hazırlıkların önemi kavranmıştır (Hayriye ve Ahmet, 2007). Afet yönetim modeli, süreklilik gerektiren bir modeldir ve iç içe girmiş evrelerden oluşur. Aşağıdaki Şekil

3.3.' de görüldüğü gibi, afet yönetimi; zarar azaltma, hazırlık, kurtarma (ilk yardım) ve iyileştirme evrelerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.3. Afet yönetim modeli (Ergünay, 1996)

### 3.1.2.1. Zarar azaltma

Kadıoğlu (2008a)'na göre zarar azaltma evresi, modern afet yönetiminin “kalbi” dir. Zarar azaltma, tehlikeli bir durum sonucu ortaya çıkabilecek can ve mal kayıplarını azaltmak amacıyla yapılan faaliyetlere denir. Amaç, hassasiyetleri azaltarak tehlikenin afete dönüşmesini engellemektir. Birçok tehlikeyi değiştirme imkânımız olmadığı için, zarar azaltma önlemleri ile etki edilebilecek unsur hassasiyettir. Hassasiyet unsurunu azaltan tedbirlerin alınmamasının sonucu, büyük risk ve afetlerin oluşmasıdır. Hassasiyetin azaltılması, afetin etkisini ve riski küçültür (Kadıoğlu, 2008a). Yapılan bu çalışma için düşünülecek olursa, deprem, sel, çığ ve heyelan gibi doğal afetlerin oluşumuna engel olamayız. Bu afetlerden etkilenebilecek yerlere depo kurulması, afete müdahale ve yardım süreci açısından büyük hassasiyet arz etmektedir. Bu afetler, depoları ve depolara ulaşımı büyük ölçüde etkileyebilir. Depoların kurulum yerleri bu aşamalar düşünülerek seçilmelidir.

Zarar azaltma çalışmaları çok çeşitli meslek gruplarının birlikte belli hedefler çerçevesinde işbirliği içinde çalışmalarını gerektirdiği için uzun vadeli ve sürekli çalışmalardır.



### 3.1.2.2. Hazırlık

Zarar azaltma aşamasında yapılan çalışmalara ve alınan önlemlere rağmen afetin doğuracağı sonuçların tam olarak önlenmesi ve tehlikenin tamamen ortadan kalkması mümkün değildir. Bu yüzden bu aşamasında, acil durum planları hazırlanır ve geliştirilir. Hazırlanan bu planların içeriğini oluşturan her türlü faaliyet ayrıntılı şekilde bu aşamada hazırlanır. Bu faaliyetler sadece alarm sürecinde yapılan faaliyetler olarak görülmemeli, tehlikenin olası yıkıcı etkilerini azaltacak ve insan canı, malı ve milli servetini koruyacak uzun veya kısa süreli birçok faaliyeti kapsamalıdır (Ergünay, 2008).

Afet anında ve sonrasında ihtiyaç duyulabilecek teçhizat ve malzemeler çeşitli noktalardaki depolarda, önceden bulundurulmalıdır. Kurtarma ve yardım işlemlerini yapacak kurum ve kuruluşlar stoklarını uygun koşullarda ve afet anında en kısa sürede harekete geçirebilecek şekilde bulundurmalıdır. Afet hazırlık aşamasında ayrıca lojistik destek planları hazırlanmalıdır. Bu planlar çerçevesinde, afet anı ve sonrasında durum değerlendirmesi hızlıca yapılarak doğru kararlar verilmeli ve müdahale, bu kararlara göre başlatılmalıdır. Afet anında temin edilecek malzemeler için temin faaliyetleri planlanmalı ve buna yönelik olarak, afete hazırlık aşamasındaki çalışmalar ile veri tabanları ve karar destek sistemleri geliştirilmelidir. Yurtiçi ve yurtdışındaki yardım faaliyetleri koordine edilmelidir. Yardım malzemelerinin nerede ve geçici olarak nasıl depolanacakları, nasıl dağıtılacakları konuları afete hazırlık aşamasında planlanmalıdır (IFRC[web], 2016).

Hazırlık evresinde, çeşitli amaçlar için tesislerin/depoların kurulması planlanabilmektedir. Başka bir deyişle, tesis/depo yer seçimi kararları hazırlık safhasında verilmektedir.

Yapılan bu çalışmada; afet öncesi hazırlık evresinin çalışma konusuna giren depo yeri seçimi konusu ele alınmaktadır. Kurulacak olan depolar, afet anında kullanıma uygun olmalı ve deponun kapasitesi kadar kişiye yardım sağlayabilmelidir. Bu

amaçla hazırlık evresinde yapılacak olan çalışma ile depoların hangi şehirlere kurulması gerektiği sorusunun cevabı bulunmalıdır.

### **3.1.2.3. Kurtarma / ilk yardım / müdahale**

Afet olduktan sonra başlayan, afetin büyüklüğüne göre, 3 gün ile 1-2 aylık süreyi kapsayan faaliyetlerdir. Bu evredeki faaliyetler kurtarma, tedavi ve hayatı idame çalışmaları üzerine yoğunlaşır. En kısa sürede çalışmaların başlatılması, hizmet hızının ve seviyesinin nicel ve nitel olarak artırılması ve devamlılıklarının sağlanması gerekir (Kadıoğlu, 2008a).

### **3.1.2.4. İyileştirme**

Ergünay (2008)'a göre iyileştirme aşaması, bir afet meydana geldikten hemen sonra başlayarak afetin büyüklüğüne göre birkaç yıl sürebilen bütün faaliyetlerdir.

Bu evrede, afete maruz kalmış olan değerlerin afet öncesindeki durumlarına geri döndürülmesi hedeflenir. Afetten etkilenmiş olan toplulukların normal ihtiyaçlarının en kısa sürede minimum düzeyde karşılanabilmesi için çaba gösterilir (Kadıoğlu, 2008a).

Özetle, zarar azaltma ve hazırlık evreleri kapsamındaki faaliyetler afet öncesinde yapılan faaliyetlerdir. Afet öncesinde, zarar azaltma çalışmaları kapsamında değerlerin risk faktörleri belirlenir, zarar görülebilirlik / hassasiyet analizleri yapılır. Hazırlık kapsamında altyapı oluşturulur, kurulacak olan afet yardım istasyonlarının ve depoların yerleri belirlenir, afet politikaları ve afete müdahale kapasitesi geliştirilir. Afet organizasyonunda görev yapacak personel eğitilerek afete hazırlık aşaması tamamlanır.

Afet anında, müdahale faaliyetleri yerine getirilir. Müdahale kapsamında, kurtarma operasyonları iki aşamada gerçekleştirilir. İlk aşamada, afetten etkilenen insanların kurtarılması, doyurulması ve güvenli yerlere alınarak korunması amaçlanır. İkinci

aşamada ise, afetzedelerin barınma ihtiyaçlarının karşılanması ve yiyecek temininin devamlılığı amaçlanır. Afet anında, lojistik destek üç safhada yapılır. İlk safhada, eldeki kaynaklar afet bölgesine gönderilir ve ihtiyaç duyulan diğer kaynakların teminine başlanır. İkinci safhada, temin edilen diğer kaynaklar afet bölgesi dışından afet bölgesine uzun mesafe taşımacılığı ile getirilir. Son safhada, afet bölgesine gelen kaynaklar, afet bölgesi içindeki afetzedelere ihtiyaçları doğrultusunda ulaştırılır.

Afet sonrasında, iyileşme faaliyetleri yerine getirilir. Bu iyileştirme faaliyetlerine örnek olarak, enkaz kaldırma, hasar gören altyapının yeniden inşası ve toplulukların yeniden oluşturulması faaliyetleri verilebilir. Afete maruz kalan altyapının, afet planlamasının ve afete müdahalenin etkinlikleri ölçülür, bütün süreç incelenerek, eksiklik görülen noktalarda alınması gereken dersler çıkarılır (Gümüüşbuğa, 2012).

### **3.2. Afet Lojistiği ve Aşamaları**

Afet acil durum lojistiği, insanları, kaynakları, yetenek ve bilgiyi, afetzedelere yardım etmek için etkin bir şekilde organize edebilen süreçler ve sistemlerden oluşur (Kadıoğlu, 2012).

Afet lojistiğinin aşamaları aşağıdaki gibidir:

- Afet öncesi hazırlık
- Afet müdahale süreci
- Müdahale sonrası lojistik faaliyetler

#### **3.2.1. Planlama**

Afet öncesindeki hazırlık ve planlar doğru nitelikteki malın, doğru zamanda, doğru yere, en uygun maliyetle ulaştırılmasını sağlamaya yönelik çalışmaları kapsamaktadır. Bunun için;

- Lojistik verilerine ulaşım programın fizibilitesi hazırlanmalı,
- Afet planlarına uygun malzeme çeşitlerinin ve miktarları belirlenmeli,

- Belirlenen malzemelerin temin edilebilirliği (firmaların tespiti) ve temin süreleri belirlenmeli,
- Temin edilecek malzemelerin hangi depolarda ve ne şekilde depolanması gerektiği tespit edilmeli,
- Depolama alanlarının durumları, fiziki şartları, ekonomik şartları, depo kapasiteleri, depo ulaşım imkânları belirlenmeli,
- Ulusal ve bölgesel afet planları dâhilinde bölge lojistik merkezlerinin, yerel kriz merkezlerinin kapasiteleri oluşturulmalı,
- Afetin büyüklüğüne bağlı olarak yurtdışından gelebilecek yardım malzemelerinin en hızlı şekilde afet bölgesine ulaştırılması için en yakın gümrük noktaları belirlenmelidir.

### **3.2.2. Satınalma**

Afet malzemelerinin temini sırasında, tedarikçi firmaların, seçiminde; firmaların güvenilirliği, referansları, deneyimi, kapasiteleri ve mali gücü gibi kriterler dikkate alınmalıdır.

Oluşabilecek ihtiyaç malzemelerinin hepsini satın almak ve depolamak hem ekonomik değildir hem de bakım zorluğu yaratır. Bu nedenle stoklar minimum seviyede bulundurulmalı, gereken malzemeler temin edilerek stoklanmalı, diğer ihtiyaç duyulan malzemeler ise yukarıda belirtilen tedarikçi firma seçim kriterleri göz önünde alınarak, tedarikçi firmalarla protokoller imzalanmak yolu ile temin edilmelidir. Bu yöntemle malzeme temininde dikkat edilecek en önemli nokta, bir firma seçimi yerine birkaç firma seçilerek risk dağıtılmalıdır. Temin edilecek malzemelerin standartları ve şartları önceden belirlenip firmaya bildirilmeli ve firma aracılığı ile afet bölgesine sevki sağlanmalıdır.

### 3.2.3. Nakliye yönetimi

Talep edilen ve satın alınan malzemelerin doğru yere, doğru zamanda minimum maliyetle ve güvenli şekilde ulaştırılması için nakliye yönetim sistemi işletilmelidir. Bu amaçla;

- Sistemi çalışır halde tutmak için olası her türlü olağan dışı duruma karşı araçların göreve hazır olmaları sağlanmalı,
- Araç masraflarının minimum seviyede tutulabilmesi ve afet anında göreve çıkacak araçlarla ilgili sorunlar yaşanmaması adına araçların tüm periyodik bakımları yapılmalı,
- Araç kullananların "Araç Takip Formları" nı doldurmaları sağlanmalı ve elde edilen veriler doğrulanmalı,
- Araçlardan maksimum faydayı elde etmek ve araçların kurallara uygun bir şekilde kullanılmasını sağlamak için araç takip sistemlerinin kurulması gerekmektedir.

### 3.2.4. Depo yönetimi

Depolama genel anlamda; malzemelerin kullanılmak ya da sevk edilmek üzere belirlenen koşullara uygun olarak stoklanması işlemidir. Lojistik kavramı içerisinde depoculuk ya da depolama en temel lojistik fonksiyondur (Kızılay[web-1], 2016).

Acil durumlarda kullanmak ve olası afetlere hazır bulunabilmek için temel ihtiyaç malzemelerinin stoklanması ve hazır halde bekletilmesi kaçınılmaz bir durumdur. Uygun bir depolama hizmetinin yapılabilmesi için gereken asgari şartlar aşağıdaki gibidir;

- Ulaşımın kolay yapılabileceği
- Doğru seçilmiş arazide
- Uygun bina yapılarında
- Uygun çalışma alanlarının sağlandığı depo alanlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

### 3.2.5. Raporlama

Depoda muhafaza edilen malzemelerin kontrolünün yapılabilmesi, izlenmesi ve takip edilebilmesi için periyodik aralıklarla raporlama yapılmalıdır. Lojistik süreç ve operasyonlardaki destek sürecine yapılan her türlü işlem ve malzeme giriş çıkışları rapor edilmelidir. Hazırlanan raporlardan elde edilen veriler ışığında;

- Aksaklıklar tespit edilmeli,
- Geliştirilmesi gereken yönlerde belirtilmeli,
- Uygun olan müdahale yöntemi belirlenmelidir.

### 3.2.6. İnsan kaynaklarının geliştirilmesi

Bu konularla ilgilenen tüm personelin afete hazırlık eğitimi ve ayrıca müdahale zamanında tespit edilen eğitim ihtiyacı için hizmet içi eğitimler yapılmalıdır. Afetlerin ne zaman, nerede ve etkilerinin ne şekilde olacağını tam olarak bilinmemesi nedeni ile afet öncesinde yapılan tüm planlar tamamıyla uygulanamayabilir.

Bu nedenle; afete müdahale sırasında uzmanlık alanına uygun sayıda personel o anda bulunmayabilir. Özellikle afete müdahalelerde görev alacak personel maksimum fayda sağlanacak şekilde farklı uzmanlık alanlarında eğitilmelidir (Pektaş, 2012).

### 3.3. Afet Yönetimi Kapsamında Depo Yeri Seçimi

Afet yönetimi kapsamında depo yeri seçimi çalışmalarına, afet yönetimi, acil durum lojistiği ve insani yardım lojistiği gibi çeşitli alanlarda rastlanmaktadır. Bu bölümde, çeşitli alanlarda yapılmış olan afet yönetimi ile ilgili tesis ve depo yeri seçimi çalışmalarından bahsedilecektir.

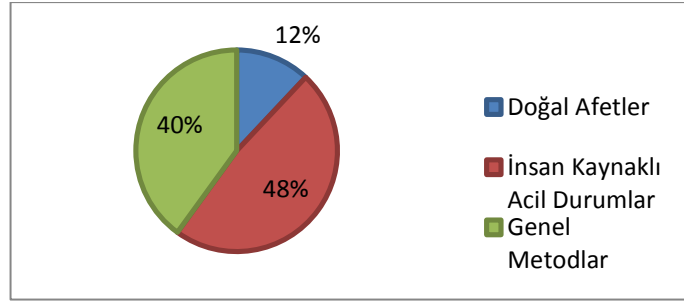
Afet yönetimi kapsamında depo yeri seçimi çalışmaları, ilk olarak, afet yönetiminin bir unsuru olarak karşımıza çıkmaktadır. Altay ve Green (2006), 2004 yılına kadar yayınlanan çalışmaları kapsayan bir yazın taraması yapmış ve yapılan çalışmaları

afet safhalarına ve yöneylem araştırması metodolojisine göre gruplandırmıştır. Yazarların inceledikleri çalışmaların, afet evreleri bazında yüzde olarak dağılımı ve bunlarla ilgili açıklamaları Tablo 3.1.'de gösterilmiştir. Bu açıklamalara göre, çalışmaların %40'ı zarar azaltma, %21'i hazırlık, %24'ü müdahale ve %15'i yeniden inşa ile ilgilidir. Zarar azaltma evresi kapsamında yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu risk analizi çalışmalarından oluşmaktadır. Fakat bu çalışmalar, çoğunlukla petrol kirlenmeleri, endüstriyel kazalar ve bilgisayar ağının çökmesi gibi insan kaynaklı afetlerle ilgilidir. Hazırlık evresi çalışmaları, oluşacak afet durumundaki tahliye modelleri ve sağlık sistemindeki hazırlık durumunun afet sonuçlarına etkisi konusu ile ilgilidir. Müdahale evresi kapsamında, farklı amaç fonksiyonları olan araç rotalama problemleri, helikopter rotalama sezgiselleri ve personel atama, küme kaplama modelleri ve kaynak atama modelleri konuları ele alınmıştır. Yeniden inşa evresi kapsamında ise, enkaz kaldırma, etki analizi ve köprü tamirlerinde önceliklerin tespiti gibi konular ele alınmıştır (Altay ve Green, 2006).

Tablo 3.1. Yöneylem araştırması çalışması ve afet zaman çizelgesi (Altay ve Green, 2006)

Zaman	Afet Öncesi		Afet	Afet Sonrası
Evreler	Zarar Azaltma	Hazırlık	Müdahale	Yeniden İnşa
	%40	%21	%24	%15
Açıklamalar	*>1/2 Risk Analizi *Çoğunluğu insan kaynaklı afetlerle ilgili -Petrol kirliliği *Endüstriyel kazalar *Bilgisayar ağının çökmesi	*Tahliye modelleri *Sağlık sisteminin hazırlık durumunun afet sonuçlarına etkisi	*Farklı amaç fonksiyonları içeren ARP (Araç Rotalama Problemleri) modelleri *Personel atama ve helikopter rotalama için sezgiseller *Küme kaplama modelleri *Kaynak atama modelleri	*Enkaz kaldırma *Etki analizi *Köprü tamirlerinde önceliklendirme

Altay ve Green (2006), inceledikleri bu çalışmaların afet türlerine göre dağılımlarını da yapmışlardır. Elde ettikleri sonuçlar Şekil 3.4.'te sunulmuştur. Bu sonuçlara göre, çalışmaların %48'i insan kaynaklı acil durumlar, çalışmaların %40'ı da insan kaynaklı veya doğal afet diye ayırım yapılmaksızın gerçekleştirilen, genel metod çalışmalarını ve %12'si doğal afetler ile ilgilidir. Şekilde de görüldüğü gibi, doğal afetler ile ilgili yapılan çalışmaların oranı, diğerlerine nazaran oldukça düşüktür.



Şekil 3.4. Afet yönetimi alanında yapılan yöneylem araştırması çalışmaları (Altay ve Green, 2006)

Afet yönetimi kapsamında değerlendirilebilecek diğer bir çalışma alanı da, acil durum lojistiğidir. Afetzedelere yardım etmek için eldeki kaynakların akışını planlama, yönetme ve kontrol etme süreci, acil durum lojistiği olarak isimlendirilmiştir.

Planlamacılar, acil durum lojistiğinin sistematik olarak planlanmasını genel olarak ihmal etmişlerdir. 2010 yılında Haiti’de meydana gelen depremde, afet bölgesine gönderilen çoğu yardım malzemesi lojistik ağın çeşitli yerlerinde dağıtılmadan kalmıştır.

Acil durum lojistiği alanında yapılan ilk optimizasyon modelleri, 1960’ların sonu ve 1970’lerde denizlerde meydana gelen afetler sonrası geliştirilmiştir. ABD Başkanı Carter, 1977 yılında, ABD’ye ait sularda herhangi bir yerde oluşabilecek 100.000 ton petrol sızıntısına karşı 6 saat içerisinde müdahale edilmesini sağlayacak bir çalışma yapılmasını istemiştir. Bu çalışma ile ilk optimizasyon modelleri, petrol sızıntılarına müdahale edilmesi konusunda geliştirilmiştir. 1980’lerden günümüze kadar geniş ölçekli olarak sel, kasırga ve deprem gibi afetlerle ilgili çalışmalar da yapılmıştır

Caunhye ve diğerleri (2011) acil durum lojistiğinde kullanılan metotlar ve optimizasyon modelleri ile ilgili olarak, içerik analizi yöntemi ile yazın taraması yapmış ve modelleri, amaç fonksiyonları, karar değişkenleri, parametreler, kısıtlar ve model yapılarına göre gruplandırmışlardır. Acil durum lojistiği alanında kullanılan metotlar ve çalışmalara örnek olarak aşağıdaki çalışmaları vermişlerdir:



- İstatistik ve olasılık
- Kuyruk teorisi
- Karar Teorisi
- Optimizasyon
- Simülasyon
- Bulanık Mantık

Caunhye ve diğerleri (2011) acil durum lojistiği içeriğini, “tesis yer seçimi” ve “yardım dağıtımı ve zayıat (ölü ve yaralıları) taşıma” şeklinde iki ana kategoriye ayırmıştır. Tesis yer seçimi kategorisindeki çalışmaların aşağıdaki konularla bağlantılı olduğunu tespit etmişlerdir:

- Ön konumlama: Yardım malzemelerinin depolanacakları yerlerin seçimi, arama-kurtarma ekiplerinin konuşlandırılacakları yerlerin seçimi.
- Tahliye: Afet öncesinde, uyarı üzerine insanların tahliye edilecekleri yerlerin seçimi; afet sonrasında ise, afetten etkilenen insanların tahliye edilecekleri yerlerin seçimi.
- Yardım dağıtımı: Afet bölgesine gelen yardım malzemelerinin dağıtımının yapılacağı yerlerin seçimi (Caunhye ve ark., 2011).

Afet yönetimi kapsamında yer seçimi konulu çalışmalara, Türkiye’de 2000’li yıllardan sonra başlanmıştır. Yer seçimi konulu bu çalışmalardan önemli görülenler aşağıda verilmiştir.

Karaca (2003) depremde zarar gören afetzedelere yardım malzemesi dağıtımı için, depremde sonra açılacak depo ve tesis yerlerini belirlemeye yönelik en büyük kaplama modeli önermiştir. Ankara için iki farklı senaryo üreterek uygulama yapmıştır.

Günneç (2007), afet öncesinde stratejik planlama kapsamında, üç problem ele almıştır. İlk olarak, serim üzerinde bağların kopması olasılığına göre ağın güvenilirliğini tespit eden bir yöntem ve polinom zamanlı bir algoritma geliştirmiştir. Serimdeki bağların kopma olasılıkları uzmanların görüşlerine göre tespit edilmiştir.

İkinci aşamada, eldeki belirli bütçe ile hangi bağların güçlendirilmesi gerektiğini araştırmıştır. Son olarak ise, afet sonrası hizmet verecek olan tesisler için yer seçimi yapmıştır. Farklı afet senaryoları için, minimum sürede maksimum sayıda insana, en çok malzemeyi ulaştırmayı amaçlamıştır. Çalıştığı modelleri İstanbul ili için uygulamıştır.

Görmez (2008), İstanbul'da olası bir depremde kullanılmak üzere açılması planlanan afet müdahale ve yardım merkezleri için yer seçimi çalışması yapmıştır. Çalışmasında, Erdik ve Durukal (2008) tarafından önerilen İstanbul için hasar ve zayıf tahminlerini kullanmıştır. Açılacak tesislerin toplama, koordinasyon ve aktarma noktaları olarak hizmet vermeleri amaçlanmıştır. İki kademeli bir dağıtım sistemi geliştirmiştir. Öncelikle yerel seviyede, afet yardım operasyonlarında kullanılması planlanan mevcut kamu tesisleri arasından seçim yapmıştır. Daha sonra, bölgesel stok ve dağıtım tesisleri için yer seçimi yapmıştır. İlk kademede, talep ağırlıklı mesafeyi en küçükleyen model kullanmış ve geçici olarak tanımlanan tesisler için yer seçimi yapmıştır. İkinci kademede, çok amaçlı bir model önermiştir. Bu modelle, bir afetzedeye ulaşmak için gerekli ortalama sürenin ve açılacak tesis sayısının en küçüklenmesini amaçlamıştır.

Macit (2010) olası bir deprem sonrasında ihtiyaç duyulacak olan arama kurtarma birlik sayısını tespit etmeye yarayan bir model önermiştir. Önerilen modelin doğruluğunu simülasyon ile test etmiştir.

Bozkurt (2012) doğal afet eğilimlerinin afet yardım malzemelerinin ön konumlama üzerine etkilerini incelemiştir. Doğal afet eğilimlerinin ön konumlama yerlerini değiştirdiğini, Cooperative for Assistance and Relief Everywhere (CARE International) isimli bir yardım kuruluşunda uygulama yaparak göstermiştir.

Döyen (2012) insani yardım lojistiği kapsamında iki farklı problemi incelemiştir. İlk olarak, insani yardım lojistiği kapsamında toplam tesis kurulum, envanter tutma, taşıma ve karşılanamayan talep maliyetlerini minimize eden bir model önermiştir. İkinci olarak, bina güçlendirme ve yol güçlendirme kararlarını bütçe kısıtı altında

incelemiştir. Çalışmanın toplamında güçlendirme, taşıma ve karşılanamayan talep maliyetini en küçüklemeyi amaçlamıştır. İki problemi de, karışık tamsayılı programlama ile modellemiştir.

### 3.4. Türkiye’de Görülen Önemli Doğal Tehlikeler/Afetler

İstatistiklere göre ülkemizde doğal afetler sonucunda, her yıl gayri safi milli hâsılanın %1.1’i seviyesinde ekonomik kayıplar olmaktadır.

Bu kayıplara, işsizlik, pazar kaybı, stok kaybı, fiyat artışları ve bunun gibi dolaylı ekonomik kayıplar da ilave edildiğinde, toplam ekonomik kayıplar, gayri safi milli hâsılanın %3 veya %4’üne ulaşmaktadır. Türkiye’de geçen yüzyılda 130 adet hasar yapıcı deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerden yaklaşık olarak 110’u 1970 yılından önce, sadece 20’si 1970 yılından sonra olmuştur. Bu depremler nedeniyle 85.000 vatandaşımızın hayatını kaybettiği, yaklaşık 600.000 binanın yıkıldığı veya ağır hasar gördüğü tespit edilmiştir (Çelik, 2000).

Türkiye’deki doğal afetlerle ilgili düzenlemelerin yer aldığı 7269 sayılı Afetler Kanunu’na dayanarak çıkarılan “Afetin Genel Hayata Etkililiğine ilişkin Temel Kurallar Hakkında Yönetmelik” hükümlerine göre; kırsal alanda, (nüfusu 100 haneye kadar olan köy veya beldelerde) hane sayısının % 10’unda, hane sayısı 100’den fazla olan yerleşim yerlerinde 10, nüfusu 5000’e kadar olan il ve ilçelerde 20 binanın, sırasıyla nüfusu 5-10 bin arası olan yerleşim yerlerinde 25, 10-30 bin arası olan yerleşim yerlerinde 30, 30-50 bin arası olan yerleşim yerlerinde 40, 50 binden fazla olan yerleşim yerlerinde 50 binanın yıkılması veya bir daha oturulamayacak ya da kullanılamayacak halde hasar görmesi, afetin o yerin genel yaşamını etkiler bulunabilmesi için gerekli ölçüttür (Resmi Gazete, 1968).

İnsanlığa en çok zarar veren doğal afetler; Deprem, sel, heyelan, tsunami, çığ ve yangın şeklinde sıralanabilir.

### 3.4.1. Deprem

Yer kabuğundaki kırılmalar nedeni ile ani olarak ortaya çıkan titreşimlerin dalgalar halinde yayılarak geçtikleri ortamları ve yer yüzeyini sarsma olayına "deprem" denir.

Başka bir ifade ile de, hareket eden levhalar birbirleri üzerine kuvvet uygularlar. Bu kuvvet yer kabuğundaki kayaçların direnç göstermesi üzerine belli bölgelerde enerji birikimine yol açar. Bu enerji kayaçların kırılma sınırını aştığı anda kırılma olur ve biriken enerji açığa çıkar. Levha hareketleri yüzünden birikmiş olan gerilme enerjisinin aniden boşalmasına deprem denir.

Deprem, insanoğlunun hareketsiz kabul ettiği ve güvenle ayak bastığı toprağın da hareket edeceğini ve üzerinde bulunan tüm yapıların da hasar görüp, can kaybına uğrayacak şekilde yıkılabileceklerini gösteren bir doğa olayıdır. Depremlerin nasıl oluştuğunu, deprem dalgalarının yeryuvarı içinde nasıl yayıldıklarını, ölçü aletleri ve yöntemlerini, kayıtların değerlendirilmesini ve deprem ile ilgili diğer konuları inceleyen bilim dalına "Sismoloji" denilmektedir(<http://www.afet.gen.tr/deprem.php>, 2016).

### 3.4.2. Sel

Suyun olduğu yerden yükselerek veya başka bir yerden gelerek kuru olan yerleri kaplamasına sel denir. Sel sularının ekonomik, sosyal ve fiziksel kayıplara neden olduğu, normal hayatı ve faaliyetleri durdurduğu veya kesintiye uğrattığı, yerel imkânlarla baş edilemeyen durumlara da sel afeti denir.

Sel ile oluşan tehlikeler, diğer doğal olaylar sonucunda oluşan tehlikelerden bazı farklılıklar içerir. Bu farklılıklar şu şekildedir:

- Sel basması belirli kaynak havzalarında oluşabilir. Bu havzalardaki faaliyetlerin sel riski üzerinde doğrudan etkileri vardır. Bir havzanın memba tarafındaki insanlar dikkatli olmazlar ise, havzanın mansap bölümündeki insanlar için önemli

sorun yaratabilirler. Zarar azaltma önlemleri sel havzası olarak ele alındığında daha başarılı sonuçlar vermektedir.

- Sel olayları, bahsedilen diğer tehlike kaynakları kadar tehlikeli olmayabilirler. Ancak, birçok ülkede, sel basması hem can ve hem de mal kaybına yol açan önemli unsurlardan biridir. Türkiye'nin bazı bölgelerinde, sel basması çok sık görülen bir doğa olayıdır. Sel basması ile oluşan toplam hasar diğer tehlikeler sonucu ortaya çıkandan daha fazla olabilmektedir.
- Sel tehlikesi erken uyarı sistemleri ile önceden kestirilebilmektedir. Bu durumda bireyler çoğunlukla kum torbaları gibi kısa vadeli önleme çalışmaları ile özel mülkiyetlerini koruyabilmektedirler.
- Sel tehlikesi yapısal ve yapısal olmayan önlemlerle büyük ölçüde hafifletilebilir. Baraj, su rezervuarı gibi yapısal önlemlerle sel basmaları bir derece hafifletilebilir ancak, insanların hazırlıklı olmasına yönelik her zaman belli bir risk mevcuttur.
- Sel basmasının kaynağı sadece doğal olaylar olmayıp, örneğin bir baraj yıkılması da seli tetikleyebilir (Başbakanlık Proje Uygulama Birimi, 2006).

### 3.4.3. Heyelan

Heyelan, zemini kaya veya yapay dolgu malzemesinden oluşan bir yamacın yerçekimi, su, eğim ve benzeri diğer kuvvetlerin etkisiyle aşağı ve dışa doğru hareketidir (Özdilek, 2007).

Bu hareketler yamaçlarda, bazen yalnızca toprak tabakasının, bazen de bütün bir tepenin aşağıya doğru kayarak yer değiştirmesine neden olurlar. Bu yer değiştirme sadece toprak tabakasını etkiliyorsa buna toprak kayması denir. Buna karşılık, toprakla birlikte alttaki kayalar, örneğin yamacın bir kısmı yerinden koparak yer değiştiriyorsa buna heyelan denir (Yahşi, 2007).

### 3.4.4. Tsunami

Japonca 'da liman dalgası anlamına gelen tsunami, Tsu (liman) ve Nami (dalga) kelimelerinin birleşmesinden oluşur. Okyanus veya denizde oluşan deprem, volkan

patlaması ve bunlara bağılı olarak oluşın taban çökmesi ve zemin kaymaları gibi tektonik olaylar nedeni ile oluşın uzun periyotlu deniz dalgalarını temsil eder.

İlk olarak, 15 Haziran 1896'da Japonya'da meydana gelen ve yaklaşık olarak 21000 kişinin ölümüne neden olan, Büyük Meiji Tsunami'si afetinde, Japonya'nın dünyaya yardım çağrılarını sebebi ile literatüre "tsunami" kelimesi olduğu gibi geçmiştir (Mei, 1989).

Türkçe'ye ilk olarak "Deniz Taşması" şeklinde girmiştir. Fakat bu tanımlama dalga hareketini yeterince temsil etmediği için "tsunami" terimi kullanılmaya devam etmiştir. Ancak tanımı gereği "Depreşim Dalgası" terimi, hem fiziksel özellikleri temsil etmesi, hem de "deprem" kelimesi ile uyumluluk göstermesi nedeni ile uygun görülmüştür (Fırtına[www.wikipedia.org], 2016).

Tsunamiler dünyadaki sahil bölgelerinde büyük hasarlar ve can kayıplarına neden olmaktadır.

Tsunamiler, yıkıcı depremler nedeniyle özellikle okyanusların kıta kenarlarını tehdit etseler de, Akdeniz, Karadeniz ve Marmara Denizlerinde de çok sayıda tsunami olduğu bugüne kadar kaydedilmiştir. Odak düzlem çözümlenmeleri sonucunda en büyük tsunamilerin yanal atımlı faylar tarafından tetiklendiği ve eğik bileşimli normal fayların ise daha küçük tsunamilere yol açtığı ortaya koyulmuştur. Yanal atımlı yer hareketleri genel olarak tsunami oluşturmazlar. Bazı yerel tsunamiler yanal atımlı fayların bükülme yerlerinde veya bindirme bölgelerinde meydana gelirler (Yahşi, 2007).

#### 3.4.5. Çığ

Çığ, farklı nedenlerle dağdan aşağıya kayan büyük bir kar miktarıdır. Bol kar yağışı olduğu zamanlarda, taze kar tabakasının alttaki eski tabakayla iyi kaynaşmaması sonucu, rüzgârın kaldırdığı büyük kar kitlesinin aşağı inerek alttaki kar tabakası üzerinde kayması sonucu, kayakçı veya herhangi bir canlının oynak kar tabakasını

çiğneyerek harekete geçirmesi sonucu çığ oluşabilir (Çığ[www.wikipedia.org], 2016).

### **3.4.6. Yangın**

Orman yangınlarının oluşmasında, şiddeti ve süresi üzerinde meteorolojik koşullar önemli bir rol oynamaktadır. Gerek insan kaynaklı gerekse nedeni doğaya bağlı orman yangınları sadece meteorolojik koşullar uygun olduğu zamanda meydana gelebilir (Erkan, 2012).

Türkiye’de;

- % 3’ü yıldırımdan,
- % 12’si kasten,(kundaklama, tarla açma...)
- % 38’i ihmal ve dikkatsizlikten,(piknik ateşi, ot, çayır, anız yakma, sigara)
- % 47’si ise bilinmeyen sebeplerden kaynaklanan yangınlardır (Özdilek, 2007).

## **3.5. Afet Yönetiminde Hizmetler**

### **3.5.1. Haberleşme hizmetleri**

Haberleşme; bir afet anında Türkiye’de GSM ve normal hatların çökmesi yüzünden, bu haberleşme yöntemleri dışında çeşitleri yöntemler ile yapılmaktadır. Bu yöntemlerin başında telsizler ile haberleşme gelmektedir. Bunun dışında ise uydu teknolojileri kullanılmaktadır.

Haberleşme için kullanılan araçları 5 ana başlık altında toplamak mümkündür. Bunlar araçlar genellikle uydu iletişimini kullanan araçlardır. Şu şekilde sıralanabilir:

- Canlı yayın araçları
- Mobil komuta araçları
- Haberleşme araçları
- Uydu telefonları
- İnternet

Bu gibi araçların etkin biçimde kullanılması, kurumlar arasındaki iletişim sorununu çözmektedir. Tüm sistemlerde olduğu gibi bu tür araçların kullanıldığı sistemlerin de uygun biçimde kullanılması gerekmektedir. Ancak uygun bir planlama ve koordinasyon ile yapılandırılmayan bu tür haberleşme sistemleri, düşünülen aksine iyi sonuç vermeyecektir.

### **3.5.2. Lojistik hizmetleri**

Genel olarak; acil yardım malzemelerinin ve acil yardım görevlilerinin afet bölgesine nakli ile ilgili faaliyetlerinin sürdürülmesini sağlayan hizmetlerdir.

Bu hizmetlerin başında acil yardım depolarının belirlenmesi, afet bölgelerine gönderilen hizmetlerin yönetimi, geçici depoların oluşturulması, ilgili depolardan yardım malzemelerinin düzenli ve dengeli olarak dağıtılması, stok kontrol ve kayıt mekanizmasının işletilmesi ve kriz merkezleri ile haberleşme yer almaktadır.

Depo seçimi lojistik hizmetler içinde en önemlisidir. Bunun nedeni; depoların, afet sonucunda hasarlı bölgelere yakın olması gerekmesidir. Bu şart dışında yer seçimlerinde genel olarak kullanılan şartlar da şunlardır:

- Karayollarına, hava yollarına, demiryollarına ve limanlara yakınlığı,
- Yeterli park, yükleme, boşaltma alanı,
- Gıda ve tıbbi malzemeler için soğuk ambar, yükleme araçları ve benzeri ekipmanların temin edilebileceği yerlere yakınlığı,
- Afet bölgesinde; dağıtım depolarının yardım çalışmalarının yürütüldüğü alanlara yakınlığı,
- Sağlık kurumlarına yakınlığı.

Ayrıca; depo alanları, bina olabileceği gibi boş bir arazi de olabilmektedir. Bununla birlikte binaların her zaman afet deposu olarak hazırlanmış bir bina olması yerine bir kurumun binasının kiralanması ile bu yerin depo olarak kullanılması da söz konusu olabilmektedir.



Çalışmanın konusunu oluşturan bu depolar, afet anında en aktif şekilde kullanılacak olan birimlerdir. Bu sebeple çalışmada depo kurulacak iller belirlenirken, depo kurulmayan illerin de, içinde depo bulunan bir şehire mutlaka atanması sağlanmıştır. Bu sayede tüm afetzedelere gerekli olan malzemenin en kısa sürede ulaşımı amaçlanmıştır.

### **3.5.3. Ulaşım hizmetleri**

Afet sonrasında lojistik hizmetlerinin etkin ve aksaksız bir şekilde yürütülmesi için; demir, kara, deniz ve hava yollarının kontrollü bir şekilde işletilmesini sağlayan hizmetler bu başlıkta toplanmaktadır.

Bu hizmetler, lojistik hizmetlerin sağlanması için ilgili yerlerin onarılması, yol güzergâhlarının tespit edilmesi, acil yardım ekiplerinin daha hızlı gidebilmesi için trafiğin akıcı bir şekilde yönlendirilmesi gibi hizmetler de bu başlık altında yer almaktadır.

### **3.5.4. Sağlık hizmetleri**

Afetlerin bazı sonuçları; ölüm, yaralanma, sakat kalma ve hastalanma gibi insan sağlığı ile ilgili olduğundan afet yönetiminde üzerinde en çok durulması gereken hizmet sağlık hizmetidir. Bu hizmetlerin en başında hastaneler, ambulans araçları, acil servis alanları ile bu maddeler hakkında bilgileri kapsayan sistemler yer almaktadır.

### **3.5.5. Sivil savunma hizmetleri**

Sivil savunma hizmetleri; 7126 sayılı Kanununun 1. Maddesinde, “düşman saldırılarına, tabii afetlere ve büyük yangınlara karşı; halkın can ve mal kaybının en aza indirilmesi, hayati öneme sahip her türlü resmi ve hususi tesis ve teşekküllerin korunması ve faaliyetlerinin idamesi için acil tamir ve ıslahı, savunma gayretlerinin sivil halk tarafından azami surette desteklenmesi ve cephe gerisi maneviyatının

muhafazası maksadıyla alınacak her türlü silahlı, koruyucu ve kurtarıcı tedbir ve faaliyetleri ihtiva eder.” şeklinde tarif edilmiştir. Buna göre doğal afetler sonrasında sivil savunma hizmetlerinin amaçları şunlardır:

- Halkın can ve mal kaybının en aza indirilmesi,
- Hayati önemi olan her türlü kurum ve kuruluşların korunması,
- Bu kurum ve kuruluşların etkinliklerinin sürdürülmesi için yenileme çalışmalarının yapılması,
- Savunma çabalarının sivil halk tarafından en geniş şekilde desteklenmesi (Kalaycıoğlu, 2008).

## **BÖLÜM 4. DEPO YERİ SEÇİM PROBLEMİNİN GENEL TANIMI**

Kuruluş yeri seçim problemlerinin temel olarak amacı  $n$  adet tesisin  $m$  adet konuma ( $n < m$ ) aralarındaki taşıma maliyetlerini minimum yapacak şekilde yerleştirilmesidir.

Bir firmanın ya da kamu kuruluşunun uzun dönem varlığını sürdüreceği tesis yerlerini belirleme kararı, maliyet ve kazanç faktörleri dikkate alındığında en önemli kararlardan birisidir. Yerleşim yeri kararı, hem sanayi hem de hizmet kuruluşlarının sabit ve değişken maliyetlerinin belirlenebilmesi açısından kritik bir unsurdur. Yer seçimi stratejisi kurulması düşünülen firmaya göre değişir. Sanayi yerleşim analizi kararlarında amaç maliyet minimizasyonu iken, kar amacı güden özel firmalar ise kâr maksimizasyonudur. Yerleşim stratejisinde amaç, firmanın yerleşim yeri seçimindeki faydasını maksimize etmektir (Heizer ve Render,1988).

Tesis yer seçimi problemleri, bir grup tesisin belirlenen bazı kısıtlar altında talepler kümesinin karşılanması, maliyetleri en aza indirmek için tesislerin konumlarının yerleştirilmesi ve müşterilerinin bu tesislere atanması problemidir. Tesis yeri kararları tüm kurum ve kuruluşların stratejik planlaması için kritik unsurlardır. Tesislerin yerleşim yerlerinin belirlenmesi operasyonel ve lojistik pek çok karardan etkilendiğinden geniş kapsamlı ve uzun süreçlidir.

En basit tanımı ile tesis yeri seçimi problemleri, tesislerin kurulacağı alternatif yerlerin bir kümesi ve kurulacak tesislerden ihtiyaçları karşılanacak olan müşterilerin bir kümesi verildiğinde, minimum maliyet ile müşteri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tesislerin kurulacağı yerlerin seçimi problemidir (Bastı, 2012).

Kuruluş yeri seçimi problemlerini çözümlenmeye yönelik sistematik çalışmaların ilk kez 1826 yılında Alman ekonomistlerinden J.H.Von Thunen tarafından başlatıldığı

ileri sürülmektedir. Kuruluş yeri seçimi ile ilgili literatürdeki ilk çalışma ise 1909 yılında Alfred Weber tarafından yapılmıştır. Weber birçok müşteriye hizmet veren bir depo tesisin yerinin talep noktaları ile arasındaki toplam mesafeyi minimize edecek şekilde bir model önermiştir (Jamshidi, 2009).

Tesis yer seçimine gerçek ilgi ise Alfred Weber'in 1909 yılında düzlemsel Öklidyen minisum problemlerini tanıtmalarıyla başlamıştır. Weber, bir fabrikayı en uygun yere yerleştirerek müşteriler ile fabrika arasındaki toplam uzaklığın en küçük olması üzerinde durmuştur. Weber problemleri, yıllarca literatürde bulunmasına rağmen; 1960'lara kadar tesis yer seçimi adını taşıyan bir çalışma alanı ortaya çıkmamıştır.

1964'te Hakimi, bir ağ üzerindeki en büyük uzaklıkların ya da yerleşik olan müşterilerin toplam uzaklığının en küçüklenmesi amacıyla bir ya da daha fazla noktanın yer seçimi üzerine bir makale yayınlamıştır.

1967'de Francis, yer seçimi problemlerini sürekli düzlemsel (continuousplanar), kesikli düzlemsel (discreteplanar), karışık düzlemsel (mixedplanar) ve kesikli ağ problemleri (discrete network problems) olarak tanımlayan bir makale sunmuştur. Brandeau ve Chiu (1989) yer seçimi problemlerini 54 problem türü altında sınıflandırmış ve kapsamlı bir kaynakça sunmuştur. Mirchandani (1990) p-medyan problemleri ve çözüm yaklaşımları ile ilgili bir çalışma hazırlamıştır. Daskin (1995) ağ ve kesikli yer seçimi, model algoritmaları ve uygulamaları ile ilgili bir çalışma sunmuştur. Owen ve Daskin (1998) medyan, merkez, kapsama ve diğer dinamik problemlerin formüllerini, tedarik zinciri kapsamında açıklamışlardır.

#### **4.1. Depo Yeri Seçimi**

Optimal depo yerinin seçimi için literatüre baktığımızda farklı problemler ve çözümler için farklı tarzda kriterlerin ele alındığını görüyoruz. Farklı çözüm metotları kullanılarak çözülmüş olan problemlerde, karar vericinin etkisi ve seçim tercihleri nedeni ile depo yeri seçimi için oldukça fazla sayıda alternatif ortaya çıkmaktadır.

#### 4.2. Yer Seçimi Problemlerindeki Temel Elemanlar

Yer seçimi modellerinde önemli rol oynayan üç temel eleman vardır. Bunlar: amaç fonksiyonlarına göre yerlerine karar verilecek olan **tesisler**, ölçüm sistemini içeren **uzay**, ve uzayda yerleri bilinen **müşterilerdir**. Bu elemanların ve model içindeki farklı kombinasyonlarının özelliklerinin belirlenmesi, problemlerle ilgili geniş çaplı uygulamaların ortaya koyulması için yeterlidir (Scaparra ve Scutella, 2001).

Revelle ve Eiselt (2005) yer seçimi problemlerinin ayırt edici özelliği olan dört unsuru şu şekilde göstermiştir;

- Hâlihazırda noktalar veya güzergâhların üzerinde bulunduğu varsayılan **müşteriler**,
- Yerleştirilecek olan **tesisler**,
- Müşterilerin ve tesislerin konuşlu bulunduğu **alan (uzay)**,
- Müşteriler ile tesislerin arasındaki zaman ya da mesafeyi nitelemek için kullanılacak ölçüm (metrik) sistemi.

Farahani ve arkadaşları (2010) yer seçimi problemleri için genellikle ele alınan amaçları şu şekilde belirtmiştir;

- Toplam kuruluş maliyetlerinin minimizasyonu,
- Mevcut tesislerden en uzun mesafenin minimizasyonu,
- Hizmet maksimizasyonu,
- Maksimum süre/seyahat mesafesi minimizasyonu,
- Yerleştirilen tesis sayısının minimizasyonu,
- Sabit maliyetin minimizasyonu,
- Toplam yıllık işletme maliyeti minimizasyonu,
- Ortalama süre/seyahat mesafesi minimizasyonu,
- Hızlı yanıt verme seviyesinin maksimizasyonu.

Genel yer seçimi problemleri, mekânsal olarak dağılmış müşteriler kümesi ile müşteri taleplerini karşılamak için mevcut ya da kurulacak tesisler kümesini içermektedir. Müşteriler ve tesisler arasındaki mesafe, zaman ve maliyet değişkenleri

belirlenen ölçüm sistemine göre hesaplanmaktadır. Burada cevabın bulunması gereken sorular şunlardır;

- Hangi depolar/tesisler kullanılmalıdır (açılmalıdır)?
- Toplam maliyeti en aza indirmek için hangi müşteri hangi depodan/tesisten hizmet almalıdır (Melo ve ark., 2009)?

Depo yerleşim optimizasyon modeli problemlerinin önemi şu iki faktörle açıkça görülebilmektedir. Bunlar; sistemin işletme maliyetine doğrudan etkisi ve taleplerin zamanında cevaplanmasıdır (Hale ve Moberg, 2003).

### **4.3. Depo Yeri Seçimi Probleminin Sınıflandırılması**

Yeni açılacak depoların yerlerinin seçimine karar vermek stratejik öneme sahip zor bir karardır. Literatürde depo yeri seçimi problemleri ile ilgili olarak yapılan çalışmaların; problemin amaç fonksiyonuna, kapasite kısıtlı olup olmamasına, ürün çeşidi ve sayısına, yerleşim uzayına, depo tipi ve sayısına, sezgisel ve olasılıklı olmasına, maliyet ya da kâr yapılı bir yer olmasına vb. gibi çeşitli faktörlere göre sınıflandırıldığı görülmektedir.

Owen ve Daskin (2008) yapmış oldukları sınıflandırmaya göre depo yeri seçimi problemlerini;

- Statik ve deterministik yerleşim problemleri (ortanca, kaplama ve merkez problemleri),
- Dinamik yerleşim problemleri (tek tesis yerleşim modelleri, çok tesis yerleşim modelleri),
- Sezgisel yerleşim problemleri (olasılıklı, senaryoya dayalı model) olarak üç ana başlık altında toplamışlardır.

Depo yeri seçim problemleri için yapılan diğer bir sınıflandırma Sule (2002) tarafından yapılmıştır. Bu sınıflandırmaya göre depo yerleşim problemleri;

- P-medyan problemi,
- P-merkez problemi,

- Kapasite kısıtsız depo yeri seçim problemi,
- Kapasite kısıtlı depo yeri seçim problemi,
- Karesel atama problemi olmak üzere beş ana kategoriye ayrılmıştır.

Current ve arkadaşları (2001) ise depo yeri seçim problemlerini;

- Küme kaplama,
- Maksimum kaplama,
- p-merkez,
- p-dağılım,
- p-medyan,
- Sabit maliyetli tesis yeri seçim,
- Ana dağıtım üssü ve maksimum toplam olarak sekiz ana grupta toplamışlardır.

Klose ve Drexel (2005)'in sınıflandırılması dikkate alınarak depo yeri seçimi modelleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir:

- Depo yerlerinin tanımlı olduğu kümenin yapısına göre: Modeller, sürekli yer seçimi (continuous location) modelleri, kesikli yer seçimi (discrete location) ya da karma tam sayılı programlama modelleri ve şebeke yer seçimi (network location) modelleri olmak üzere 3 sınıfta toplanmaktadır.
- Amaca göre: Bu sınıflandırmada modeller, amaç fonksiyonuna göre toplamın en azlanması (minsum) ya da en büyüğün en azlanması (minmax) şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Toplamın en azlanması için çalışan modeller, ortalama uzaklığın ya da maliyetin en azlanmasını sağlamak amacıyla tasarlanmışlardır. En büyüğün en azlanması için çalışan modeller ise en büyük uzaklığın en azlanması için sunulan modellerdir. Birinci tip modeller genellikle ticari amaçlı olan özel işletmelerde karşılaşılan yer seçimi problemini çözmek için kullanılırken, ikinci tip modeller kar amacı gütmeyen kamu kuruluşlarındaki (hastane, okul, ambulans vb.) yer seçimi problemini çözmek amacıyla kullanılmaktadır.
- Kapasite kısıtına göre: Depolarda kapasite kısıtının olup olmasına göre modeller iki sınıfta toplanmaktadır. Kapasite kısıtının olmadığı modeller kapasitesiz yer seçimi modelleri olarak adlandırılırken, kısıtın söz konusu olduğu modeller kapasite kısıtlı yer seçimi modelleri olarak adlandırılmaktadır. Kapasiteli

yer seçimi modelleri ise kendi aralarında müşteri talebinin bir tesisten ya da birden fazla tesisten karşılanmasına dayalı olarak tek-kaynaklı (single-source) ve çok-kaynaklı (multi-source) modeller olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır.

- Aşama sayısına göre: Depo yer seçimi modelleri aşama sayısına göre tek aşamalı ya da çok aşamalı olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Tek aşamalı modeller, tedarik zincirinde bulunan sadece bir aşamayı dikkate alırken, çok aşamalı modeller birden fazla aşamada ürün akışını dikkate alarak her aşamadaki yer seçimi problemini aynı anda çözer.
- Ürün sayısına göre: Modeller, tek ürünlü ve çok ürünlü depo yeri seçimi modelleri olmak üzere ikiye ayrılır. Tek ürünlü modeller, birkaç homojen ürün için maliyet, kapasite ve talep tek bir ürün olarak birleştirilebiliyorsa söz konusudur. Homojen olmayan ürünler söz konusu olduğunda çok ürünlü modeller söz konusudur.
- Talep esnekliğine göre: Literatürdeki birçok depo yeri seçimi modelinde talep esnekliği olmadığı yani talebin uzaklığa bağlı olarak değişmediği kabul edilir. Talep uzaklıktan etkileniyor ise, bu durum model içerisinde dikkate alınarak amaç fonksiyonu maliyetin en azlanması yerine karın en çoklanması olarak değiştirilmektedir.
- Periyot sayısına göre: Modeller, statik ve dinamik olmak üzere toplam iki sınıf altında toplanmaktadır. Statik modeller, sistem performansının tanımlanan bir periyot için en iyilenmesidir. Dinamik modeller ise, planlama dönemi içerisinde talep, maliyet ve kapasite gibi bir takım faktörler değişiklik gösterdiği durumlarda kullanılan depo yeri seçimi modelleridir.
- Girdi yapısına göre: Modelde tüm girdiler kesin olarak biliniyorsa ya da bilindiği varsayılıyorsa, depo yeri seçimi modeli deterministik model olarak adlandırılır. Genellikle veriler tahminlere dayalı olarak elde edildiği için belirsizlik söz konusudur. Verilerdeki belirsizliğin dikkate alındığı modeller, stokastik modellerdir.
- Müşterilere hizmet şekline göre: Klasik depo yeri seçimi modellerinde her müşterinin talebinin bir ya da birden fazla tesisten direkt olarak karşılandığı kabul edilmektedir. Ancak, bazı durumlarda (özellikle müşteri talebinin aracın kapasitesinden küçük olduğu ve bir araçla birden fazla hizmet vermenin söz



konusu olduğu) müşteri talepleri bir rota ile karşılanmaktadır. Bu durumda model, yerleşim-rotalama modeli olarak adlandırılır.

Revelle ve arkadaşları (2008) depo yeri seçimi modellerini dört ana gruba ayırmıştır;

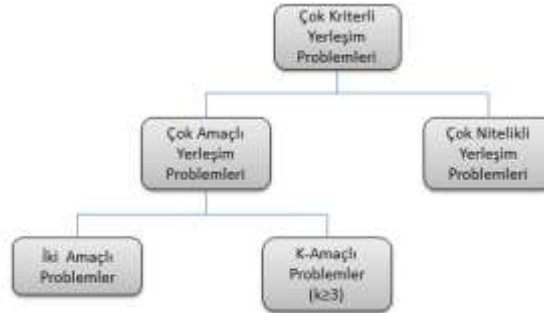
- Analitik modeller: Birçok basitleştirilmiş varsayımlara dayanır (Ör. Taleplerin homojen olması, tesislerin sabit yerleşim maliyetleri olması, tüm tesisler için birim mesafeye göndereceği birim ürün taşıma maliyetinin aynı olması gibi).
- Sürekli modeller: Genel olarak, kurulacak tesislerin hizmet alanının her yerine yerleştirebileceği varsayılır. (Ör. Weber'in tek tesis yer seçimi problemi).
- Ağ modelleri: Depo yerleşim probleminin bağlantılar ve düğümlerden oluşan bir ağ içine yerleştirildiği kabul edilir.
- Kesikli yerleşim modelleri: Kesikli bir talepler kümesi ve kesikli bir aday yerleşim yerleri kümesinin olduğu kabul edilir. Bu tip problemler sık sık tam sayılı veya karışık tam sayılı programlama modelleri olarak formüle edilir. Çözümü zor olan problemlerdir.

Melo ve arkadaşları (2009) tedarik zinciri yönetimi içindeki depo yerleşim problemlerini analiz etmiş ve kullanılan yöntem ve uygulama alanlarına yönelik son literatürleri incelemişlerdir. Tedarik zinciri problemlerinde performans ölçümünde amaç fonksiyonu olarak büyük çoğunlukla (% 75) maliyet minimizasyonu kullanılmaktadır. Bunu %16'lık oranla kar maksimizasyonu amaç fonksiyonu, % 9 oranla da çok amaçlı ve çatışan amaç fonksiyonu takip etmektedir.

Chen ve arkadaşları (2013) üretim tesisleri yerleşim problemlerini, sürdürülebilirlik perspektifinden bakarak sosyal, ekonomik ve çevresel ana faktörleri çerçevesinde sınıflandırmışlardır. Ekonomik faktörlerin yerleşim problemlerindeki dinamikliği ile baskınlığına vurgu yaparak, çevresel ve sosyal faktörlerin de rekabet avantajı gözetilen organizasyonlar için son yıllarda büyük önem kazandığını ifade etmişlerdir.

Farahani ve arkadaşları (2010) tarafından, 'Çok Kriterli Karar Verme' yaklaşımı ile çözüm esasına dayalı tesis yer seçimi problemleri için bir sınıflandırma yapılmıştır. Bu tür problemleri, "çok nitelikli" ve "çok amaçlı" olmak üzere iki gruba ayırmıştır.

Çok amaçlı problemleri de “iki amaçlı” ve “k amaçlı” başlıkları altında iki alt grupta toplamıştır. K amaçlı problemleri üç ve üçten fazla amacı olan problemleri göstermek için kullanmıştır. Çok kriterli karar verme problemlerinin kategorizelendirilmesine yönelik yapılan sınıflandırılma Şekil 4.1.’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çok kriterli tesis yerleşim probleminin sınıflandırılması (Farahani, 2010)

Literatürdeki sınıflandırmayı aşağıdaki Tablo 4.1.’ deki gibi özetleyebiliriz:

Tablo 4.1. Tesis yeri seçimi problemleri için sınıflandırma matrisi (Karabay, 2013)

Sınıflandırma Konusu	Sınıflar	Açıklamalar
PROBLEMİN BULUNDUĞU UZAY	Sürekli Uzay	Sürekli uzaydaki modellerde tesisler sistemin herhangi bir yerine yerleştirilebilir.
	Şebeke Uzayı	Sistem bir şebeke üzerinde kuruludur. Talepler ve tesisler düğümler ya da serimler üzerinde bulunabilir.
	Kesikli Uzay	Kesikli uzaydaki sistemlerde tesisler sadece aday düğümler üzerine yerleştirilebilir.
AMAÇ FONKSİYONU	Merkez	Amaç fonksiyonu toplam ya da ortalama mesafeyi minimize etmeye çalışır.
	Ortanca	Amaç fonksiyonu en büyük mesafeyi minimize etmeye çalışır.
ÇÖZÜM METODU	En İyi Sonucu Bulan Metotlar	En iyi sonucu bulmaya çalışan algoritmalarıdır. Örn: Dal-sınır, Kesme Algoritmaları
	Sezgisel Metotlar	En iyi sonuca yaklaşık sonuç bulmaya çalışan sezgisel ve meta-sezgisel algoritmalarıdır.
TALEP TÜRÜ	Tek Ürün	Problemde tek tip ürün mevcuttur.
	Çok Ürün	Birkaç çeşit ürün dağıtımını modelleyen problemlerdir.
TEDARİK ZİNCİR ÇEŞİDİ	Tek Aşamalı	Üreticiler ve müşteriler arasında bir birim bulunmaz.
	Çok Aşamalı	Ürün fabrikadan çıktıktan sonra depolar, toptancılar gibi ara birimlere, daha sonra müşteriye ulaşır.
ZAMAN ARALIĞI	Statik	Statik modellerde tüm değişkenler aynı anda düşünülür.
	Dinamik	Dinamik modeller farklı zaman aralıkları ele alınırken çözümün bu periyotlar için verilen değişik verilere göre değişik çözümler üretmelidir.

Tablo 4.1. Tesis Yeri Seçimi Problemleri İçin Sınıflandırma Matrisi (Devamı)

Sınıflandırma Konusu	Sınıflar	Açıklamalar
GİRDİ PARAMETRELERİ	Deterministik	Bu modellerde girdi verileri belirlidir.
	Stokastik	Girdi verilerinin olasılık dağılımlar gösterdiği veya belirsiz olduğu modeller bu sınıfa girer. Bu problemler gerçek hayat problemlerine daha yakındırlar.
TESİS SAYISI	Tek	Bir tesisin sisteme yerleştirilmesi problemleridir.
	Belirli	Bu problemlerde sisteme yerleştirilmek istenen tesis sayısı bellidir.
	Belirsiz	Modelin çözümünde aynı zamanda yerleştirilecek tesis sayısını bulan problemlerdir.
KISIT TÜRÜ	Kapasite Kısıtlı	Yerleştirilecek tesislerin ürün miktarları veya hizmet kapasiteleri sınırlıdır.
	Kapasite Kısıtsız	Tek bir tesis tüm taleplere cevap verebilir.
TESİS TİPİ	İstenilen	Müşterilerin hastane ve benzeri tesislere yakın olmak istedikleri problem türleridir.
	İstenilmeyen	Talep noktalarının kurulacak nükleer reaktör ve benzeri tesislere uzak olmasının istendiği problemlerdir.
SEKTÖR TİPİ	Kamu Sektörü	Önceliğin vatandaşlara hizmet götürmek olduğu problem tipidir.
	Özel Sektör	Tesis yerleşiminde amaç kar maksimizasyonu ya da maliyet minimizasyonudur.

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi, depo yeri seçimi problemleri problemin bulunduğu uzaya, amaç fonksiyonuna, çözüm metoduna, talep türüne, tedarik zinciri çeşidine, zaman aralığına, girdi parametrelerine, depo sayısına, kısıt türüne, depo tipine ve sektör tipine göre sınıflara ayrılır.

Çalışmadaki kurulması planlanan depolar, bulunduğu uzaya göre sürekli uzay, amaç fonksiyonuna göre merkez, çözüm metoduna göre en iyi sonucu bulan metotlar, talep türüne göre tek ürün, tedarik zinciri çeşidine göre tek aşamalı, zaman aralığına göre statik, girdi parametrelerine göre deterministik, depo sayısına göre belirsiz, kısıt türüne göre kapasite kısıtlı, depo tipine göre istenilen ve sektör tipine göre kamu sektörü grubuna girmektedir.

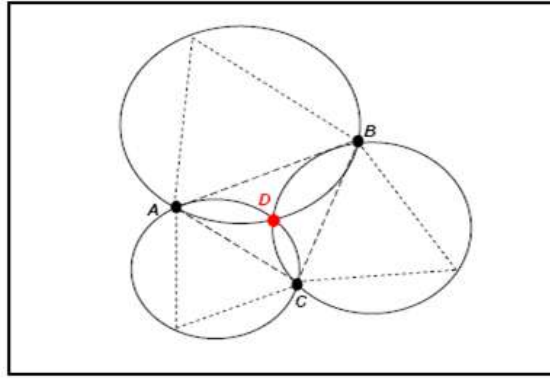
## **BÖLÜM 5. DEPO YERİ SEÇİMİ PROBLEMLERİ**

Yer seçimi modelleri yöneylem araştırması uzmanlarının yoğun olarak ilgi alanına giren problemlerdir ve stratejik yapıda kararlardır. Sermaye yatırımı gerektirirler ve ekonomik etkileri uzun dönemlidir. Yer seçimi modelleri genellikle optimal olarak çözülmesi zor olan problemlerdir. Ayrıca söz konusu modeller uygulamaya özel problemler olup amaç fonksiyonları, kısıtları ve değişkenleri incelenen probleme göre değişkenlik gösterir (Doğuş Üni., 2009).

Yer seçimi ile ilgili literatürdeki ilk çalışma 1909 yılında Alfred Weber (1909) tarafından yapılmıştır. Weber birçok müşteriye hizmet verecek bir tesis yerinin talep noktaları ile arasındaki toplam mesafeyi minimize edecek şekilde bir model önermiştir.

Buna rağmen birçok kişi yer seçimi probleminin başlangıcı olarak Pierre de Fermat (1601-1665) tarafından ortaya atılan aşağıdaki problemi göstererek 17'nci yüzyılı milat olarak kabul etmektedir:

Verilen A, B ve C noktalarına bir D noktasının, diğer noktalara olan toplam mesafeyi en küçük yapacak şekilde yerleştirilmesi; yani A-D, B-D ve C-D mesafeleri toplamını en küçük yapacak şekilde D noktasının en uygun yere yerleştirilmesi, problemin ana hatlarını oluşturmaktadır. 1640 yılından önce Torricelli, 1647 yılında Cavalieri, 1750 yılında Simpson ve 1834 yılında Heinen bu problemin çözümü için çeşitli yaklaşımlar önermişlerdir. Problemin grafik gösterimi olan Torricelli'nin çözüm yaklaşımı şekil 5.1.'de gösterildiği gibidir (Karabay, 2013).



Şekil 5.1. Weber-Fermat problemi ve Toricelli çözüm yaklaşımı (Karabay, 2013)

### 5.1. Weber Problemi

Weber problemi, yer seçimi analizinin temel taşıdır. Ortaya atılan ilk yer seçimi problemi olmasından dolayı birçok depo yeri seçimi modeline temel oluşturmuştur. Weber problemi için, Fermat problemi, Genelleştirilmiş Fermat problemi, Fermat-Toricelli problemi, Steiner problemi, Steiner-Weber problemi, Fermat-Weber problemi, medyan problemi, medyan merkez problemi, minisum problemi, uzamsal medyan problemi (spatialmedian problem) gibi çeşitli isimler de kullanılmaktadır (Drezner ve Hamacher, 2002).

Weber problemi, koordinatları  $(a_i, b_i)$  olan  $n$  tane sabit nokta ile kendisi arasındaki ağırlıklı öklid uzaklıkları toplamını en küçük yapan bir  $(x^*, y^*)$  'minisum' noktasının bulunması olarak tanımlanabilir. Bu sabit noktaların ağırlıkları  $w_i$  ile gösterilir.

Problem matematiksel olarak,

$$\text{Min}_{x,y} \{W(x, y) = \sum_{i=1}^n w_i d_i(x, y)\} \quad (5.1)$$

biçiminde gösterilir.

Burada,

$$d_i(x, y) = \sqrt{(x - a_i)^2 + (y - b_i)^2} \quad (5.2)$$

$(x, y)$  ve  $(a_i, b_i)$  arasındaki öklid uzaklığıdır (Darende, 2009).

## 5.2. Kapsama Problemleri

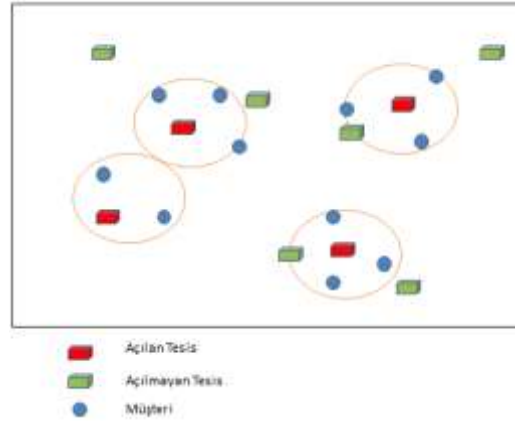
Bazı yer seçimi problemleri için, kat edilen ortalama mesafeyi minimize eden yerlerin seçimi uygun olmayabilir. Bu tesislere örnek olarak acil hizmet tesislerinden yangın istasyonları ya da ambulans noktaları gösterilebilir. Bu tip tesislerde talep noktalarına sağlanacak hizmetin kabul edilebilir süre ya da mesafe içinde olması kritik öneme sahiptir. Kapsama bu manada önemli bir anahtar kelimedir.

Küme kapsama yerleşim problemleri, tüm talep noktalarının gereksinimlerini karşılayacak en az sayıda tesis sayısını belirlemeyi (Current ve ark., 2001) ya da bilinen belirli bir kapsama seviyesindeki tesis yerleşim maliyetini minimize etmeyi amaçlamaktadır (Owen ve Daskin, 1998).

Çoğunlukla bir talep düğümü ile depo arasındaki en kısa yol uzunluğu kapsama uzaklığından daha küçük ya da eşitse, taleplerin kapsandığı söylenir. Tek bir kapsama uzaklığı, tüm talep düğümleri için kullanılabilir ya da kapsama uzaklığı hem kapsanan talep düğümlerine hem de aday yerlere bağlı olabilir (Daskin, 1995).

Küme kapsama problemlerinin hava yolu yolcu planlaması, hava yolu planlaması, araç rotalaması, siyasi bölgeleri paylaşma gibi birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Küme kapsama problemi tüm talep noktalarının sonlu bir kümedeki en az bir aday tesis tarafından en düşük maliyetle kapsanmasını amaçlamaktadır (Ünal, 2011).

Kapsama problemleri şematik olarak aşağıdaki şekil 5.2.'de gösterilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi kapsama problemlerinde depolar tüm müşteriler belirlenen mesafe içerisinde hizmet alacak şekilde konuşlandırılırken, depo sayısının da en az olması hedeflenmektedir.



Şekil 5.2. Kaplama problemleri şematik gösterimi (Karabay, 2013)

Kapsama problemleri, tüm taleplerin kapsanmasını gerektiren küme kapsama problemleri (set covering problems) ve talebin en iyi kapsama durumunu veren maksimum kapsama problemleri (maximum covering problems) olmak üzere ikiye ayrılır (Owen ve Daskin, 1998).

### 5.2.1. Küme kapsama problemleri

Küme kapsama, yazın taramasında karşımıza çıkan ilk kapsama modellerindedir. Küme kapsama yerleşim problemleri, tüm talep noktalarının ihtiyaçlarını karşılayacak en az sayıda tesis sayısını belirlemeyi (Current ve ark., 2001) ya da bilinen belirli bir kapsama seviyesindeki tesis yerleşim maliyetini minimize etmeyi amaçlamaktadır (Owen ve Daskin, 1998). Bu model ayrıca, tüm taleplerin kabul edilebilir uzaklıkta yerleşik en az bir tesisten hizmet alma kısıtına da sahiptir.

Küme kapsama problemi;

$$\text{Min } \sum_{j \in J} f_j x_j \quad (5.3)$$

$$\sum_{j \in J} a_{ij} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (5.4)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5.5)$$

biçiminde formüle edilebilir. Burada,

I: Talep düğümlerinin kümesi,

J: Aday tesis yerlerinin kümesi,

$$a_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{eğer tesis } j \text{ aday yeri } i \text{ düğümündeki talebi karşılayabiliyorsa,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

$f_j$  : j aday yerine tesis yerleştirme maliyeti,

$$x_j = \begin{cases} 1, & \text{eğer tesis } j \text{ aday yerine yerleştirilirse,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Problemin amaç fonksiyonu, seçilen tesislerin toplam maliyetini en küçükler. (5.4)

kısıtı, her i talep düğümünün en az bir tesis tarafından kapsanmasını sağlar. (5.4)

kısıtının sol tarafı, i talep düğümünü kapsayabilen, yerleştirilmiş tesis sayısını verir.

Bu kısıt, bir  $N_i$  kümesi yardımıyla,

$$\sum_{j \in N_i} x_j \geq 1 \quad \forall i \in I \quad (5.4)^*$$

biçiminde de yazılabilir.

$N_i$  i talep düğümünü kapsayabilen j aday yerlerinin kümesidir. Bu iki kısıt gösterimi birbirine eşittir. (5.5) kısıtı ise bütünlük kısıtıdır.

Eğer tüm tesis maliyetleri tanımlı ise, (örneğin; tüm j aday yerleri için  $f_j=1$  ise) ya da yerleştirilecek tesislerin sayısının en küçüklenmesi istenirse, amaç fonksiyonu,

$$\text{Min } \sum_{j \in J} x_j \quad (5.6)$$

biçiminde sadeleşir.

Yer seçimi problemlerinde,  $N_i$  kümesi (ya da eşit olarak  $a_{ij}$  katsayısı) çoğunlukla i talep düğümü ile aday tesis yeri arasındaki uzaklık kullanılarak tanımlanır. Kapsama



uzaklığı  $D_c$  alındığında,  $d_{ij} \leq D_c$  için  $a_{ij}=1$ , ya da eş değer olarak  $N_i = \{j \mid d_{ij} \leq D_c\}$  şeklinde gösterilebilir (Drezner ve Hamacher, 2002).

Küme kapsama problemlerinin birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Küme kapsama problemi tüm talep noktalarının sonlu bir kümedeki en az bir aday tesis tarafından minimum maliyetle kapsanmasını amaçlamaktadır (Ünal, 2011).

### 5.2.2. Maksimum kapsama problemleri

Maksimum kapsama yerleşim problemleri belli bir bölgeye inşa edilecek depo sayısına bir üst sınır konulduğu planlama durumlarını dikkate alır. Burada amaç, belli bir  $p$  sayıda depoyu, kapsanacak talep miktarını en çoklayacak şekilde yerleştirmektir. Çoğu uygulamada karar vericiler, istenen kapsama düzeylerinde tesis kurabilmek için ayrılan kaynakların yetersizliği ile karşılaşılırlar. Böyle durumda, kaynaklar istenen kapsama uzaklığında mümkün olduğunca çok müşteriye ulaşmada kullanılacağından, yer seçimi probleminin amacı değiştirilmelidir. Bu yeni amaç, maksimum kapsama probleminin amacı olacaktır (Church ve ReVelle, 1974). Yani bütün talep noktalarının kapsanmasına gerek yoktur. Kaynakların sınırlı olduğu varsayılarak bu sınırlama kısıt olarak modele eklenmelidir (Gencer ve Açıkgöz, 2006). Maksimum kapsama problemi ilk olarak Church ve ReVelle (1974) tarafından ortaya atılmıştır.

Maksimum kapsama problemi sabit sayıda tesis yerleştirerek, makul hizmet uzaklığı  $D_c$  içinde kapsanan talep miktarını en büyük yapmayı amaçlar. Bu problemin formülasyonu aşağıdaki ek karar değişkenlerine ihtiyaç duyar:

$$z_i = \begin{cases} 1, & i \text{ talebi kapsaniyorsa} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Küme kapsama probleminde tanımlanan gösterimler ile bu değişkenleri birleştirirsek maksimum kapsama probleminin formülasyonunu,

$$\text{Maks } \sum_{i \in I} h_i Z_i \quad (5.7)$$

$$z_i \leq \sum_{j \in N_i} x_j \quad \forall i \in I \quad (5.8)$$

$$\sum_{j \in J} x_j \leq p \quad (5.9)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5.10)$$

$$z_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (5.11)$$

şeklinde ifade edilir.

Burada,  $I$  talep düğümlerinin kümesi;  $J$  aday yerlerin kümesi,  $p$  yerleştirilecek tesislerin sayısı ve  $h_i$ ,  $i$ . düğümdeki talep miktarıdır.  $N_i$  ise,  $i$  talep düğümünü kapsayabilen tüm aday yerlerin kümesidir. Amaç fonksiyonu, kapsanan talep miktarını en büyükmektedir. (5.8) kısıtı, makul hizmet uzaklığı içinde hangi talep noktalarının kapsanacağını belirler. (5.9) kısıtı, yerleştirilecek tesislerin sayısını  $p$  ile sınırlar. (5.10) ve (5.11) kısıtları bütünlük kısıtlarıdır.

Küme kapsama ve maksimum kapsama problemlerinin her ikisi de formülasyonlarında bir sonlu olası tesis yerleri kümesi varsayar. Tipik olarak, olası yerlerin kümesi, ağ üzerindeki talep düğümlerinin bazılarını içerir.

En iyiliği garantileyebilmek için gerekli olası yerlerin sayısı genellikle talep düğümlerinin sayısından daha fazladır. Böyle problemlerin formüle edilmesinde çoğunlukla eklenmiş ağlar kullanılmaktadır (Owen ve Daskin, 1998).

Hem küme kapsama hem de maksimum kapsama problem formülasyonları sonlu sayıda olası depo yerleşimine müsaade etmektedir. Bu tür modellerde yapılan geniş araştırmalar göstermektedir ki; depoların ağ üzerinde herhangi bir yere açılmasına müsaade edilse bile, problem sonlu sayıda depo yeri seçeneklerini bir taneye indirebilmektedir (Ağdaş, 2014).

### 5.3. P-Merkez Problemleri

Merkez yerleşim problemlerinin amacı tüm taleplerin kapsanmasını sağlamaktır. Bununla birlikte belirli sayıda tesislerin kapsama mesafesini en aza indirecek şekilde yerleştirilmesi amaçlanmaktadır (Owen ve Daskin, 1998). Kapsama mesafesini kullanmak yerine, talep noktalarının önceden konuşlu p kadar tesise maksimum olan uzaklığını minimum yapmaya çalışılmaktadır.

Başka bir deyişle p-merkez problemi, sayısı önceden belirlenmiş tesis mevcut iken, talebin karşılanacağı maksimum mesafeyi en azlamaya ilişkindir (Hakimi, 1964). Bu bakımdan p-merkez ve p-medyan problemleri benzerlik göstermektedir. Aralarındaki temel fark; p-merkez problemlerinde amaç en uzak müşteri-tesis mesafesinin minimize edilmesiyken, p-medyan problemlerinde tüm sistemdeki depo ve depoya atanan müşteri mesafeleri toplamı minimize edilmeye çalışılmaktadır (Daskin, 1995).

P tesis yerleşimi ile ilişkili en küçük kapsama uzaklığını içsel olarak belirler. P-merkez problemi,

$$\text{Min } W \quad (5.12)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (5.13)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (5.14)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (5.15)$$

$$W - \sum_{j \in J} h_j d_{ij} y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I \quad (5.16)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5.17)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, j \in J \quad (5.18)$$

biçimindedir.

Burada,  $I$ , talep düğümlerinin kümesi;  $J$  aday yerlerin kümesi ve  $h_i$ ,  $i$  düğümündeki talep miktarıdır.

$W$ : Talep düğümü ile atandığı tesis arasındaki maksimum uzaklık,

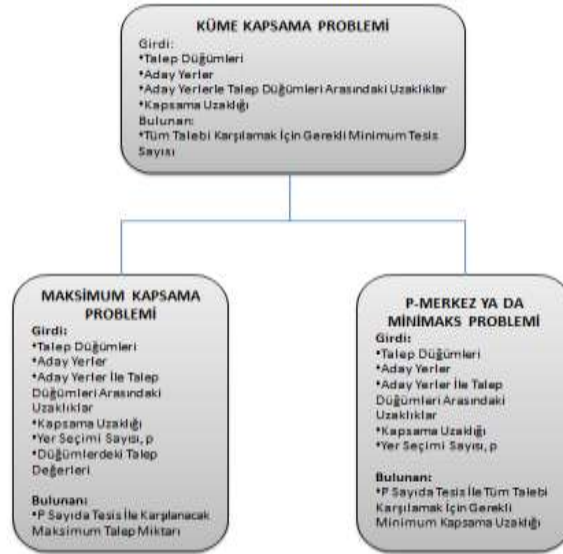
$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{ talep düğümü } j \text{ tesisine atanıyorsa,} \\ 0, & \text{aksi halde} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu, her bir talep düğümü ile en yakındaki tesis arasındaki en büyük talep-ağırlıklı uzaklığı en küçüklemektedir. (5.13) kısıtı,  $p$  tesis yerleştirilmesini gerektirir. (5.14) kısıtı, her talep düğümünün mutlaka bir tesise atanmasını gerektirir. (5.15) kısıtı, talep düğümlerinin sadece açık tesislere atanabileceğini gösterir. (5.16) kısıtı, en küçüklenecek maksimum talep ağırlıklı uzaklığın alt sınırını tanımlar. (5.17) kısıtı, karar değişkenlerini ikili olarak kurar.

(5.18) kısıtı,  $y_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J$  olarak da kurulabilir. Çünkü (5.15) kısıtı,  $y_{ij} \leq 1$  olduğunu garantiler. Eğer  $y_{ij}$  kesirli ise,  $i$  düğümü en yakınındaki açık tesise atanabilir.  $p$ ' nin sabit değerleri için, düğüm  $p$ -merkez problemi (vertex  $p$ -center problem)  $O(N^p)$  zamanda çözülebilir.  $P$ ' nin çeşitli değerleri için NP- zordur.

Tamsayı değerli uzaklıklar düşünülürse, ağırlıklandırılmamış düğüm ya da mutlak  $p$ -merkez problemleri çoğunlukla kapsama mesafesini aşan ikili arama kullanılarak çözülür. Tüm kapsama uzaklıkları için, küme kapsama problemi çözüldüğünde elde edilen çözüm  $p$ 'ye eşitse, en küçük kapsama uzaklığı  $p$  merkez probleminin çözümüdür. Daskin (1995), ağırlıklandırılmamış düğüm  $p$  merkez probleminin çözümünde alt problem olarak küme kapsama modelinin yerine maksimum kapsama modelinin etkili bir şekilde nasıl kullanılabileceğini göstermiştir.

Daskin (1995), küme kapsama, maksimum kapsama ve merkez problemleri arasındaki ilişkiyi şekil 5.3.' de görüldüğü gibi özetlemektedir.



Şekil 5.3. Küme kapsama, maksimum kapsama ve merkez problemleri arasındaki ilişki (Daskin, 1995)

Tüm kapsama ve merkez problem türlerinde, bir talep düğümü, kapsama uzaklığı içinde ise, tesisten tam fayda elde eder (Daskin, 1995).

P-merkez problemi, bir talep noktası ile ona en yakın tesis arasındaki maksimum uzaklığı en küçüklemeyi amaçladığı için minimaks problemi olarak da adlandırılır.

Eğer depo yer seçimleri ağı düğümleri ile sınırlandırılırsa, problem bir düğüm merkez problemi olur (vertex center problem). Eğer depo yer seçimleri, ağ üzerinde herhangi bir yere yerleştirilebilirse mutlak merkez problemi (absolute center problem) olarak adlandırılır (Owen ve Daskin, 1998).

#### 5.4. P-Dağılım Problemleri

Bundan önceki modellerde ilgilenilen özellik, talep ile yeni depolar arasındaki uzaklıklardır. Bahsedilmeyen bir varsayım, depoya olan yakınlığın istenen bir özellik olmasıdır. P-dağılıma problemi (the p-dispersion problem), bundan önce incelenen modellerden iki yönden ayrılır. Bunların ilki, bu problemin sadece depolar arasındaki uzaklık ile ilgili olmasıdır. İkincisi, amacın herhangi iki depo arasındaki en küçük uzaklığı en büyüklemek olmasıdır.

p-dağılıma problemi matematiksel olarak,

$$\text{Maks } D \quad (5.19)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (5.20)$$

$$D + (M - d_{ij})x_i + (M - d_{ij})x_j \leq 2M - d_{ij} \quad \forall i, j \in J, i < j \quad (5.21)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5.22)$$

biçiminde gösterilir.

Burada;

M: Büyük bir sabit (örneğin,  $\max_{i \in I, j \in J} \{d_{ij}\}$ ),

D: Herhangi bir tesis çifti arasındaki en küçük uzaklıktır.

Amaç fonksiyonu, birbirine yakın iki tesis arasındaki uzaklığı en büyükler. (5.20) kısıtı, p tane tesisin yerleştirilmesini gerektirir. (5.21) kısıtı, herhangi bir tesis çifti arasındaki en küçük ayrılığı tanımlar.  $x_i$  ya da  $x_j$  0 ise bu kısıt geçerli değildir. Eğer her ikisi de 1 ise, bu kısıt  $D \leq d_{ij}$  ye eşittir. (5.22) kısıtı, standart bütünlük kısıtıdır (Drezner ve Hamacher, 2002).

### 5.5. P-Medyan Problemleri

P-medyan problemi yer seçimi problemleri içerisinde en çok bilinen, uygulanan ve çözümü amacıyla literatürde birçok çalışma yapılmış olan bir depo yerleşim ve atama modelidir (Alp ve ark., 2003).

P-medyan problemleri, önce tek bir deponun modele yerleştirilmesi problemi olarak ortaya çıkmış daha sonra geliştirilerek p adet deponun sisteme eklenmesi şeklini almıştır. Medyan problemleri sistemin tüm performansı ile ilgilenir. Amaç müşteriler

ve depolar arası toplam mesafe ya da ağırlıklı toplam mesafeyi minimize etmektir. Medyan problemleri tüm mesafe toplamları ile ilgilenmektedir ve bir minimizasyon problemidir. Bu nedenle bu problemlere en küçük toplam anlamına gelen minsum problemleri de denilmektedir (Revelle ve Swain, 1970).

Minsum problemleri ilk olarak Kuehn ve Hamburger (1963), Hakimi (1964), Manne (1964) ve Balinski (1965) tarafından modellenmiştir. P-medyan probleminin ayrıntılı olarak ilk formülasyonunu ise 1964 yılında Hakimi yapmıştır. Hakimi sadece problemi formülize etmekle kalmamış aynı zamanda üçgen eşitsizliği olan bir şebekede optimum yerleşimin düğümler üzerinde olduğunu da ispatlamıştır (Marianov ve Serra, 2004).

P-medyan problemlerinin en temel hali 1-medyan problemi olarak da adlandırılan, şebeke üzerinde tüm talep noktalarına hizmet verecek olan 1 adet medyan deponun yerinin belirlenmesini amaçlayan modeldir. Sadece bir depo yeri seçilen bu problemde amaç toplam maliyetin minimum yapılmasıdır. Literatürde p ile ifade edilen medyan noktası sayısının birden fazla olduğu problemlere ise genel olarak p-medyan problemi denilmektedir (Bastı, 2012). Ayrık kuruluş yeri seçim problemleri sınıfında yer alan p-medyan probleminde hizmet veren depolar sadece şebeke üzerindeki düğümler üzerinde açılabilir (Bastı ve Özçakar, 2012).

P-medyan probleminin varsayımları aşağıdaki gibidir;

- Maliyet ve mesafe arasında doğrusal bir ilişki vardır.
- Hizmet veren depoların kapasite sınırı yoktur.
- Açılacak depo sayısı bilinmektedir.
- Bütün depolar eşit özelliktedir.
- Zaman sınırı yoktur.
- Depo açma maliyeti yoktur.
- Sabit müşteri talebi söz konusudur.
- Problem yapısı ayrıktır (Jamshidi, 2009).

P-medyan probleminin matematiksel gösterimi ve bu gösterimde kullanılan küme, parametre ve değişken tanımlamaları aşağıdaki gibidir:

$I$ : müşterilerin bulunduğu noktalar kümesi

$J$ : tesis yerleri için aday noktalar kümesi

$w_i$ :  $i$  noktasındaki müşterinin talebi.

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

$P$ : yerleştirilmek istenen tesis sayısı

$$x_j = \begin{cases} 1, j \text{ noktasında tesis kurulursa} \\ 0, \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, i \text{ noktasındaki müşteri } j \text{ noktasındaki tesise atanırsa} \\ 0, \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

Amaç fonksiyonu:

$$\min \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} w_i d_{ij} y_{ij} \quad (5.23)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (5.24)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (5.25)$$

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (5.26)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (5.27)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (5.28)$$



Modelin amaç fonksiyonu (5.23) talep ağırlıklı tesis-müşteri arası mesafe toplamını minimize etmektedir. (5.24) numaralı kısıt tüm müşterilerin bir açık tesise atanmalarını, (5.25) numaralı kısıt müşterilerin sadece açık tesislere atanmalarını sağlamaktadır. (5.26) numaralı kısıt sisteme  $p$  adet tesis açılacağını ifade eder. (5.27) ve (5.28) numaralı kısıtlar karar değişkenlerinin 0 ya da 1 değerini alacağını göstermektedir (Revelle ve Swain, 1970).

P-merkez problemleri gibi, p-medyan problemleri de  $p$ 'nin sabit değerleri için polinomial zamanda çözülebilmektedir. P-medyan problemi,  $p$ 'nin bazı değerleri için NP-zordur (Daskin, 1995).

## **BÖLÜM 6. KÜMELEME ANALİZİ**

Küme, bir veri grubunda birbirine komşu olan nesnelerin meydana getirdiği topluluk olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımla da küme, istatistiksel kitlenin yakın elemanlarının bir grubu olarak verilmektedir. Kümelemenin amacı, verilerin küme içindeki diğer verilere benzerliği en büyük ve küme dışındaki verilere benzerliği en küçük olacak biçimde kümeler belirlemektir. Kümelemenin karakteristiğini belirleyen benzerlik ölçütü, uygulamaya ve çözüm yaklaşımına göre değişiklik göstermektedir. Verilerin benzerliği, basit bir uzaklık metriği ile ölçülebileceği gibi, yoğunluk, komşuluk, bağlantılılık gibi özel kavramlar da kullanılabilir (Atılğan, 2014).

Kümeleme analizi bir araştırmada incelenen konuları aralarındaki benzerliklerine göre belirli gruplar içinde toplayarak sınıflandırma yapmayı, konuların ortak özelliklerini ortaya koymayı ve bu sınıflar ile ilgili genel tanımlar yapmayı sağlayan bir yöntemdir (Kauffman ve Rousseeuw, 1990). Diğer bir tanımla da kümeleme analizi, X veri matrisinde yer alan ve doğal gruplamaları kesin olarak bilinmeyen birimleri, değişkenleri birbirleri ile benzer olan alt kümelere ayırmaya yardımcı olan yöntemler topluluğudur (Ye, 2003).

Kümelemede amaç anlamlı gruplar elde etmektir. Bu nedenle kümeler verinin doğal yapısı ile aynı olmalıdır. Ayrıca kümeleme analizinin uygulama adımları şöyle olmalıdır;

- Veri setlerinden alınan n tane birimin p tane değişkenine ilişkin gözlemlerin elde edilmesi, yani veri matrislerinin belirlenmesi,
- Değişkenlerin birbirleri ile olan benzerliklerini ya da farklılıklarını gösteren uygun bir benzerlik ölçüsü ile birbirlerine olan uzaklıklarının hesaplanması yani benzerlik ve farklılık matrislerinin belirlenmesi,

- Uygun küme yöntemi yardımı ile benzerlik/farklılık matrisinde değişkenlerin kümelerine ayrılması,
- Oluşturulan kümelerin yorumlanması ve bu kümeleme yapısının doğrulanması için gerekli analitik yöntemlerin uygulanması.

Kümeleme analizi, aşağıda belirtilen dört ana amaca yönelik işlemler gerçekleştirmektedir.

- n tane nesnenin, p değişkenine göre saptanan özellikleriyle, kendi içerisinde türdeş ve yine kendi aralarında farklı alt gruplara ayırmak,
- p tane değişkeni, n tane birimde saptanan değerlere göre ortak özellikleri açıkladığı varsayılan alt kümelerine ayırmak ve ortak faktör yapıları ortaya koymak,
- Hem birimleri hem de değişkenleri birlikte ele alarak ortak n birimi p değişkene göre ortak özellikli olan alt kümelerine ayırmak,
- Birimleri, p değişkene göre saptanan değerlere göre, izledikleri biyolojik ve tipolojik sınıflandırmayı ortaya koymak (Çalışkan, 2008).

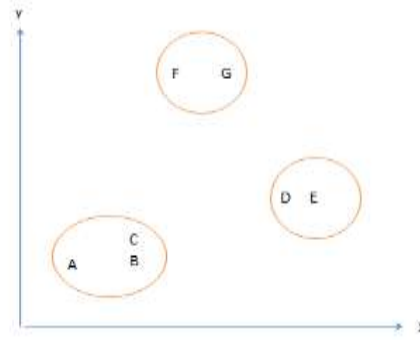
## 6.1. Kümeleme Türleri

Kümeleme analizi kavramı literatüre ilk olarak 1939 yılında girmiştir. 1940'lı yılların sonunda ve 1950'li yıllarda verilerin hiyerarşik olarak gruplanması konusu üzerinde çalışılmış, 1960'lı yıllarda ise veriyi hiyerarşik olmayan alt gruplara bölerek kümeleme yöntemleri geliştirilmeye başlanmıştır.

### 6.1.1. Hiyerarşik (iç içe) kümeleme ve iç içe olmayan kümeleme

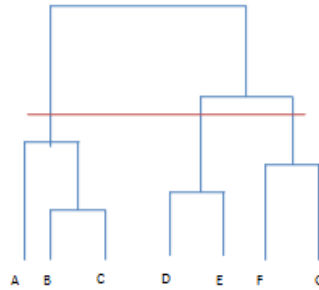
Hiyerarşik kümeleme yöntemlerinin hepsi ilk adımda bütün kayıtları, tek kayıttan oluşan ayrı bir küme olarak değerlendirir. Daha sonra bu kümeler arasında uzaklıkları en az olan iki tanesini birleştirerek bir tane iki elemanlı küme oluşturur. Bunu izleyen tüm adımlarda, var olan kümeler arasında, birbirlerine uzaklıkları en küçük olan iki adet küme birleştirilerek tek bir küme haline getirilir. Bu birleştirme işlemleri, daha önceden belirlenmiş olan sayıda küme kalana kadar devam eder.

Aşağıda şekil 6.1.'de iki boyutlu özellik uzayında gerçekleşen hiyerarşik kümeleme algoritması gösterilmiştir. Şekil 6.2.'de yer alan kayıtlar hiyerarşik kümeleme yöntemi ile gruplanmışlardır.



Şekil 6.1. Hiyerarşik kümeleme örneği (Ünler, 2006)

Hiyerarşik yöntemlerde her adımda hangi kayıtların bir araya getirilerek kümelendiğini gösteren DENDOGRAM ( birleştirme ağacı ) yapıları oluşturulur. Şekil 6.1' de yer alan kayıtlara ilişkin dendogram Şekil 6.2.' de gösterilmektedir.



Şekil 6.2. Hiyerarşik kümelemede oluşan birleştirme ağacı (Ünler, 2006)

Şekil 6.2.'deki birleştirme ağacından da görüleceği gibi, ilk adımda B-C, ikinci adımda D-E, üçüncü adımda F-G, dördüncü adımda A-BC birleştirilmiştir. Sonraki adımda DE-FG ile birleştirilmiş ve en son adımda da ABC-DEFG birleştirilerek bütün kayıtları içeren en büyük küme oluşturulmuştur. Adımı bu hiyerarşik birleştirme ağacından alan hiyerarşik yöntemlerin sonlandırılması, daha önceden belirlenen küme sayısına bağlıdır. Örneğin yukarıdaki birleştirme ağacında 3 küme oluşacak şekilde bir kümeleme gerçekleşmiştir. Hiyerarşik yöntemlerin en güzel

yanlarından biri de bir kez ağacın oluşturulmasından sonra ağacın istenilen seviyelerden (istenilen sayıda küme sağlayacak şekilde) ayrılabilmesidir.

Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemlerinde, hiyerarşik kümeleme yöntemlerinde kullanılan birleştirme ağacı (dendogram) kullanmak yerine tüm kayıtların belirli bir şekilde bölünmesi ile kümeler oluşturur. Kümelenmesi gereken çok sayıda kaydın bulunduğu uygulamalarda, birleştirme ağacının oluşturulması gibi ağır bir iş yükü getiren bir algoritma yerine hiyerarşik olmayan yöntemleri kullanmak daha verimli olmaktadır. Fakat hiyerarşik olmayan yöntemlerin zayıf tarafları da vardır. Bunlardan en önemlisi, kümeleme işlemi sonucunda oluşması istenilen küme adedinin işlemden önce algoritma tarafından bilinmesinin gerekli olmasıdır.

Hiyerarşik olmayan kümeleme yöntemleri, kümeleri oluştururken yerel ya da tümel olarak tanımlanmış olan benzerlik kriterlerini optimize etmeye çalışırlar. Bu fonksiyonun muhtemel en iyi değerini bulmak için tüm kayıtlar üzerinde çeşitli kombinasyonları denemek mümkün değildir. Bunun yerine başlangıç durumu için birkaç algoritma işletilir ve sonuç kümeleri de bu önceki çalışmaların sonuçlarından elde edilerek oluşturulur.

### **6.1.2. Seçkin, örtüşen ve bulanık kümeleme**

Bir verinin; sadece bir kümeye ait olma durumuna seçkin kümeleme, birden fazla kümeye ait olma durumuna da örtüşen kümeleme denilmektedir. Örtüşen kümeye örnek olarak bir üniversite de hem öğrenci olan hem de üniversitede çalışan bir kişi verilebilir. Bulanık kümelemelerde veri belli bir ağırlık değeriyle tüm kümelere ait olmaktadır. Bu ağırlık değeri  $[0,1]$  arasında değerler almaktadır. Yani veri belirli bir olasılık değeri ile o kümeye ait olmaktadır. Bulanık kümelemede toplam ağırlık değeri 1'dir.

### **6.1.3. Tam kümeleme ve kısmi kümeleme**

Tam kümelemede veri setindeki her bir veri bir kümeye mutlaka atanırken, kısmi kümelemede veri seti içerisindeki bazı veriler hiçbir kümeye ait olmaksızın dışlanırlar.

Bu tür küme dışı kalan veriler veri seti içindeki gürültüler olarak bilinir. Örnek olarak üzerinde işlem yapılan resim verisi için anlamlı olmayan bir arka plan verisi hiçbir kümeye dâhil edilmeden dışlanır. Böylece de kümelerin kalitesi arttırılmış olur.

## **6.2. Küme Türleri**

### **6.2.1. Örnek tabanlı kümeler**

Bu tür kümelerde, küme içinde bulunan her bir veri, kümeyi temsil eden bir örnek özelliği taşır. Aynı küme içindeki verilerin karakterleri o kümeyi temsil eden verinin karakteri ile aynı iken farklı kümeleri temsil eden verilerin karakteri ile farklılık gösterir. Sürekli özellik gösteren veriler için kümeyi temsil eden veri, o kümedeki değerlerin aritmetik olarak ortalamalarının alınması ile elde edilir. Kümedeki verilerin aritmetik ortalamalarının anlamlı olmadığı durumlarda yani kümedeki veriler kategorik özelliklere sahip veri ise veri setini en iyi temsil eden veri bir medoiddir. Yani kümeyi en iyi temsil edecek olan noktadır. Birçok veri seti için bu veri kümenin merkezi olarak düşünülebilir. Bu yüzden örnek tabanlı kümelere diğer bir deyişle merkez tabanlı sınıflarda denilir.

### **6.2.2. İyi ayrılmış kümeler**

Bu tür kümelerde küme içindeki her bir veri aynı küme içindeki bir diğer veriye benzer ve yakın iken küme dışındaki verilerden uzak ya da farklıdır. Küme içindeki verilerin birbirleri ile olan ilişkilerinin belirlenmesinde belirli bir eşik değeri kullanılır.

Farklı gruplar içinden rastgele alınan iki nokta arasındaki uzaklık aynı grup içinden alınan herhangi iki nokta arasındaki uzaklıktan fazladır. İyi ayrılmış kümelerin belirli şekilleri yoktur (Çalışkan, 2008).

### **6.2.3. Yoğunluk tabanlı kümeleme**

Yoğunluk tabanlı kümeleme yöntemlerinin öne çıkan önemli özelliği, farklı ve düzensiz şekillerdeki kümeleri belirleyebilmesidir. Bir kümeyi oluşturabilmek için, birbirine

bağlantılı yoğun noktalar belirlenir. Yani bir küme, yoğunluğun yönlendirdiği herhangi bir yönde genişleyebilmektedir. Böylece herhangi şekilde bir küme oluşturulabilir. Yoğunluk değerlendirmesinin doğal bir etkisi olarak, yoğunluk tabanlı kümeleme yöntemleri sıradışı veya anormal özelliklere sahip verilerle baş edebilirler. Ayrıca, bu yaklaşımı benimseyen yöntemler genel olarak düşük hesaplama karmaşıklığına sahiptirler. En belirgin dezavantajları ise, ortaya çıkan kümelerin nasıl değerlendirileceği ve yorumlanacağıdır (Berkhin, 2002; Han ve Kamber, 2006).

#### **6.2.4. Çizge tabanlı kümeleme**

Eğer veri seti içinde bulunan her veri bu verinin kümedeki diğer verilerle olan ilişkisini gösteren bir çizge olarak temsil edilebiliyorsa küme bağlı bileşen olarak tanımlanır. Yani grup içindeki bir verinin yine grup içinde bulunan veri ile bağlantılı olup grup dışındaki verilerle arasında herhangi bir bağlantı bulunmamaktadır. Komşuluk tabanlı kümeler çizge tabanlı kümelerin önemli bir örneğidir. Böyle kümelerde verinin komşuluk içindeki veriye olan uzaklığı komşuluk dışındaki veriye olandan daha kısadır. Bu kümelerdeki dezavantaj birbirleri ile farklı kümeler olsalar bile aradaki küçük bir gürültü verisi yüzünden aynı kümeymiş gibi birleşebilmektedirler. Çizge tabanlı kümelerde örnek tabanlı kümeler gibi küresel olma eğilimindedirler (Çalışkan, 2008).

### **6.3. Kümeleme Teknikleri**

Başlıca kümeleme teknikleri K-Means(Ortalama), K-Medoids, EM (Expectation Maximization), Toplamsal Hiyerarşik Kümeleme, DBSCAN gibi sıralanabilir. Bu çalışmada, sayılan tekniklerden K-Means (Ortalama) tekniği kullanılmıştır.

#### **6.3.1. K-means (ortalama) kümelemesi**

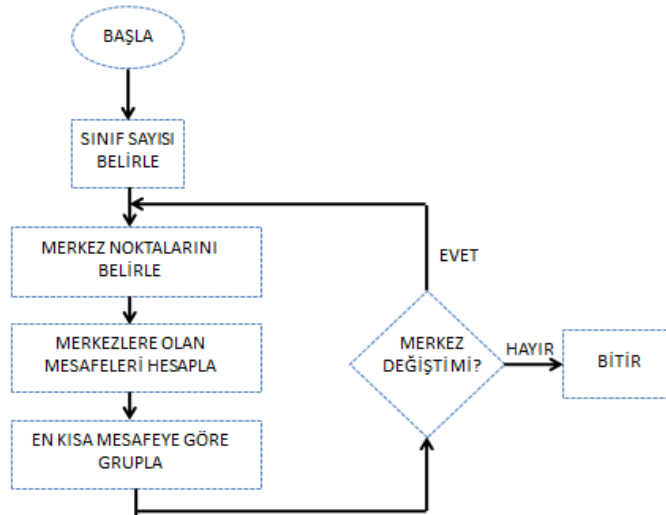
K-means yöntemi 1967 yılında Mac Queen tarafından ortaya atılmıştır. Uzun yıllar boyunca birçok uygulama alanında yoğun olarak kullanılan bir kümeleme algoritmasıdır. Bu algortmada  $k$  sayıda küme oluşmakta ve kümelerin içinde bulunan verilerin ağırlıklı ortalamaları sonucu bir değer ortaya çıkmaktadır. Küme içerisindeki bu değere en yakın olan nokta değeri küme merkezi (centroid) olarak kabul edilmektedir (Berkhin, 2002).

K-means kümelemede amaç, yapılan bölümlenme işlemi sonunda elde edilen kümelerin, küme içi benzerliklerinin maksimum ve kümeler arası benzerliklerinin ise minimum olmasını sağlamaktır.

Küme benzerliği, kümenin ağırlık merkezi olarak kabul edilen bir nesne ile kümedeki diğer nesnelere arasındaki uzaklıkların ortalamaları ile ölçülmektedir (Çalışkan, 2008).

### 6.3.1.1. K-means işlem basamakları

- K-means algoritmasında da ilk olarak küme merkezleri belirlenir. Küme merkezlerini belirleme işlemi için iki farklı yol vardır. İlki veriler arasından küme sayısı kadar k tane rastgele nokta seçilir. İkincisi merkez noktalarının tüm verilerin ortalaması alınarak belirlenmesi işlemidir.
- Her verinin seçilen merkez noktasına uzaklığı hesaplanarak, verilerin hangi küme merkezine ait oldukları tespit edilir ve veriler o kümeye dâhil edilir.
- Oluşan kümedeki verilerin aritmetik ortalaması alınarak yeni küme merkezleri belirlenir ve oluşan bu yeni küme merkezleri eski küme merkezleri ile yer değiştirir.
- Merkez noktaları sabit kalıncaya kadar 2. ve 3. basamaklar tekrar edilir.



Şekil 6.3. K-means işlem basamakları (Çalışkan, 2008)



### 6.3.1.2. K-means kümelemesi özellikleri, avantaj ve dezavantajları

K-means kümelemesinin belirgin dört özelliği vardır. Bunlar;

- Her zaman K sayıda küme olmalıdır,
- Her küme de en az bir nesne olmalıdır,
- Kümeler hiyerarşik olmalı, ayrıca her hangi bir örtüşme de olmamalıdır,
- Kümelerin her elemanı, kendine diğer kümelerden daha yakın olmalıdır. Çünkü yakınlık her zaman kümelerin merkezlerini kapsamaz.

Veri sayısı çok fazla olan hesaplamalarda, K-means hesaplaması, eğer k sayısı küçük ise hesaplamaları hiyerarşik kümelemeden daha hızlı yapar. Yine k-means hesaplaması eğer kümeler özellikle küresel ise hiyerarşik kümelemeden daha sıkı bir kümeleme yapacaktır.

Bunun yanı sıra k-means algoritmasının en büyük eksikliği k değerini tespit edememesidir. Bu nedenle başarılı bir kümeleme elde edebilmek için farklı k değerleri için deneme yanılma yönteminin uygulanması gerekmektedir. K-means algoritmasının küresel kümelerde, her zaman doğru kümeleri bulamadığı ancak küme sayısı doğru seçildiği zaman ayrık ve sıkışık bulutlar şeklindeki kümeleri etkili bir şekilde bulabildiği söylenebilmektedir.

## 6.4. Kümeleme Analizinin Kullanım Alanları

Başta veri madenciliği olmak üzere vektör niceleme, çok boyutlu istatistiksel tahminleme, makine öğrenmesi vb. araştırma alanlarının konusu olan kümelemenin tıp, biyo-enformatik, ekonomi, mühendislik, sosyal bilimler, astronomi ve yerbilim gibi alanlarda önemli uygulamaları vardır (Berkhin, 2002; Savaş ve ark., 2012).

- Kümeleme çalışmalarının büyük bir kısmı tıp ve biyo-enformatik alanlarında yer almaktadır. Özellikle genotip belirleme, gen ifadesi ve homolog gen dizilerinin gruplanması gibi çalışmalarda, kümeleme önemli bir araçtır. Yine tıp alanında hastalık teşhisi, ilaç sınıflama, radyolojik görüntüleme vb. geniş bir uygulama yelpazesi mevcuttur.

- Şirketler pazar araştırması yaparken potansiyel müşterilerin belirlenmesi ve tüketim alışkanlıklarının ortaya çıkarılmasında, marka ve ürün gruplandırma kümelemeden yararlanmaktadır.
- Mühendislikte, genel olarak görüntü ve ses tanıma, sinyal analizi, veri sıkıştırma ve gürültü temizleme gibi konularda kümeleme yöntemleri kullanılmaktadır.
- Gök cisimlerinin sınıflandırılmasında, yeryüzü şekillerinin tanımlanmasında, akarsu sistemlerinin analizinde, uzay simülasyonlarında ölçeklendirme gibi konularda kümelemeden faydalanılmaktadır (Akpolat ve ark., 2013).

## BÖLÜM 7. GELİŞTİRİLEN ÇÖZÜM YAKLAŞIMI

Tablo 7.1. Geliştirilen çözüm yaklaşımının aşamaları

Aşamalar	Çözülen Problem	Kullanılan Metotlar	Sonuç
1	Kümeleme (Türkiye coğrafyasının belirlenen seçeneklere göre kümelere ayrılması )	K-Means	6,8 ve 10 Bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası
2	Depo Sayısının Belirlenmesi	0-1 Tam Sayılı Programlama ( P Medyan )	Her bölge için açılacak depo sayıları
3	Depo Yerlerinin Belirli Kısıtlar Altında Belirlenmesi	0-1 Tam Sayılı Programlama ( P Medyan )	Depo kurulacak şehirlerin belirli kısıtlar altında elde edilmesi

Yer seçimi problemleri, birçok alanda uygulamalara sahiptir. Bu uygulamalar, depo, işletme, fabrika, alışveriş merkezi, okul, hastane, postane gibi kuruluşların yer seçiminden, ambulans, itfaiye, polis araçlarının yer seçimine kadar çok çeşitli konularda ortaya çıkmaktadır.

Yer seçimi problemlerinin karşımıza çıkan bir başka alanı ise, bir afet sonrasında, afetzedelerin barınma, giyecek, yiyecek gibi ihtiyaçlarının karşılanacağı depoların yerlerinin seçimidir.

Bu çalışmada, afet sonrasında kullanılmak üzere kurulacak depoların yerleri matematiksel model ve kümeleme teknikleri kullanılarak belirlenmiştir. Depo kurulum yerleri belirlenirken kümeleme tekniği 3 farklı versiyon için ayrı ayrı çalıştırılmıştır.

Problemin çözüm aşamalarına, ülkemizde bulunan 81 ilin uzaklık matrisi oluşturularak başlanmış ve aşağıda bahsedilecek yöntemler sırasıyla kullanılarak problemin çözümüne ulaşılmıştır.

### **7.1. Kümeleme Analizi**

Kümeleme, bir çalışmadaki verileri aralarındaki benzerlik veya yakınlık ilişkisine göre belirli gruplar içinde toplayarak sınıflandırma yapmayı sağlayan yöntemdir. Amacı, anlamlı gruplar elde etmektir.

Çalışmada incelenen problemde kümeleme yapabilmek için öncelikli olarak 81 ilin birbirine olan uzaklıklarından oluşan ‘İl Mesafe Matrisi’ oluşturulmuştur. Kümeleme bu matris kullanılarak yapılmıştır.

Kümeleme için kullanılan program 3 farklı versiyon için çalıştırılmıştır. Ülke coğrafyası göz önüne alınarak problem 6 bölge, 8 bölge ve 10 bölgeye ayrılmış kombinasyonlar için çalıştırılmıştır.

### **7.2. Bölgelere Kurulacak Depo Sayısının Belirlenmesi**

Afet, insanlar için büyük kayıplar doğuran, toplumsal faaliyetleri durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen ve etkilenen toplumun kendi imkânları ile yaralarını saramadığı olaylardır. Afet yönetim sistemi evrelerinden hazırlık evresi, afete uğrayan topluma en kısa yoldan ve en hızlı şekilde yardım ulaştırılması veya yaraların en hızlı şekilde sarılması için alınacak önlemleri içerir. Afet anında kullanılacak çadırların, toplanma yerlerinin ve diğer tüm olası ihtiyaçların hazırda bulundurulması için yapılacak çalışmaları hazırlık evresi içerir.

Afet anında ve sonrasında ihtiyaç duyulabilecek malzeme ve teçhizatlar, afet sonrasında kullanılmak üzere kurulmuş olan depolarda hazırda bulundurulmalıdır. Çalışmanın konusunu oluşturan bu depolardan, önceki bölümde bahsedilen her bölge için kaçar tane kurulacağını belirlemek için matematiksel model kullanılarak yapılmıştır.

Bu model için belirlenen 2 tane kısıt vardır. Bunlardan ilki depo hizmet kapasitesi ve ikincisi ise her bölge için ayrı ayrı hesaplanan depo kurulum maliyetidir. Depo hizmet kapasitesi hesaplanırken Kızılay'ın toplam çadır ve toplam depo sayıları dikkate alınmış, ayrıca afet anında nüfusun afetten etkilenme oranı hesaba katılmış ve depoların hizmet edeceği toplam kapasite bulunmuştur. Bölgelere göre depo kurulum maliyeti hesaplanırken ise, Kızılay'ın depo metrekare bilgileri, inşaat mühendisleri odasının belirlediği metrekare birim fiyatları ve Kalkınma Bakanlığı'nın belirlediği illerin sosyo-ekonomik gelişmişlik sıralaması (SEGE) verilerinden yararlanılmıştır.

Belirlenen bu kısıtlar, kurulacak depolar için Kızılay'ın devletten alacağı yatırım bütçesi ile sınırlandırılmıştır. Yani yatırım bütçesi, kurulacak olan depoların sayısını belirlemede önemli bir kısıt olarak modele eklenmiş ve çözüm bu yolla sağlanmıştır.

### **7.3. Her Bölge için Depoların Kurulacağı Şehirlerin Belirlenmesi**

Çalışmada ele alınan konu, Türkiye'de meydana gelecek herhangi bir afet anında afetzedelerin tıbbi yardımlarının ve geçici barınmalarının sağlanması, afet sonrasında yardım faaliyetlerinin etkin ve aksaksız bir şekilde yürütülmesini sağlayacak malzemelerin, araçların ve diğer ihtiyaçların depolanacağı lojistik merkezleri için uygun coğrafi yerin tespitini sağlayacak matematiksel modelin kurulması ve sonucunda en uygun yerlerin tespit edilmesidir.

Problemin çözümü 3 farklı senaryo altında incelenecektir. Bu senaryolar, problemin çözümündeki ilk aşama olan kümeleme aşamasında ülke coğrafyasının 6 bölge, 8 bölge ve 10 bölgeye ayrılarak çözülmesidir. Her bölge için model ayrı ayrı çözümlenerek sonuçlar elde edilmiştir. Senaryoların sonuçları sonuç bölümünde incelenecektir.

Ülkemizde meydana gelecek bir afet, ülke coğrafyasının herhangi bir yerinde meydana gelebilir. Kurulacak olan afet yardım depoları da yine herhangi bir coğrafyaya kurulabilir. Ancak ülke nüfusunun özellikle şehir merkezlerinde yoğunlaştığı ve geçmiş uygulamalara bakıldığında afet sonrasında kriz yönetim

merkezlerinin özellikle afet olan ilin merkezinde kurulduğu gerçeğinden yola çıkılarak, depo kurulmaya aday olan yer 81 ilin merkezi olarak seğilmiştir.

Depo kurulumu için seçilen şehir merkezlerinde, depo yerlerinin belirlenmesi il afet yönetim kurulu ve il yönetimi tarafından belirleneceği varsayılarak çalışma kapsamına dahil edilmemiştir. Yine iller arası yardımların ulaştırılmasında kullanılacak olan yolların mevcut karayolları üzerinden yapılacağı düşünülerek, depo kurulumu için aday şehir ile yardım talebinin geleceği şehirlerarası mesafenin belirlenmesinde Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanan iller arası mesafelerden yararlanılmıştır (KGM [web], 2016).

## **BÖLÜM 8. UYGULAMA**

Bu bölümde problem tanımlanmakta, çalışmanın konusunu oluşturan afet ve afet sonrası çalışmaları yürüten Kızılay'dan bahsedilmekte, kümeleme ve P-medyan matematiksel modelleme teknikleri kullanılarak depo yeri seçim problemi çözülmektedir.

Türk Kızılayı, yürüttüğü insani yardım operasyonlarını Ankara'da konuşlu Afet Operasyon Merkezi aracılığıyla yapmaktadır. Türk Kızılayı'nda Lojistik Yönetim Sistemi; ulusal düzey, bölgesel düzey ve yerel düzeyden oluşmaktadır.

Ulusal düzey lojistik yönetim sisteminde, afet sırasında lojistik faaliyetlerin eksiksiz olarak yerine getirilmesi için etkin koordinasyonun sağlanması gerekmektedir. Lojistik süreçlerin devamlılığının sağlanması için ise standartların oluşturulması, stratejilerin belirlenmesi ve bölgesel/yerel düzeyde yaygınlaştırılması gerekmektedir.

Türk Kızılayı'nın afet müdahale faaliyetlerindeki etkinliğini ve hızını arttırmak için ülke genelinde afet riskleri dikkate alınarak bölgesel düzeyde merkezler oluşturulmuştur. Bölgesel depolar, belirlenen afet müdahale kapasitelerine ve belirli bir coğrafyaya hitap edecek şekilde temel afet malzemelerinin muhafaza edildiği depolardır. Ayrıca bu depolar müdahale sınırları içindeki Yerel Afet Yönetim Merkezleri'ne stok takviyesi yapabilecek kapasitede konuşlandırılmıştır.

Yerel depolar, bölge depolarına oranla daha küçük kapasiteli, bulundurulduğu il ve çevre illerinde meydana gelebilecek olası bir afet ve acil durumda ilk müdahalenin gerçekleştirilebilecek ölçüde malzeme stoklandığı depolardır (Kızılay Yayını, 2015).

Yer seçimi problemleri birçok alanda çalışılmıştır. Bu alanlar, fabrikalar, alışveriş merkezleri, işletmeler, okullar, hastaneler, itfaiye yerleri seçimi gibi hem özel hem de kamu kuruluş binalarıdır.

Bu çalışmada depo yeri seçimi problemi ele alınmıştır. Türkiye’de meydana gelecek afet durumunda, afetzedelerin yiyecek, giyecek, barınma ve diğer acil ihtiyaçlarının karşılanması için gerekli olan malzeme ve teçhizatların depolanacağı yerlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Afet, meydana geldiği yerde kalıcı veya geçici büyük küçük ölçekte birçok hasar bırakmakta, bu yaraların sarılması ise Kızılay ve diğer sivil toplum kuruluşlarına düşmektedir. Afet anında yaşanacak kaosu azaltmak için afet öncesi hazırlık aşamasına büyük görev düşmektedir. Görev ve sorumluluklar belirlenmeli, ihtiyaç duyulacak malzeme ve teçhizatlar hazırda tutulmalıdır. Bu durumda kullanılacak olan depoların hangi şehirlere kurulması gerektiğinin çözümü bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışmadaki problem 3 aşamada çözülmüştür. İlk olarak kümeleme algoritması çalıştırılarak ülke coğrafyası 6, 8 ve 10 bölgeye ayrılmıştır. Daha sonra çalışmaya 6 bölgeye ayrılmış ülke coğrafyası için kurulacak depo sayısının belirlenmesi ile devam edilmiş ve son olarak sayısı belirlenen depoların, 6 bölge içerisinde hangi bölgelere ve şehirlere kurulmasının en optimal olduğu ve kurulduğu bölgedeki diğer illerin hangi depodan hizmet alacağı sorularının cevabı bulunmuştur. Bahsedilen adımlar küme sayısı 8 ve 10 için de tekrar edilmiştir.

Yukarıda bahsedilen çözüm yaklaşımları Tablo 7.1.’de gösterilmiştir.

#### - AŞAMA 1 (KÜMELEME)

Kümeleme, bir çalışmadaki verileri aralarındaki benzerlik veya yakınlık ilişkisine göre belirli gruplar içinde toplayarak sınıflandırma yapmayı sağlayan yöntemdir. Amacı, anlamlı gruplar elde etmektir.

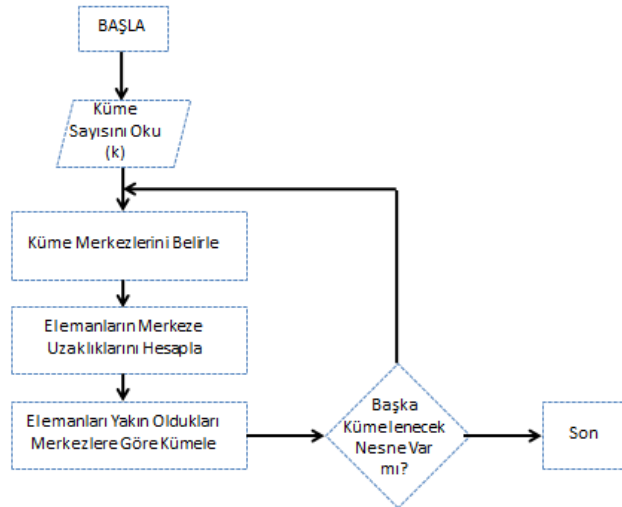


Çalışmaya konu olan problemin çözüm basamaklarına kümeleme ile başlanmıştır. Kümeleme yapmaktaki amaç, ülke coğrafyasının 6 bölge, 8 bölge ve 10 bölgeye bölüldüğünde, depoların bulunduğu illerden, gerekli durumlarda yardım sağlayacağı illere taşıma mesafesinin farklılıklarını bu 3 versiyon için incelemektir.

Depolardan hizmet alacak şehirler ile yine bu şehirlere kurulacak olan depolar arası mesafelerin modele eklenmesi için Karayolları Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu iller arası mesafe cetvelinden yararlanılmıştır.

Kümeleme teknikleri olarak literatürde birçok metot kullanılmaktadır. Problemin çözümünde k-means algoritması seçilmiş ve çözüm için Rapid Miner 5.3.008 adlı ticari yazılımı kullanılmıştır.

K-means algoritmasının akış şeması aşağıda görüldüğü gibidir:



Şekil 8.1. K-Means algoritmasının adımları (Firat, 2012)

Uygulama sonucunda ülke coğrafyası 6 bölge, 8 bölge ve 10 bölgeye ayrılmış ve her bölgede bulunan şehirler ayrı ayrı belirlenmiştir. Şehirler birbirine olan uzaklıklarına göre kümelenecek ve kümelerdeki şehirler belirlenmiştir.

6 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için bölgelerdeki şehirler Tablo 8.1.'de verilmiştir.

Tablo 8.1. Küme sayısı 6 için belirlenen bölgeler ve her kümeye atanan şehirler

Bölgeler	Şehirler
1	Antalya, Aydın, Balıkesir, Burdur, Çanakkale, Denizli, Edirne, Isparta, İzmir, Kırklareli, Manisa, Muğla, Tekirdağ, Uşak
2	Afyon, Bilecik, Bolu, Bursa, Eskişehir, İstanbul, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Zonguldak, Bartın, Yalova, Karabük, Düzce
3	Adana, Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Mersin, Malatya, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Kilis, Osmaniye
4	Amasya, Ankara, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Yozgat, Aksaray, Karaman, Kırıkkale
5	Artvin, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Tunceli, Bayburt
6	Ağrı, Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Hakkâri, Kars, Mardin, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak, Ardahan, Iğdır

8 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için bölgelerdeki şehirler Tablo 8.2.'de verilmiştir.

Tablo 8.2. Küme sayısı 8 için belirlenen bölgeler ve her kümeye atanan şehirler

Bölgeler	Şehirler
1	Afyon, Antalya, Bilecik, Bolu, Burdur, Bursa, Eskişehir, Isparta, İstanbul, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Uşak, Zonguldak, Bartın, Yalova, Karabük, Düzce
2	Aydın, Balıkesir, Çanakkale, Denizli, Edirne, İzmir, Kırklareli, Manisa, Muğla, Tekirdağ
3	Adana, Ankara, Mersin, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Karaman, Kırıkkale
4	Amasya, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Yozgat
5	Adıyaman, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Malatya, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Kilis, Osmaniye

Tablo 8.2. Küme sayısı 8 için belirlenen bölgeler ve her kümeye atanan şehirler (devamı)

<b>Bölgeler</b>	<b>Şehirler</b>
6	Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Tunceli, Bayburt
7	Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Hakkâri, Mardin, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak
8	Ağrı, Artvin, Kars, Ardahan, Iğdır

10 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için bölgelerdeki şehirler Tablo 8.3.'de verilmiştir.

Tablo 8.3. Küme sayısı 10 için belirlenen bölgeler ve her kümeye atanan şehirler

<b>Bölgeler</b>	<b>Şehirler</b>
1	Afyon, Bilecik, Bursa, Eskişehir, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Yalova, Düzce
2	Ağrı, Artvin, Bitlis, Hakkâri, Kars, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak, Ardahan, Iğdır
3	Adıyaman, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Erzurum, Malatya, Mardin, Tunceli, Şanlıurfa
4	Erzincan, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Bayburt
5	Amasya, Çorum, Kayseri, Samsun, Sivas, Tokat, Yozgat
6	Adana, Gaziantep, Hatay, Mersin, Kahramanmaraş, Kilis, Osmaniye
7	Balıkesir, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Tekirdağ
8	Bolu, Çankırı, Kastamonu, Sinop, Zonguldak, Bartın, Karabük
9	Ankara, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Karaman, Kırıkkale
10	Antalya, Aydın, Burdur, Denizli, Isparta, İzmir, Manisa, Muğla, Uşak

- AŞAMA 2 (Kurulacak Depo Sayısının Belirlenmesi)

Çalışmanın bu kısmında, araştırmanın temeli olan depoların hangi bölgeye kaç adet kurulacağından hesaplanmasından ayrıntılı olarak bahsedilmiştir.

Matematiksel modeli kurmadan önce modelde kullanılan verileri şu şekilde anlatabiliriz:

- Kurulacak olan depoların hizmet kapasitesinin hesaplanması:

Kızılay'dan alınan veriler ışığında Kızılay'ın 9 bölgesel, 25 yerel deposunun olduğunu ve bu depoların içerisinde toplam 44893 adet çadır olduğu bilinmektedir. Kızılay'ın tüm depolarındaki çadır sayısının toplam depo sayısı olan 34'e bölünmesi ile Kızılay'ın depolarında ortalama 1320 çadır olduğu bilinmektedir.

Yine Kızılay'dan alınan bilgilerle, afet durumunda hizmet planı yapılırken çadır sayısını 5 ile çarparak hizmet verilebilecek kişi sayısının hesaplandığı bilinmektedir. Kızılay her çadırın 5 kişiye hizmet verebileceğini esas almaktadır.

1320 olan çadır sayısını 5 ile çarptığımızda, 1 deponun olası bir afet durumunda 6600 kişiye hizmet verebileceğini hesaplamaktayız.

Kızılay'dan alınan başka bilgiye göre, bir şehirde veya bölgede nüfusun afetten etkilenme oranı %0,2 olarak belirlenmiştir. Afetten etkilenen, yani afet durumunda hizmet alacak olan nüfusun oranı %0,2 (6600 kişi) olduğuna göre, deponun toplam hizmet kapasitesi:

$6600 / 0,2 = 3300000$  kişi olarak belirlenir.

Çalışmamızda bu veri, yani 1 deponun hizmet kapasitesi yaklaşık olarak 3500000 kişi olarak alınacaktır.

- Kurulacak olan depoların her bölge için kurulum maliyeti hesabı:

Depo kurulumundaki maliyet hesabı 'TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Proje Ve Fenni Mesuliyet Hizmet Bedelleri 2013' bildirisinden yararlanarak bulunmuştur.

Belirtilen metinde tüm yapı tipleri için belirlenen m2 birim maliyetleri mevcuttur. Çalışmamızda belirlediğimiz tipte depolar metindeki C Grubu Yapılar grubuna girmektedir. C grubu yapıların m2 birim maliyetleri 370 TL olarak belirtilmiştir.

Kızılay'dan alınan 20.01.2015 tarihli 'Afet Depo Bilgileri' dosyasında, Kızılay'a ait tüm depoların yüzey alanları bilgileri mevcuttur. Çalışmaya konu olan depoların

tiplerinin Kızılay'ın ortalama metrekaresi 600 olan depo tiplerine uyduğu görülmüş ve bahsi geçen depoların ortalama olarak 600 m<sup>2</sup> alınmasına karar verilmiştir.

Çalışmada ayrıca Kalkınma Bakanlığı'nın 2011 yılında yayınlamış olduğu 'İllerin ve Bölgelerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması (SEGE-2011)' adlı yayınından veriler kullanılmıştır ( Kalkınma Bakanlığı, 2011). Kalkınma Bakanlığı bu çalışmada Türkiye'nin tüm illerinin gelişmişlik sıralamalarını, içinde buldukları gelişmişlik gruplarını ve gelişmişlik endeks değerlerini yayınlamıştır. Toplam 6 SEGE değeri vardır ve her şehir bu 6 değerden birini almaktadır. Aşağıdaki Tablo 8.4.'de illerin gelişmişlik matrisinin bir bölümü görülmektedir.

Tablo 8.4. İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Sıralaması (2011)

İl Kodu	İl Adı	SEGE-2011 Sıralaması	SEGE-2011 Endeks Değeri
TR100	İstanbul	1	4,5154
TR510	Ankara	2	2,8384
TR310	İzmir	3	1,9715
...	...	...	...
TRB24	Hakkâri	80	-1,6961
TRB22	Muş	81	-1,7329

Yukarıda da görüldüğü gibi her ilin gelişmişlik değeri ve sıralaması vardır.

Metrekare birim maliyeti 370 TL ve ortalama 600 metrekare olan depoların kurulum maliyeti 222000 TL tutmaktadır. Bu değeri taban değer olarak yaklaşık 200000 TL alıp, şehirlerin SEGE sıralamasına göre 20000 TL arttırarak her bölgenin depo kurulum maliyetini hesaplamak mümkün olmaktadır.

SEGE-2011 değerlerine göre 6 SEGE değeri için depo kurulum maliyetleri Tablo 8.5.'deki gibidir:

Tablo 8.5. Depo kurulum maliyetleri

SEGE Değeri	Depo Kurulum Maliyeti
1	300.000 TL
2	280.000 TL
3	260.000 TL
4	240.000 TL
5	220.000 TL
6	200.000 TL

Bölgelerin depo kurulum maliyeti, yukarıda bahsedilen adımlar takip edilerek her şehrin SEGE değer karşılığı bulunup bölge ortalamaları alınarak hesaplanmıştır.

- Çalışmada bahsi geçen 81 ilin ve bölgelerin nüfusları Türkiye İstatistik Kurumunun 2012 yılında yaptığı adrese dayalı nüfus kayıt sistemi sonuçlarından alınmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2012).
- Matematiksel modelin kısıtlarından birisi de Kızılay'ın yatırım bütçesidir. Kızılayın, çalışmada konusu geçen depoların kurulumu için 7500000 TL bütçe ayırabileceği farz edilerek problem çözülmüştür. Modelin kısıtlarında geçen, bölgeler için ortalama depo kurulum maliyetleri, bu bütçeyle sınırlandırılmaktadır. Yatırım bütçesinin azaltılıp artırılması durumunda kurulacak depo sayısında farklılıklar oluşacaktır.

Yukarıda açıklamaları verilen kısıtlar ile aşağıdaki (8.1) numaralı matematiksel model kurulmuştur. Model kurulurken (5.23) numaralı model temel alınmış, belirlenen kısıtlar ve problemin yapısı doğrultusunda matematiksel model kurgulanmış ve Lingo 15.0 ticari yazılım programı kullanılarak çözülmüştür.

İ: Müşterilerin bulunduğu noktalar kümesi

$d_i$ :  $d_i$  deposunun açılması

C: Depo kapasitesi

N: İllerin nüfusları

DM: Depo kurulum maliyeti

F: Devlet teşvik fonu

Amaç fonksiyonu:

$$\min \sum_{i \in I} d_i \quad (8.1)$$

Kısıtlar:

$$C * d_i \geq N \quad \forall i \in I \quad (8.2)$$

$$\sum_{i \in I} DM * d_i \leq F \quad (8.3)$$

$$d_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in I \quad (8.4)$$

Problemin çözümü aşamasında, bazı şehir nüfuslarının depoların hizmet kapasitesinden fazla olduğu görülmüştür. Kurulacak olan deponun, hizmet vereceği nüfus öncelikli olarak kurulduğu şehirdeki nüfustur. Bu kısıttan hareketle, kurulacak olan depo, en az kurulduğu şehrin ihtiyaçlarını karşılamak zorundadır. Fakat nüfusu depo hizmet kapasitesinden fazla olan şehirlerde model bu kısıtlarda hata vermektedir. Bu yüzden şehir nüfusu depo hizmet kapasitesinden fazla olan İstanbul, İzmir ve Ankara için aşağıdaki işlemler yapılmıştır:

- İzmir nüfusu 2'ye bölünmüştür. Nüfus 2'ye bölündüğü için şehir de yüzölçümü olarak yaklaşık olarak 2'ye bölünmüş ve Kuzey İzmir-Güney İzmir olarak adlandırılmıştır.
- Ankara nüfusu da İzmir gibi 2'ye bölünmüş ve Doğu Ankara-Batı Ankara olarak adlandırılmıştır.
- İstanbul nüfusunun depo hizmet kapasitesinden oldukça yüksek olması nedeniyle İstanbul ilinin ayrı bölge olarak değerlendirilmesi kararı alınmıştır. İstanbul Anadolu ve İstanbul Avrupa olarak 2 bölge halinde ayrı ayrı çözülmüştür. Bu çözüm esnasında ilçelerin nüfusları göz önüne alınmış ve depoların hangi ilçelere kurulacağı bulunmuştur.
- İstanbul ilini 2 bölge olarak işleme alırken ilçe nüfusu 400000'den büyük olan ilçeler modele katılmıştır.

Çözülen model sonucunda, 6 bölgeye ayrılmış ülke coğrafyasının her bölgesi için kurulması gereken depo sayıları belirlenmiştir. Bölgeler ve kurulması gereken depo sayıları Tablo 8.6.'daki gibidir:

Tablo 8.6. Küme sayısı 6 için kurulacak depo sayıları

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı
1	Antalya, Aydın, Balıkesir, Burdur, Çanakkale, Denizli, Edirne, Isparta, İzmir, Kırklareli, Manisa, Muğla, Tekirdağ, Uşak	5
2	Afyon, Bilecik, Bolu, Bursa, Eskişehir, İstanbul, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Zonguldak, Bartın, Yalova, Karabük, Düzce	3
3	Adana, Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Mersin, Malatya, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Kilis, Osmaniye	4
4	Amasya, Ankara, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Yozgat, Aksaray, Karaman, Kırıkkale	5
5	Artvin, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Tunceli, Bayburt	2
6	Ağrı, Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Hakkâri, Kars, Mardin, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak, Ardahan, Iğdır	3

8 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için bölgelere kurulması gereken depo sayıları Tablo 8.7.'deki gibidir:

Tablo 8.7. Küme sayısı 8 için kurulacak depo sayıları

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı
1	Afyon, Antalya, Bilecik, Bolu, Burdur, Bursa, Eskişehir, Isparta, İstanbul, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Uşak, Zonguldak, Bartın, Yalova, Karabük, Düzce	4
2	Aydın, Balıkesir, Çanakkale, Denizli, Edirne, İzmir, Kırklareli, Manisa, Muğla, Tekirdağ	4
3	Adana, Ankara, Mersin, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Karaman, Kırıkkale	5
4	Amasya, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Yozgat	2



Tablo 8.7. Küme sayısı 8 için kurulacak depo sayıları (devamı)

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı
5	Adıyaman, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Malatya, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Kilis, Osmaniye	3
6	Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Tunceli, Bayburt	2
7	Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Hakkâri, Mardin, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak	2
8	Ağrı, Artvin, Kars, Ardahan, Iğdır	1

10 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için bölgelere kurulması gereken depo sayıları Tablo 8.8.'deki gibidir:

Tablo 8.8. Küme sayısı 10 için kurulacak depo sayıları

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı
1	Afyon, Bilecik, Bursa, Eskişehir, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Yalova, Düzce	3
2	Ağrı, Artvin, Bitlis, Hakkâri, Kars, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak, Ardahan, Iğdır	2
3	Adıyaman, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Erzurum, Malatya, Mardin, Tunceli, Şanlıurfa	3
4	Erzincan, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Bayburt	1
5	Amasya, Çorum, Kayseri, Samsun, Sivas, Tokat, Yozgat	2
6	Adana, Gaziantep, Hatay, Mersin, Kahramanmaraş, Kilis, Osmaniye	3
7	Balıkesir, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Tekirdağ	1
8	Bolu, Çankırı, Kastamonu, Sinop, Zonguldak, Bartın, Karabük	1
9	Ankara, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Karaman, Kırıkkale	3
10	Antalya, Aydın, Burdur, Denizli, Isparta, İzmir, Manisa, Muğla, Uşak	4

İstanbul ili 2 bölge olarak değerlendirildiği için, diğer bölgelerin küme sayılarının değişimi İstanbul için sonuçları etkilemeyecektir. 6, 8 ve 10 bölgeye ayrılmış

versiyonlar için aynı sonucun çıkacağı İstanbul Anadolu ve İstanbul Avrupa bölgelerinin sonuçları aşağıdaki gibidir:

Tablo 8.9. İstanbul ili için kurulacak depo sayıları

Bölge	İlçeler	Depo Sayısı
İstanbul-Anadolu	Ümraniye, Üsküdar, Kadıköy, Maltepe, Kartal, Sultanbeyli, Pendik, Tuzla, Ataşehir, Sancaktepe	2
İstanbul-Avrupa	Bağcılar, Bahçelievler, Esenler, Esenyurt, Fatih, Gaziosmanpaşa, Kâğıthane, Küçükçekmece, Sultangazi	3

#### - AŞAMA 3 (Kurulacak Depoların Yerlerinin Belirlenmesi)

Yer seçimi problemleri, nitel ve nicel birçok faktörü içinde barındıran ve en uygun çözümün çeşitli matematiksel modellerin yardımıyla elde edildiği karar problemleridir.

İncelediğimiz problemde olduğu gibi yer seçimi kararları kurumlar ve işletmeler için uzun dönemli ve stratejik kararlardır. Yer seçimi kararları kesinleştirilmeden önce bu kararlar oldukça fazla süzgeçten geçirilmek zorundadır. Bu amaçla çalışmanın temelini oluştururken detaylı bir çalışma yapılmalı ve modele eklenen kısıtlarla tüm ihtiyaçlar karşılanmalıdır.

Kurulan matematiksel modeldeki amaç, depolardan sevk edilen ürünlerin afetzedelere ulaştırılması sırasında kat edilen mesafeyi en aza indirmek ve tüm afetzedelerin ihtiyaçlarını karşılayabilmektir. Tüm şehirlerin mutlaka bir depoya bağlanıyor olması ve tüm afetzedelerin ihtiyaçlarının karşılanması modeldeki en önemli kısıtlardan birisidir.

Modelin iki tip karar değişkeni vardır. y tipi karar değişkeni illerin atanmasını, yani hangi ilin kurulacak olan hangi tesisten hizmet alacağını belirtmektedir. x tipi karar değişkeni ise illere tesis kurulup kurulmayacağını belirlemek için modelde bulunmaktadır.

Matematiksel modelin çözümünü ve kısıtların içeriklerini aşağıdaki şekilde açıklayabiliriz:

- Kümeleme analizi sonucunda 6 bölgeye ayrılan Türkiye coğrafyasının her bölgesi için, bölgelerin içindeki şehirlerden oluşan iller arası mesafe matrisleri oluşturulmuştur. Bu matrisler oluşturulurken daha önce bahsedildiği gibi Karayolları Genel Müdürlüğü'nün hazırlamış olduğu iller arası mesafe cetvelinden yararlanılmıştır.
- Modelin amaç fonksiyonu ilk maddede belirtilen iller arası mesafe matrisi kullanılarak oluşturulmuştur. Amaç fonksiyonu bünyesinde tesis bulunmayan illerdeki insanların atandıkları illere taşınmasını ve tesis olmayan illerde tesis açılmasını hedeflemektedir.
- Modelde verilmesi gereken ilk kısıt, o bölge için kurulacak olan depo sayısıdır. Bir önceki aşamada her bölge için kurulması gereken depo sayıları belirlenmiştir. Belirlenmiş olan depo sayılarının modele eklenmesi gerekmektedir.
- Modele eklenen kurulması gereken depoların sayılarının, içinde depo açılan şehir sayısı ile aynı olması gerekmektedir. Yani aynı şehire 1'den fazla depo açılmaması gerekmektedir. Bunun için de, içinde depo bulunan şehirlerin sayısı kurulacak olan depo sayısına eşit olmalıdır.
- Aday illerden tesis kurulmayacak olanlara, diğer illerin atanmasının engellenmesi gerekmektedir. Yani bir ilin atandığı ilde mutlaka depo açılmış olması gerekmekte, depo açılmaması durumunda oraya atama yapılmasının engellenmesi gerekmektedir.
- Tüm illerin bir tesise atanması gerekmektedir. Atama yapılmayan bir şehir kalmamalıdır.
- Atama yapılan ilin sadece 1 ile atanması gerekmektedir. Yani bir il aynı anda 2 ile atanmamalıdır.
- Açılacak olan depolara atanan iller için işlem hacminin deponun kapasitesini geçmemesi gerekmektedir.
- Kısıtlardaki karar değişkenlerinin 0 ya da 1 olması gerekmektedir.

Yukarıda verilen kısıtlar ile aşağıdaki (8.5) numaralı matematiksel model kurulmuştur. Model kurulurken (5.23) numaralı model temel alınmış, belirlenen

kısıtlar ve problemin yapısı doğrultusunda matematiksel model kurgulanmış ve Lingo 15.0 ticari yazılım programı kullanılarak çözülmüştür.

$I$ : müşterilerin (yardım alacak şehirlerin) bulunduğu noktalar kümesi

$J$ : tesis yerleri için aday noktalar kümesi

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

$P$ : Açılacak depo sayısı

Amaç fonksiyonu:

$$\min \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} d_{ij} y_{ij} \quad (8.5)$$

Kısıtlar:

$$\sum_{j \in J} x_j = p \quad (8.6)$$

$$\sum_{j \in J} d_{ij} = p \quad (8.7)$$

$$d_i - x_i \leq 0 \quad \forall i \in I \quad (8.8)$$

$$y_{ij} - x_j \leq 0 \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (8.9)$$

$$\sum_{j \in J} y_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (8.10)$$

$$\sum_{j \in J} x_j w_j + w_{ij} y_{ij} \leq 0 \quad (8.11)$$

$$x_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (8.12)$$

$$y_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J \quad (8.13)$$

$$d_i \in \{0,1\} \quad \forall i \in J \quad (8.14)$$

Modelin çalıştırılmasıyla depo yeri seçimi problemi sonuçlandırılmıştır. Modelin sonucunda 2. Aşamada sayısı belirlenen depoların hangi şehirlere kurulacağı ve kurulduktan sonra hangi şehirlere hizmet vereceği belirlenmiştir.

Tüm bu adımlar 8 bölge ve 10 bölge için de çalıştırılmış ve sonuçları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolardaki gibidir.

6 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için sonuçlar Tablo 8.10.'da verilmiştir.

Tablo 8.10. Küme sayısı 6 için sonuç tablosu

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı	Depo Kurulan Şehirler	Kurulan Depolardan Hizmet Alan Şehirler
1	Antalya, Aydın, Balıkesir, Burdur, Çanakkale, Denizli, Edirne, Isparta, İzmir, Kırklareli, Manisa, Muğla, Tekirdağ, Uşak	5	Aydın Burdur Kuzey İzmir Güney İzmir Kırklareli	Denizli, Muğla Antalya, Isparta, Uşak Balıkesir Manisa Çanakkale, Edirne, Tekirdağ
2	Afyon, Bilecik, Bolu, Bursa, Eskişehir, İstanbul, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Zonguldak, Bartın, Yalova, Karabük, Düzce	3	Kütahya Sakarya Zonguldak	Afyon, Eskişehir Bilecik, Bolu, Kocaeli, Yalova, Düzce Bursa, Bartın, Karabük
3	Adana, Adıyaman, Gaziantep, Hatay, Mersin, Malatya, Kahramanmaraş, Şanlıurfa, Kilis, Osmaniye	4	Adıyaman Mersin Kilis Osmaniye	Malatya, Şanlıurfa Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş Adana
4	Amasya, Ankara, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Yozgat, Aksaray, Karaman, Kırıkkale	5	Amasya Kastamonu Konya Nevşehir Kırıkkale	Çorum, Sivas, Samsun, Tokat Batı Ankara, Sinop Karaman Kayseri, Kırşehir, Niğde, Aksaray Doğu Ankara, Çankırı, Yozgat
5	Artvin, Elazığ, Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Tunceli, Bayburt	2	Trabzon Tunceli	Artvin, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize Elazığ, Erzincan, Erzurum, Bayburt
6	Ağrı, Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Hakkâri, Kars, Mardin, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak, Ardahan, Iğdır	3	Bitlis Diyarbakır Kars	Hakkâri, Muş, Siirt, Van, Şırnak Bingöl, Mardin, Batman Ağrı, Ardahan, Iğdır

6 bölgeye ayrılan Türkiye coğrafyası için bölgeler, bölgelere kurulacak olan depo sayıları, depoların kurulacağı iller ve depo kurulan illerden yardım görecek diğer iller Tablo 8.10'da gösterilmiştir. Örneğin 6 bölgeye ayrılmış Türkiye haritasının 1. Bölgesinde Antalya, Aydın, Balıkesir, Burdur, Çanakkale, Denizli, Edirne, Isparta, İzmir, Kırklareli, Manisa, Muğla, Tekirdağ, Uşak bulunmaktadır. Bu illerin bulunduğu bölgeye 5 tane depo kurulacaktır. Depo kurulması için belirlenen kısıtları ve şartları sağlayan iller Aydın, Burdur, İzmir ve Kırklareli'dir. Aydın'daki depodan Denizli ve Muğla, Burdur'daki depodan Antalya, Isparta ve Uşak, Kuzey İzmir'deki depodan Balıkesir, Güney İzmir'deki depodan Manisa ve Kırklareli'ndeki depodan ise Çanakkale, Edirne ve Tekirdağ illeri faydalanabilmektedir.

8 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için sonuçlar Tablo 8.11.'de verilmiştir.

10 bölgeye ayrılmış Türkiye coğrafyası için sonuçlar Tablo 8.12.'de verilmiştir.

Tablo 8.11. Küme sayısı 8 için sonuç tablosu

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı	Depo Kurulan Şehirler	Kurulan Depolardan Hizmet Alan Şehirler
1	Afyon, Antalya, Bilecik, Bolu, Burdur, Bursa, Eskişehir, Isparta, İstanbul, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Uşak, Zonguldak, Bartın, Yalova, Karabük, Düzce	4	Burdur Bursa Kütahya Düzce	Antalya, Isparta Bilecik, Yalova Afyon, Eskişehir, Sakarya, Uşak Bolu, Kocaeli, Zonguldak, Bartın, Karabük
2	Aydın, Balıkesir, Çanakkale, Denizli, Edirne, İzmir, Kırklareli, Manisa, Muğla, Tekirdağ	4	Aydın Balıkesir Kırklareli Manisa	Denizli, Muğla Kuzey İzmir Çanakkale, Edirne, Tekirdağ Güney İzmir
3	Adana, Ankara, Mersin, Kayseri, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Karaman, Kırıkkale	5	Adana Mersin Nevşehir Karaman Kırıkkale	Batı Ankara, Kayseri, Kırşehir, Niğde, Aksaray Konya Doğu Ankara
4	Amasya, Çankırı, Çorum, Kastamonu, Samsun, Sinop, Sivas, Tokat, Yozgat	2	Çorum Tokat	Amasya, Çankırı, Kastamonu, Samsun, Sinop, Yozgat Sivas
5	Adıyaman, Elazığ, Gaziantep, Hatay, Malatya, Kahramanmaraş, Urfa, Kilis, Osmaniye	3	Elazığ Şanlıurfa Kilis	Malatya Adıyaman Gaziantep, Hatay, Kahramanmaraş, Osmaniye
6	Erzincan, Erzurum, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Tunceli, Bayburt	2	Erzincan Trabzon	Erzurum, Tunceli, Bayburt Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize



Tablo 8.11. Küme sayısı 8 için sonuç tablosu (Devamı)

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı	Depo Kurulan Şehirler	Kurulan Depolardan Hizmet Alan Şehirler
7	Bingöl, Bitlis, Diyarbakır, Hakkâri, Mardin, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak	2	Bitlis Diyarbakır	Hakkâri, Muş, Siirt, Van, Şırnak Bingöl, Mardin, Batman
8	Ağrı, Artvin, Kars, Ardahan, Iğdır	1	Kars	Ağrı, Artvin, Ardahan, Iğdır

Tablo 8.12. Küme sayısı 10 için sonuç tablosu

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı	Depo Kurulan Şehirler	Kurulan Depolardan Hizmet Alan Şehirler
1	Afyon, Bilecik, Bursa, Eskişehir, Kocaeli, Kütahya, Sakarya, Yalova, Düzce	3	Bursa Kütahya Sakarya	Bilecik, Yalova Afyon, Eskişehir Kocaeli, Düzce
2	Ağrı, Artvin, Bitlis, Hakkâri, Kars, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak, Ardahan, Iğdır	2	Bitlis Kars	Hakkâri, Muş, Siirt, Van, Batman, Şırnak Ağrı, Artvin, Ardahan, Iğdır
3	Adıyaman, Bingöl, Diyarbakır, Elazığ, Erzurum, Malatya, Mardin, Tunceli, Şanlıurfa	3	Elazığ Erzurum Şanlıurfa	Bingöl, Diyarbakır, Malatya, Tunceli Adıyaman, Mardin
4	Erzincan, Giresun, Gümüşhane, Ordu, Rize, Trabzon, Bayburt	1	Gümüşhane	Erzincan, Giresun, Ordu, Rize, Trabzon, Bayburt

Tablo 8.12. Küme sayısı 10 için sonuç tablosu (Devamı)

Bölgeler	Şehirler	Depo Sayısı	Depo Kurulan Şehirler	Kurulan Depolardan Hizmet Alan Şehirler
5	Amasya, Çorum, Kayseri, Samsun, Sivas, Tokat, Yozgat	2	Çorum Sivas	Amasya, Samsun, Yozgat Kayseri, Tokat
6	Adana, Gaziantep, Hatay, Mersin, K. Maraş, Kilis, Osmaniye	3	Adana Gaziantep Mersin	Osmaniye Kahramanmaraş, Kilis Hatay
7	Balıkesir, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Tekirdağ	1	Edirne	Balıkesir, Çanakkale, Kırklareli, Tekirdağ
8	Bolu, Çankırı, Kastamonu, Sinop, Zonguldak, Bartın, Karabük	1	Karabük	Bolu, Çankırı, Kastamonu, Sinop, Zonguldak, Bartın
9	Ankara, Kırşehir, Konya, Nevşehir, Niğde, Aksaray, Karaman, Kırıkkale	3	Aksaray Kırıkkale Batı Ankara	Konya, Nevşehir, Niğde, Karaman Doğu Ankara, Kırşehir
10	Antalya, Aydın, Burdur, Denizli, Isparta, İzmir, Manisa, Muğla, Uşak	4	Aydın Burdur Denizli Kuzey İzmir	Güney İzmir Antalya, Isparta Muğla, Uşak Manisa

Tablo 8.13. İstanbul ili için sonuç tablosu

<b>Bölge</b>	<b>İlçeler</b>	<b>Depo Sayısı</b>	<b>Depo Kurulan İlçeler</b>	<b>Kurulan Depolardan Hizmet Alan İlçeler</b>
İstanbul-Anadolu	Ümraniye, Üsküdar, Kadıköy, Maltepe, Kartal, Sultanbeyli, Pendik, Tuzla, Ataşehir, Sancaktepe	2	Ümraniye Kartal	Üsküdar, Kadıköy, Ataşehir, Sancaktepe Maltepe, Sultanbeyli, Pendik, Tuzla
İstanbul-Avrupa	Bağcılar, Bahçelievler, Esenler, Esenyurt, Fatih, Gaziosmanpaşa, Kâğıthane, Küçükçekmece, Sultangazi	3	Bahçelievler Esenyurt Sultangazi	Bağcılar, Fatih, Küçükçekmece Esenler, Gaziosmanpaşa, Kâğıthane

## **BÖLÜM 9. SONUÇ**

Yer seçimi analizleri, yöneylem araştırmasının matematiksel modelleme ve problem çözme ile ilgili önemli bir dalıdır.

Yer seçimi yapacak olan kuruluşlar, bu kararı verirken çok büyük ölçekte sermaye ayırmak zorundadırlar. Dolayısı ile yer seçimi kararları, yapısı gereği bu kurumların geleceğini etkileyen stratejik ve uzun dönemli kararlardır. Depo yeri seçimi problemleri de yer seçimi ile ilgili maliyetlerin minimize edilerek ya da yer seçimi sonunda elde edilecek olan tasarrufun veya karın maksimize edilerek en iyi yerin seçilmesi problemleridir.

Bu çalışmada, Kızılay yardım kuruluşunun afet yardım depoları baz alınarak, afet anında kullanılmak üzere konuşlandırılacak olan depoların yerlerinin seçimi ve kuruluş yerleri belirlenen depolardan yardım alacak olan illerin belirlenmesi problemi çözülmüştür.

Problemin çözümüne ilk olarak ülke coğrafyası 6 bölge, 8 bölge ve 10 bölgeye ayrılarak başlanmıştır. Bölgelere ayırma problemi, iller arası mesafe matrisi kullanılarak k-means algoritması ile çözülmüştür. Bu sayede her bölge için, içinde bulunan şehirler belirlenmiş ve ayrı ayrı matrisler oluşturularak problem çözümündeki ilk aşama tamamlanmıştır.

2. aşamada, depoların hizmet kapasiteleri, depo kurulum maliyetleri ve Kızılay'ın yatırım bütçesi kısıtları kullanılarak, her bölge için kurulması gereken depo sayıları belirlenmiştir. Depoların hizmet kapasitesi bulunurken Kızılay'ın hali hazırda bulunan mevcut depoları temel alınmış, Kızılay'dan alınan veriler ışığında bir deponun hizmet verebileceği kişi sayısı matematiksel olarak hesaplanmıştır.

Depo kurulum maliyetleri hesaplanırken depoların yüzey alanı ve metrekare birim maliyetlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Kurulacak olan depoların yapı türü, yani metrekare birim maliyetleri TMMOB İnşaat Mühendisleri Odasının yayınlamış olduğu bildirmeden yararlanılarak, yüzey alanları ise Kızılay'ın mevcut depoları baz alınarak belirlenmiştir. Ayrıca Kalkınma Bakanlığı'nın hazırlamış olduğu İllerin Sosyo-Ekonomik Gelişmişlik Değerleri tablosundan illerin SEGE (gelişmişlik) değerleri bulunmuştur. Bu veriler kullanılarak illerin gelişmişlik seviyesine göre depo kurulum maliyetleri hesaplanmış ve her bölge için ortalama depo kurulum maliyetleri bulunarak modele eklenmiştir.

Bu kısıtlar altında çözülen p-medyan problemi ile bölgelere kurulacak olan depo sayıları belirlenmiştir.

Son aşamada ise bir önceki aşamada sayıları belirlenen depoların hangi illere kurulacağı ve kurulan bu depolardan hangi illerin faydalanacağı bulunmuştur. Belirlenen kısıtlar altında kurulan model, p-medyan matematiksel modelleme kullanılarak çözülmüştür.

Yukarıda anlatılan çözüm aşamaları 8 bölge ve 10 bölge için de ayrı ayrı çalıştırılmış ve sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar ile kurulacak olan depoların tüm afetzedelere yardım ulaştırması, bu yardımı ulaştırırken de minimum yol kat ederek maksimum sayıda kişiye hizmet vermesi amaçlanmıştır.

## KAYNAKLAR

- Ağdaş, M. 2014. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Lojistik Tesis Yer Seçimi: Kamu Sektöründe bir Uygulama. Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Tedarik ve Lojistik Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Akın, Y.K. 2008. Veri Madenciliğinde Kümeleme Algoritmaları ve Kümeleme Analizi. Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ekonometri Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Akpolat, O. 2013. Odabaş, S.Ç., Özevci, G., İpteş, N., 2013, Kümeleme tekniklerinin temel bilimlerde kullanımı, Akademik Bilişim.
- Akyel, R. 2007. Afet Yönetim Sistemi: Türk Afet Yönetiminde Karşılaşılan Sorunların Tespit ve Çözümüne İlişkin Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Alkan, H. 2012. Kümeleme Analizi ile Elektrik Tüketiminin Sınıflandırılması. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Alp, O., Erkut, E., Drezner Z. 2003. "An Efficient Genetic Algorithm for the p-Median Problem", Annals of Operations Research, Vol.122, No: 1-4, 21-42.
- Altay, N ve W. G. III Green. 2006. "OR/MS research in disaster operations management", European Journal of Operational Research, 175, 2006, 475-493.
- Aras, D. 2013. Edirne'de 1912 Marmara Depremi ve Afet Yönetimi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Tarih Anabilim Dalı, Yakınçağ Tarihi Programı, Yüksek Lisans Tezi.
- Arık, H. 2014. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Mağaza Yeri Seçimi. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Atılğan, C. 2014. Kümeleme Algoritmaları ve Parallellendirilmeleri. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Aydın, Y. 2013. Bulanık Topsis ve Vikor Yöntemi Kullanılarak Rüzgar Enerjisi Santral Yer Seçimi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Aygün, S. 2014. Ana Dağıtım Üssü Yer Seçim Problemleri ve Bir Kamu Kurumu için Gerçek Bir Ana Dağıtım Üssü Yer Seçim Problemi. Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Harekât Araştırması Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Balinski, M.L. 1965. "Integer Programming: Methods, Uses, Computation." *Management Science*, 12, 253-313.
- Ballı, H. 2014. Bulanık Doğrusal Programlama Modeli ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi. Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Harekat Araştırması Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Basmacı, I. 2013. Tersine Lojistik Ağlarında Toplama Merkezleri için Yer Seçimi. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Bastı, M. 2012. "P-Medyan Tesis Yeri Seçim Problemi ve Çözüm Yaklaşımları", *Online Academic Journal of Information Technology*, III, 7, 2012, 47-75.
- Bastı, M., Özçakar, N. 2012. "P-Medyan Kuruluş Yeri Seçim Probleminin Çözümünde Parçacık Sürü Optimizasyonu Algoritması yaklaşımı", *İstanbul University Journal of the School of Business Administration*, 41, 241-257.
- Başbakanlık Proje Uygulama Birimi Afet Zararlarının Azaltılması için Mikrobölgeleme ve Hasar Görebilirlik Çalışmaları. 2006. "Metodoloji El Kitabı", Ek Kaynak Kitap Bölüm 3.
- Berkhin, P. 2002. Survey of clustering data mining techniques, *Accrue Software Technical Report*, 54-56.
- Bozkurt, M. Duran, S. 2012. "The effects of natural disaster trends on the pre-positioning implementation in humanitarian logistics networks", *Ankara, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*.
- Büyüksaatçi, S., KüçükDeniz, T., Esnaf, Ş. 2008. Geri Dönüşüm Tesislerinin Yerinin Gustafson-Kessel Algoritması-Konveks Programlama Melez Modeli Tabanlı Simülasyon ile Belirlenmesi. *İstanbul Ticaret üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi*, 7(13):1-20.
- Can, A.M. 2012. Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri ile Samsun Lojistik Köyü Yerinin Belirlenmesi. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi*.
- Caunhye, A. M. ve X. Nie, S. Pokharel. 2012. "Optimization models in emergency logistics: A literature review", *Socio-Economic Planning Sciences*, XLVI, 4-13.

- Chen, L., Olhager, J., Tang, O. 2013. Manufacturing Facility Location and Sustainability: A Literature Review and Research Agenda”, International Journal of Production Economics, 149, 2013, 154-163.
- Church, R. ve Reville, C. 1974. The maximal covering locational problem. Papers of the Regional Science Association 32,101-118.
- Current J., M.S. Daskin ve D. Schilling. 2001. Discrete Network Location Model, in Facility Location: Applications and Theory (Z. Drezner and H.W. Hamacher, Eds.), Springer-Verlag, 2001, 83-120.
- Çaka, E. 2012. Tedarik Zinciri Yönetiminde Choquet İntegral Yöntemi ile Depo Yeri Seçimi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çalışkan, K. 2008. Karınca Kolonisi Optimizasyonu ile Araç Rotalama Probleminin Maliyetlerinin Kümeleme Tekniği ile İyileştirilmesi. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çam, S. 2014. Veri Madenciliğinde Kümeleme Analizi ve Sağlık Sektöründe Bir Uygulaması. Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çığ. 2016. [http://www.dask.org.tr/bilmek\\_istedikleriniz/daglarda\\_hava/cig.html](http://www.dask.org.tr/bilmek_istedikleriniz/daglarda_hava/cig.html), Erişim Tarihi: 12.01.2016.
- Darende, B. 2009. Tesis Yer Seçimi ile Deprem Durumunda Yaralı Toplama Noktalarının Modellenmesi. Hacettepe Üniversitesi, İstatistik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Daskin, M.S. 1995. Network and discrete location: Models, algorithms and applications, John Wiley&Sons, Inc., New York.
- Deprem Hakkında Her şey. 2016. <http://www.afet.gen.tr/deprem.php>. Erişim Tarihi: 12.01.2016.
- Doğan, A. 2007. Afet Acil Müdahale Dönemleri için İnsangücü Planlaması Yapmak. Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Doğuş Üniversitesi. 2009. İtfaiye İstasyonları Yer Seçim Projesi. Proje İstanbul, Doğuş Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Araştırma Projesi.
- Döyen, A. 2012. “Disaster mitigation and humanitarian relief logistics”, İstanbul, Boğaziçi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.



- Drezner, Z. ve Hamacher, H. 2002. Facility Location: Applications and Theory, Berlin: Springer.
- Durduran, S.S. ve Geymen, A. 2010. “Türkiye’de Afet Bilgi Sistemi Çalışmalarının Genel Bir Değerlendirmesi”, <http://www.gapsel.org/condocs//ekutuphane/52.pdf> Erişim tarihi: 07.02.2016.
- Ergünay, O. 1996. “Afet Yönetimi Nedir? Nasıl Olmalıdır?”, Tübitak Deprem Sempozyumu, 15-16 Şubat, Ankara.
- Ergünay, O. 2008. “Afet Yönetiminde Kurumsal Yapılanma ve Mevzuat Nedir? Nasıl Olmalıdır? ”, CHP İstanbul Deprem Sempozyumu, İstanbul Depremi Beklerken Sorunlar ve Çözümler Bildiriler Kitabı, İstanbul, 97-108.
- Erkan, A. 2008. “Orman Yangınları ve Meteoroloji”, Ayhan Erkan, Araştırma, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, 2012, Bölüm 3-4.
- Ertürkmen, C. 2006. Afet yönetimi. Ankara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi ve Siyaset Anabilim Dalı.
- Falconer, P. Drury, J. 1975. Planning and Building Storage Facilities, Management Science for Health, 1-8.
- Farahani, R.Z., M. Steadieseifi ve N. Asgari. 2010. “Multiple Criteria Facility Location Problems; A Survey”, Applied Mathematical Modelling, 34, 7, 1689-1709.
- Fırat, E. 2012. Öğrenci Harf Notlarının K-Means Kümeleme Algoritması İle Belirlenmesi.
- Fırtına. 2016. <https://tr.wikipedia.org/wiki/F%C4%B1rt%C4%B1na>, Erişim Tarihi: 12.01.2016.
- Gencer, C., Açıkgöz, A. 2006. “Türk Silahlı Kuvvetleri Arama Kurtarma Timlerinin Yerleşiminin Yeniden Düzenlenmesi.” Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. Cilt 21, No 1, 87-105.
- Gökçe, O. ve Ş. Özden, A. Demir. 2008. “Türkiye’de afetlerin mekânsal ve istatistiksel dağılımı afet bilgi envanteri”, Ankara, Afet İşleri Genel Müdürlüğü.
- Görmez, N. 2008. “Disaster response and relief facility location for Istanbul”, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Gümüşbuğa, F. 2012. Afet Yönetimi Kapsamında Hata ağacı analizi ile Risk Tabanlı Tesis Yer Seçimi. Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Harekat Araştırması Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Günneç, Dilek. 2007. "Network optimization problems for disaster mitigation: Network reliability, investment for infrastructure strengthening and emergency facility location", Koç Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Güngör, C. 2013. Hiyerarşik Gri İlişkisel Analiz Yöntemiyle Çok Kriterli Tesis Yeri Seçimi. Hava Harp Okulu, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Güzel, H. 2013. Afet Sonrası İyileştirme ve Yeniden Yapılanma Çalışmalarına Yönelik Afet Yönetimi Bilgi Sistemi Tasarımı. Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Hakimi, S. 1964. Optimum Location of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph, *Operations Research*, 12, 450-459.
- Hakimi, S. 1965. Optimum Location of switching centers in a communication network and some related graph theoretic problems, *Operations Research*, 13, 462-475.
- Hale, T. S., ve C. R. MOBERG. 2003. "LOCATION ScienceResearch: A Review", *Annals of Operations Research*, 123, 4, 21-35.
- Han, J. and Kamber, M. 2006. *Data Mining: Concepts and Techniques (Second Edition)*, Morgan Kaufmann Publishers, San Fransisco, 741-743.
- Haner, G. 2012. *Matematik Tabanlı Kümeleme Yöntemleri*. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Hayriye, Ş. ve Ahmet T. 2007. *TMMOB, TMMOB Afet Yönetimi ve Karabük*, S 261, Mattek Matbaacılık, Aralık.
- Heizer, J. ve B. Render. 1988. *Production and Operations Management*, Allynand Bacon Inc., Massachusetts.
- IFRC [web]. 2016. IFRC Official Web Site. <http://www.ifrc.org/en/what-we-do/disaster-management/about-disaster-management/>, Erişim Tarihi:10.01.2016.
- Jamshidi, M. 2009. Median Location Problem, in *FacilityLocation: Concepts, Models, Algorithmsand Case Studies* (R.Z. Farahaniand M. Hekmatfar, Eds.), Physica-VerlagHeidelberg, p.177-191.
- Kadioğlu, M. 2008a. "Modern, Bütünleşik Afet Yönetiminin Temel İlkeleri", M. Kadioğlu ve E. Özdamar (Ed.), *Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri*, Ankara, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No:2, 2008a, 1-34.
- Kadioğlu M. 2012. *Mimar ve Mühendis*, Mimar ve Mühendisler Grubu, 65, 70-72.

- Kalaycıoğlu, B. 2008. Afet Yönetiminde Kontrol sistemleri Bazlı Karar Destek Sistemleri. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karabay, S. 2013. Matematiksel Model ve Stokastik Çok Kriterli Kabul Edilebilirlik Analizi ile Bir Kamu Kurumu için Tesis Yeri Seçimi. Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Harekât Araştırması Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Karaca, M. 2003. "Optimization of locating logistic supply coordination centers (LSCC) of Turkish Land Forces in an earthquake region", İhsan Doğramacı Bilkent Üniversitesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karaman, M.M. 2009. Stocking Decision for Relief Aid. Koç University, Computational Sciences and Engineering, Master Thesis.
- Kaufman, L., Rousseeuw, P. J. 1990. "Finding Groups in Data, An Introduction to Cluster Analysis", Wiley, Canada, 1-162.
- Kaya, M. 2013. Türk Kamu Yönetiminde Gönüllülük ve Afet Yönetimi. Atılım Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- KGM-Karayolları Genel Müdürlüğü. 2016.  
<http://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Root/Uzakliklar.aspx>, Erişim Tarihi: 07.09.2015.
- Kızılay[web-1]. [www.kizilay.org.tr](http://www.kizilay.org.tr), Erişim Tarihi-15.02.2016.
- Kızılay[web-2]. <https://www.kizilay.org.tr/NelerYapiyoruz>, Erişim Tarihi: 15.02.2016.
- Kızılay[web-3]. <http://www.kizilay.org.tr/NelerYapiyoruz/ulusal-afet-yonetimi>, Erişim Tarihi: 15.02.2016.
- Klose, A. ve Drexel, A. 2005. "FacilityLocationModelsfor Distribution System Design", EuropeanJournal of OperationalResearch, 162(1):4-29.
- Koç, E. Ve Burhan, H.A. 2015. An Application of Analytic Hierarchy Process (AHP) in a Real Worl Problem of Store Location Selection, Advances in Management and Applied Economics, 5,1: 41-50.
- Kuehn, A.A., Hamburger, M.J. 1963. "A Heuristic Program for Locating Warehouses", Management Science, Vol.9, No:4, 643-666.
- Kurucu, H. 2010. İstanbul'da Afet Yönetimi ve Acil Ulaşım Yollarının Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şehir Bölge Planlama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Liu, I-C. 2005. An optimization approach for multi-facility capacitated locationallocation problems, University of Houston, Department of Industrial Enginneering, PhD Thesis.
- MacCarthy, B.L. Atthirawong, W. 2003. Factors Affecting Location Decision in International Operations-a Delphi Study.
- Macit, İ. 2010. “Kentsel arama kurtarma birliklerinin yerleşim problemi için matematiksel programlama ve simülasyon yaklaşımları”, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Manne, A. 1964. “Plant location under economies of scale - decentralization and computation”, Management Science, Vol.11, No:2, 213-235.
- Marianov, V., Serra, D. 2004. “p-Median Models in Public Sector”, Facility Location: Applications and Theory, Ed. by. Horst W. Hamacher, Zvi Drezner, Berlin, Springer, 119-143.
- Mei, C.C. 1989. The Apply Dynamics of Ocean Surface Waves. World Scientific Publishing Co., Singapore.
- Melo, M.T., S. Nickel ve F. Saldahan-Da-Gama. 2009. “Facility Location and Supply Chain Management”, European Journal of Operational Research, 196, 2, 4001-412.
- Min, H. Zhou, G. 2002. Supply Chain Modeling: Past,Present and Future. Computers and Industrial Engineering, 43, 231-249.
- Oğuz, M. 2012. Pre-disaster Planning of Mitigation, Response and Recovery Decisions: Case of Possible Earthquake in İstanbul. Boğaziçi University, Industrial Engineering, Master of Science.
- Olgun, H. 2006. Afet Kaynaklı Krizlerin Yönetimi: 1999 Sonrası İstanbul Büyükşehir Belediyesi Örneği. Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Owen, S. H., Daskin, M. S. 1998. Strategic facility location: A review, European Journal of Operational Research, 111, 423-447.
- Öner, Z.S. 2010. Türkiye’de Afet Yönetimi ve Niğde Örneği. Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Yönetimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Özbek, Ö. 2011. Afet Yönetiminin Etkin Müdahale Yönünden Bayes Ağları ile Modellenmesi ve Değerlendirilmesi. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

- Özdilek, O. 2007. Gerçek Zamanlı CBS ile Afet Yönetimi Uygulama: Marmara Denizi için Gerçek Zamanlı Tsunami Uyarı Sistemi Değerlendirilmesi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özer, S. 2005. Mermer Fabrikaları için En İyi Tesis Yeri Seçimi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Maden Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Pektaş, T. 2012. İlçe Bazında Afet Lojistiği: Başakşehir Uygulaması. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi.
- Resmi Gazete. 1968. Afetin Genel Hayata Etkililiğine İlişkin Temel Kurallar Hakkında 13007 Sayılı Yönetmelik, 21.09.1968.
- ReVelle, C.S., Swain, R. 1970. "Central facilities location." *Geographical Analysis* 2, 30–42.
- Revelle, C.S. ve H.A. EISELT. 2005. "Location Analysis: A Synthesis and Survey", *European Journal of Operational Research*, 165, 1, 2005, 1-19.
- Revelle C.S., H.A. EISELT ve M.S. Daskin. 2008. "A Bibliography for Some Fundamental Problem Categories in Discrete Location Science", *European Journal of Operational Research*, 184, 3, 2008, 817-848.
- Roh, S.Y., Jang, H.M., Han, C.H. 2013. Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29,1:103-120.
- Sarıman, G. 2011. Veri Madenciliğinde Kümeleme Teknikleri Üzerine Bir Çalışma: K-Means ve K-Medoids Kümeleme Algoritmalarının Karşılaştırılması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 15-3;192-202.
- SARP, N. 1999. "Sağlık Hizmetlerinde Afet Yönetimi", Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, Deprem Araştırma Bülteni, Cilt XXVI, 10-54.
- Savaş, S., Topaloğlu, N. ve Yılmaz, M. 2012. Veri madenciliği ve Türkiye'deki uygulama örnekleri, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 21: 1–23.
- Sayıştay.2016. <http://www.sayistay.gov.tr/yayin/yayin2.asp?id=86> Erişim Tarihi: 20.02.2016.
- Scaparra, M.P. and Scutella, M.G. 2001. Facilities, locations, customers: Building blocks of location models. A survey. Università di Pisa dipartimento di informatica, Technical report: TR-01-18, 1-29.

- Sule, D. R. 2002. Logistics of Facility Location and Allocation, Marcel Dekker Inc., New York.
- Sürmeli, D. 2011. Yapay Sinir Ağları ile Afet Yönetiminde Sosyal Zarar Görebilirlik Riskinin Belirlenmesi. Sakarya Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Sönmez, A.D. 2012. Facility Location and Relocation Problem: Models and Decomposition Algorithms. University of Houston, Faculty of the Department of Industrial Engineering, Degree of Doctor.
- Şahin, N. 2010. “Afet Yönetimi ve Acil Yardım Planları”, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu.
- Tanrıöven, E.A. 2010. A Study of Ambulance Dispatching Policies to Improve Disaster Relief Operations: A Case Study on İstanbul. Koç University, Industrial Engineering, Master of Thesis.
- TDK [web]. 2016. Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük, [http://www.tdk.org.tr/index.php?option=com\\_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.4f800f098f85a6.51784956](http://www.tdk.org.tr/index.php?option=com_gts&arama=gts&guid=TDK.GTS.4f800f098f85a6.51784956), Erişim Tarihi: 10.01.2016.
- Türk Kızılayı Lojistik Yönetimi Yayını - 2015.
- Türkiye İstatistik Kurumu. 2012. [http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt\\_id=1059](http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1059), Erişim Tarihi: 17.11.2015.
- Ünal, G. 2011. “Acil Lojistik Yardım Operasyonu Deprem Lojistiği Karar Destek Sistemi: ALYO-DLKDS (Olası İstanbul Depremi Uygulaması)”, Kara Harp Okulu, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi.
- Ünler, A. 2006. Sezgisel Yöntemlerle K-Harmonik Ortalama Veri Kümeleme Eniyilemesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği, Doktora Tezi.
- Weber, A. 1909. “Über den Standort der Industrien,” Erster Teil: Reine Theorie des Standortes.
- Yahşi, A.S. 2007. Afet Yönetimi ve Bandırma Örneği. Akdeniz Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Yaran, A. 2009. Marmara Bölgesi’nde Ro-Ro Taşımacılığı için Liman Yeri Seçimi ve Bir Uygulama. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ye, N. 2003. “The Handbook of Data Mining”, Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, New Jersey, London, 248-273.

Yıldız, İ. 1998. Kümeleme Analizi, Kümeleme Analizine Matematiksel Programlama Yaklaşımı ve Bir Uygulama. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

Yiğit, Ö.E. 2010. Farklı Afet Tiplerine ve oluşma Olasılıklarına Göre Optimal Depo Seçimi ve Malzeme Miktarının Belirlenmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstatistik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.

## **ÖZGEÇMİŞ**

Cansu ERGİN, 01.01.1989'da Bursa'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Bursa Osmangazi'de tamamladı. 2007 yılında Bursa Kız Lisesi, yabancı dil ağırlıklı bölümünden mezun oldu. Aynı yıl başladığı Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünü 2012 yılında bitirdi. 2012 yılında Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yöneylem Araştırması Anabilim dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Şuan özel sektörde üretim planlama mühendisi olarak çalışmaktadır.